

SKIs utvärdering av SKBs FUD-PROGRAM 92

Gransknings-PM

Mars 1993

SKi

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION
SWEDISH NUCLEAR POWER INSPECTORATE

SKI Teknisk Rapport 93:14

**SKIs utvärdering
av SKBs FUD-PROGRAM 92**

Gransknings-PM

Mars 1993

SKi

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION
SWEDISH NUCLEAR POWER INSPECTORATE

INNEHÅLL

1	BAKGRUND	1
2	ALLMÄNT OM PROGRAMMET	5
2.1	INLEDNING	5
2.2	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR AVFALLSHANTERINGEN	6
2.3	BEDÖMNING AV FÖRVARETS FUNKTION UNDER LÅNGA TIDER	8
2.4	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DJUPFÖRVAR	11
2.5	ETAPPVIS UTBYGGNAD AV FÖRVARET	12
2.6	UTFORMNINGEN AV PROGRAMMET	14
2.7	STEGVIS ARBETSSÄTT OCH TIDSPLANER	15
2.8	KVALITETSSÄKRING OCH ORGANISATION	16
2.9	OBEROENDE FORSKNING	17
2.10	SAFEGUARDS	19
2.11	KOSTNADER	20
	2.11.1 Uppskattade kostnader och prioriteringar	20
	2.11.2 Resurser till kommunerna	21
2.12	TILLSYN AV PROGRAMMET	22
3	SYSTEMSTUDIER OCH ALTERNATIVA METODER	25
3.1	FÖRUTSÄTTNINGAR	25
	3.1.1 SKBs redovisning	25
	3.1.2 Remissinstansernas synpunkter	25
	3.1.3 SKIs bedömning	26
3.2	ALTERNATIVA METODER	27
	3.2.1 Övervakad förvaring under lång tid	27
	3.2.2 Behandling av använt bränsle och slutförvaring av avfallet	29
3.3	SYSTEMSTUDIER - VAL AV HUVUDALTERNATIV	30
	3.3.1 Inledning	30
	3.3.2 SKBs slutsatser	31
	3.3.3 Remissinstansernas synpunkter	33
	3.3.4 SKIs bedömning	34
3.4	DETALJERAD UTFORMNING AV KBS-3 METODEN	36
	3.4.1 Förvarsutformningen	36
	3.4.2 Kapseln	38
3.5	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	42
4	KAPSELTILLVERKNING OCH INKAPSLING	45
4.1	INLEDNING	45
4.2	KAPSELTILLVERKNING	45
4.3	SVETSTEKNIK	47
4.4	TILLVERKNINGS- OCH PROCESSKONTROLL	48
4.5	INKAPSLING	49
4.6	UTFORMNING AV INKAPSLINGSANLÄGGNINGEN	49
4.7	LOKALISERING AV INKAPSLINGSANLÄGGNINGEN	50

4.8	TIDSPLANER	50
4.9	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	51
5	DJUPFÖRVARING AV ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE	53
5.1	INLEDNING	53
5.2	DEMONSTRATIONSFÖRVAR	53
5.3	FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ETT DJUPFÖRVAR	55
5.3.1	Tekniska förutsättningar	55
5.3.2	Samhälleliga, politiska och opinionsmässiga förutsättningar	59
5.3.3	Sammanvägd bedömning av faktorer	60
5.4	MILJÖKONSEKVENSBESKRIVNINGAR (MKB) OCH INFORMATION	61
5.4.1	MKB-processen	61
5.4.2	Innehållet i en MKB	63
5.4.3	Information	64
5.5	LOKALISERINGSPROCESS OCH TIDSPLAN	66
5.5.1	Etapp 1: Översiktsstudier, förstudier och förundersökningar	66
5.5.2	Etapp 2: Detaljundersökningar	68
5.5.3	Etapp 3 och 4: Bygge och deponering	69
5.5.4	Tidsplan för lokalisering	69
5.6	PLANER FÖR PLATSUNDERSÖKNINGAR	70
5.6.1	Förundersökningsprogram	70
5.6.2	Detaljundersökningar	72
5.7	BYGGE AV ETT DJUPFÖRVAR	72
5.7.1	Ovanjordsanläggningar och transporter	72
5.7.2	Teknik för djupförvaring	74
5.7.3	Deponering och återtagande av använt bränsle	76
5.7.4	Återfyllnad, pluggning och förslutning	76
5.7.5	Safeguard	77
5.7.6	Samlad bedömning	77
5.8	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	77
6	SÄKERHETSANALYS	81
6.1	INLEDNING	81
6.1.1	Allmänt kunskapsläge	81
6.1.2	Säkerhetsanalysens syfte	82
6.1.3	Omfattning och avgränsningar	82
6.1.4	Acceptanskriterier	83
6.1.5	Samlad bedömning	84
6.2	METODIK FÖR SÄKERHETSANALYS	84
6.2.1	Scenarier	84
6.2.2	Hantering av osäkerheter	87
6.2.3	Redovisning av kunskapsunderlag och validering	88
6.2.4	Kvalitetssäkring	89
6.3	SÄKERHETSANALYS AV BYGG- OCH DRIFTSSKEDE	89
6.4	ÖVRIGT LÅNGLIVAT AVFALL	90

6.5	MODELLER FÖR BERÄKNING AV FRIGÖRELSE OCH TRANSPORT AV RADIONUKLIDER	91
6.5.1	Närområdet	91
6.5.2	Fjärrområdet	92
6.5.3	Biosfären	92
6.6	SÄKERHETSANALYSER INOM DJUPFÖRVAR- OCH INKAPSLINGSPROJEKTEN	93
6.6.1	Allmänna överväganden	93
6.6.2	Säkerhetsanalyser av specifika kandidatplatser	93
6.7	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	94
7	STÖDJANDE FORSKNING OCH UTVECKLING	97
7.1	INLEDNING	97
7.2	ANVÄNT BRÄNSLE	97
7.2.1	Inledning	97
7.2.2	Karaktärisering av använt bränsle	98
7.2.3	Korrosionsstudier och tolkning av experimentella data	99
7.2.4	Modellutveckling	100
7.2.5	Naturliga analogier	101
7.2.6	Sammanfattande omdöme	102
7.3	KAPSELN	102
7.3.1	Inledning	102
7.3.2	Alternativa kapselmaterial	102
7.3.3	Korrosionsfrågor - koppar	103
7.3.4	Korrosionsfrågor - stål och bly	110
7.3.5	Mekaniska aspekter	111
7.3.6	Sammanfattande omdöme	113
7.4	BUFFERT OCH ÅTERFYLLNING	114
7.5	GEOVETENSKAP	115
7.5.1	Allmänt	115
7.5.2	Inledning	115
7.5.3	Principer för undersökningar i kristallint berg	116
7.5.4	Geovetenskapliga verksamhetens omfattning och samordning	117
7.5.5	Övergripande mål	118
7.5.6	Grundvattenrörelser - konceptuell modellering	118
7.5.7	Berggrundens stabilitet	121
7.5.8	Klimatförändringar	125
7.5.9	Geohydrologiska och bergmekaniska beräkningsmodeller	125
7.5.10	Sammanfattande omdöme	127
7.6	KEMI	128
7.6.1	Inledning	128
7.6.2	Grundvatten och geokemi	129
7.6.3	Radionuklidkemi	131
7.6.4	Validering av processer i transportmodeller och radionuklidmigration	135
7.7	NATURLIGA ANALOGIER	136
7.7.1	Allmänna synpunkter på naturliga analogier	136
7.7.2	SKBs engagemang	138
7.7.3	Sammanfattande omdöme	140

7.8	METODER OCH INSTRUMENT	141
7.8.1	Inledning	141
7.8.2	Tidsplanering	142
7.8.3	Avvägningar och prioriteringar	143
7.8.4	Ytundersökningar - förundersökningsmetodik	143
7.8.5	Undersökningar från tunnlar och schakt - detaljundersökningsmetodik	153
7.8.6	Sammanfattande omdöme	156
7.9	BIOSFÄRSTUDIER	158
7.9.1	Inledning	158
7.9.2	Tidsperspektiv	158
7.9.3	Fokusering på kandidatplatser	159
7.9.4	Skydd av naturen	160
7.9.5	Brunnar	161
7.9.6	Transport av radionuklider	161
7.9.7	Modeller och data	163
7.9.8	Sammanfattande bedömning	163
7.10	SAMHÄLLSVETENSKAPLIG FORSKNING	164
7.11	STÖDJANDE FORSKNING OCH UTVECKLING - SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	164
8	BERGLABORATORIEVERKSAMHET - ÄSPÖLABORATORIET	167
8.1	BAKGRUND	167
8.1.1	SKBs arbeten	167
8.1.2	SKNs yttrande - regeringens beslut 1990 över SKBs FoU-program 89	167
8.1.3	Erfarenheter från Stripaprojektet	168
8.2	MÅL MED ÄSPÖLABORATORIET	169
8.2.1	Huvudmål och etappmål	169
8.2.2	Undersökningsmetodik	170
8.2.3	Underlag och data av betydelse för säkerheten	171
8.2.4	Djupförvarsteknik	171
8.2.5	Tidsplan i förhållande till djupförvarsprojektet	172
8.3	FÖRUNDERÖKNINGSSKEDETS RESULTAT	172
8.3.1	Genomförda arbeten	172
8.3.2	Resultat av förundersökningarna	173
8.3.3	Verifikation av förundersökningar - validering	174
8.3.4	Modeller för grundvattenströmning och radionuklidmigration	175
8.4	ANLÄGGNINGSSKEDET - PROGRAM OCH RESULTAT	176
8.4.1	Tekniskt program för 1992-1994	176
8.4.2	Verifiera förundersökningsmetoder - validering	177
8.4.3	Fastställa detaljundersökningsmetodik	177
8.5	PROGRAM FÖR DRIFTSSKEDET	180
8.5.1	Experimentprogram 1995-1998	180
8.5.2	Samordning med SKBs övriga verksamheter	181
8.5.3	Experimentplanering	181
8.5.4	Metodik för detaljundersökningar	182
8.5.5	Dokumentation	182

8.6	GRUNDVATTENSTRÖMNING OCH RADIONUKLIDMIGRATION	182
8.6.1	Bakgrund	182
8.6.2	Försök i detaljskala	183
8.6.3	Försök i blockskala	184
8.6.4	Försök i anläggningskala	184
8.6.5	Försök i regionala sprickzoner	184
8.6.6	Radionuklidretention	185
8.6.7	Redoxreaktioner	185
8.6.8	Störda zonen runt orter	186
8.6.9	Modellering av grundvattenströmning och radionuklidmigration	187
8.7	BYGG- OCH HANTERINGSMETODER	188
8.7.1	Bakgrund	188
8.7.2	Möjliga utvecklingsarbeten	188
8.8	TIDSPLAN FÖR DRIFTSSKEDET	190
8.9	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	190
9	ÖVRIGT AVFALL	195
9.1	INLEDNING	195
9.2	DRIFTAVFALL - SFR-1	195
9.3	LÅNGLIVAT LÅG- OCH MEDELAKTIVT AVFALL	196
9.4	RIVNING AV KÄRNTEKNISKA ANLÄGGNINGAR - RIVNINGSAVFALL	198
9.5	SAMMANFATTANDE BEDÖMNING	199
	FÖRKORTNINGAR	201
	REFERENSER	203
	REMISSINSTANSER	209
	SKIs KONSULTER	211

1 BAKGRUND

I 11 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) föreskrivs att den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftreaktor skall svara för att den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet bedrivs som behövs bl.a. för att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar i vilka verksamheten inte längre skall bedrivas.

Enligt 12 § kärntekniklagen skall reaktorinnehavarna i samråd upprätta eller låta upprätta ett program för det allsidiga forsknings- och utvecklingsarbete som behövs. Programmet skall dels innehålla en översikt över samtliga åtgärder som kan bli behövliga, dels närmare ange de åtgärder som avses bli vidtagna inom en tidrymd om minst sex år. Programmet skall sändas in till regeringen, eller den myndighet som regeringen bestämmer, för att granskas och utvärderas. I samband med granskningen och utvärderingen får sådana villkor ställas upp som behövs avseende den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten.

Föreskrifter om programmet finns i förordningen (1984:14, ändrad 1985:629, 1992:482, 1992:1538) om kärnteknisk verksamhet (kärnteknikförordningen).

Enligt 22 § kärnteknikförordningen utövar SKI tillsyn över efterlevnaden av den forsknings- och utvecklingsverksamhet som ålagts reaktorinnehavarna i 11 och 12 §§ kärntekniklagen.

I 25 § kärnteknikförordningen stadgas att programmet skall sändas in till SKI, första gången i september 1986. SKI skall granska och utvärdera programmet samt (26 §) därefter inom sex månader överlämna handlingarna i ärendet till regeringen med eget yttrande. SKIs yttrande skall enligt 26 § innehålla en granskning och utvärdering av programmet i fråga om

- planerad forsknings- och utvecklingsverksamhet
- redovisade forskningsresultat
- alternativa hanterings- och förvaringsmetoder
- de åtgärder som avses bli vidtagna.

SKI är sedan den 1 juli 1992 ansvarig för utvärderingen. Tidigare låg ansvaret för utvärderingen hos statens kärnbränslenämnd, SKN, som vid detta datum upphörde som myndighet. SKN har utvärderat program avgivna 1986 och 1989. SKI har också tidigare gjort omfattande utvärderingar av SKBs program men har då som remissinstans överlämnat sitt yttrande till SKN.

I det senaste regeringsbeslutet om SKBs program angavs bl.a. att SKB borde undersöka lämpligheten av en stegvis utbyggnad av slutförvaret där ett slutförvar i demonstrationskala skulle ingå. Vad gäller processen för lokalisering av slutförvaret uttalade regeringen att SKBs val av platser lämpliga för ett slutförvar kommer att granskas av

olika myndigheter i anslutning till att SKB ansöker om tillstånd för detaljundersökningar. Regeringen uttalade vidare att djupa borrhål och långa tunnlar under Östersjön framstår som mindre lämpliga försvarsalternativ.

SKBs program för forskning och utveckling för 1992 betecknas av SKB som FUD-program 92 där FUD står för forskning, utveckling och demonstration. Detta namnbyte indikerar att programmet nu går in i en mer konkret fas där byggande av anläggningar kommer närmare i tiden.

SKBs FUD-program 1992 ingavs under september månad 1992 till SKI. Programmet beskrivs i en huvudrapport SKB FUD-program 92 (FUD) samt i underlagsrapporter som ger en mer detaljerad beskrivning av:

- Lokalisering (LOK)
- Detaljerat program för stödjande forskning och utveckling 1993-1998 (FoU)
- Äspölaboratoriet (ÄSPÖ)

Därutöver finns ett stort antal tekniska rapporter.

SKI har utsänt SKBs FUD-program 1992 till ett stort antal svenska remissinstanser däribland universitet och högskolor, de lokala säkerhetsnämnderna, kärnkraftkommunerna, Kommunförbundet, Naturvårdsverket, Statens strålskyddsinstitut (SSI) och Boverket. SKI har i sin granskning även inbegripit de frågor som SSI tagit upp i en särskild skrivelse till regeringen och som bilagts SSIs yttrande.

SKI har anlitat ett antal konsulter för att få hjälp med utvärderingen av SKBs program. SKIs forskningsnämnd har diskuterat FUD-programmet och givit synpunkter. SKI har vidare haft möten med KASAM (en vetenskaplig kommitté som skall ge råd till regeringen i frågor om utvärderingen av SKBs program) där programmet har diskuterats. SKI och KASAM har vidare haft ett seminarium om FUD-programmet med Nuclear Waste Technical Review Board, NWTRB, USA, som i detta sammanhang har uppgifter av samma karaktär som SKI och KASAM.

SKIs utgångspunkt vid granskningen av programmet har varit att bedöma programmet som ett övergripande FoU-program där det väsentliga har varit struktur, strategi och planering för att i en ändamålsenlig beslutsprocess kunna förverkliga programmets mål, d.v.s. en säker slutlig lösning för det använda kärnbränslet. Tidsplaner får inte vara helt avgörande för verksamhetens genomförande. Det viktiga är att målet nås utan avkall på kvalitet.

SKIs granskning har dokumenterats i form av

- **Sammanfattning och slutsatser**
- **Gransknings-PM**
- **Sammanställning av remissinstansernas yttranden**
- **Konsultrapporter.**

SKIs yttrande till regeringen har enligt SKIs instruktion behandlats av SKIs styrelse.

2 ALLMÄNT OM PROGRAMMET

2.1 INLEDNING

Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, som ägs av kärnkraftföretagen i Sverige, har av ägarna givits i uppdrag att bedriva den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara kärnavfall och för att på ett säkert sätt avveckla och riva kärntekniska anläggningar.

SKB är vidare tillståndshavare för centralt lager för använt bränsle, CLAB, invid Oskarshamnsverket. I CLAB mellanlagras det använda kärnbränslet från driften av kärnkraftverken. SKB är också tillståndshavare för slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR, invid Forsmarksverket. I SFR skall kärnavfall från driften av de svenska kärnkraftverken samt radioaktivt sjukhusavfall m.m. från Studsvik slutförvaras. För transporter av använt kärnbränsle och kärnavfall finns ett särskilt transportsystem och ett specialbyggt fartyg M/S Sigyn.

Den stora återstående uppgiften är att bygga det slutförvar som behövs för det använda kärnbränslet samt att avveckla och riva kärntekniska anläggningar.

Inriktningen på det forsknings- och utvecklingsprogram som har drivits under mer än tio år är att det använda kärnbränslet skall inneslutas i långtidsbeständiga kapslar som omgivna av ett skyddande lerlager placeras i ett slutförvar i berg på ca 500 m djup, den s.k. KBS-3-metoden. Alternativa lösningar studeras också i viss utsträckning i programmet. Programmet omfattar många olika tekniska och vetenskapliga områden och kan med fog karakteriseras som tvärvetenskapligt. Ett område av stor betydelse är metoder för säkerhetsanalys.

SKBs program har med tiden konkretiserats alltmer. Det nu presenterade programmet består i sina huvuddrag i uppgiften att lokalisera och uppföra ett djupförvar för använt kärnbränsle enligt den s.k. KBS-3-metoden samt att uppföra en anläggning för inkapsling av det använda kärnbränslet. Därutöver skall ett forsknings- och utvecklingsprogram drivas som djupförvars- och inkapslingsprojekten kan tillgodogöra sig och som också skall avse alternativa metoder. För den första etappen av djupförvaret har SKB föreslagit att demonstration av deponeringen av bränslekapslar skall genomföras. Bränslekapslarna skall under demonstrationskedet kunna återtas. Demonstrationsfasen planeras för 5-10 % av den totala mängden använt kärnbränsle. Utbyggnad till fullstort förvar skall ske först efter utvärdering och förnyad prövning.

I programmet ingår också metoder för avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.

I sitt yttrande över SKBs FoU-Program 89 rekommenderade SKN att SKB skulle "utreda om slutförvaringen kan genomföras stegvis med 'kontrollstationer' och möjligheter till åtgärder". Under våren 1992 ändrade SKB sitt program i enlighet med detta förslag. SKB har under 1992 även slutfört sin första säkerhetsanalys på ca 10 år, SKB 91 samt "Projekt AlternativStudier för Slutförvar" (PASS).

I sitt program har SKB nu kommit fram till att man inom de närmaste åren vill välja ett huvudalternativ för systemutformning, utse kandidatplatser för förvarets lokalisering, karakterisera dessa och anpassa förvaret till lokala förhållanden. SKB planerar också att inom några år uppföra en inkapslingsanläggning för använt bränsle samt ett buffertlager för inkapslat bränsle i anslutning till det centrala mellanlagret för använt bränsle (CLAB) vid Oskarshamnsverket. En översiktlig tidsplan för SKBs planerade insatser fram till år 2010 återfinns i Figur 1. Planen beskriver tidigast tänkbara tider för genomförandet.

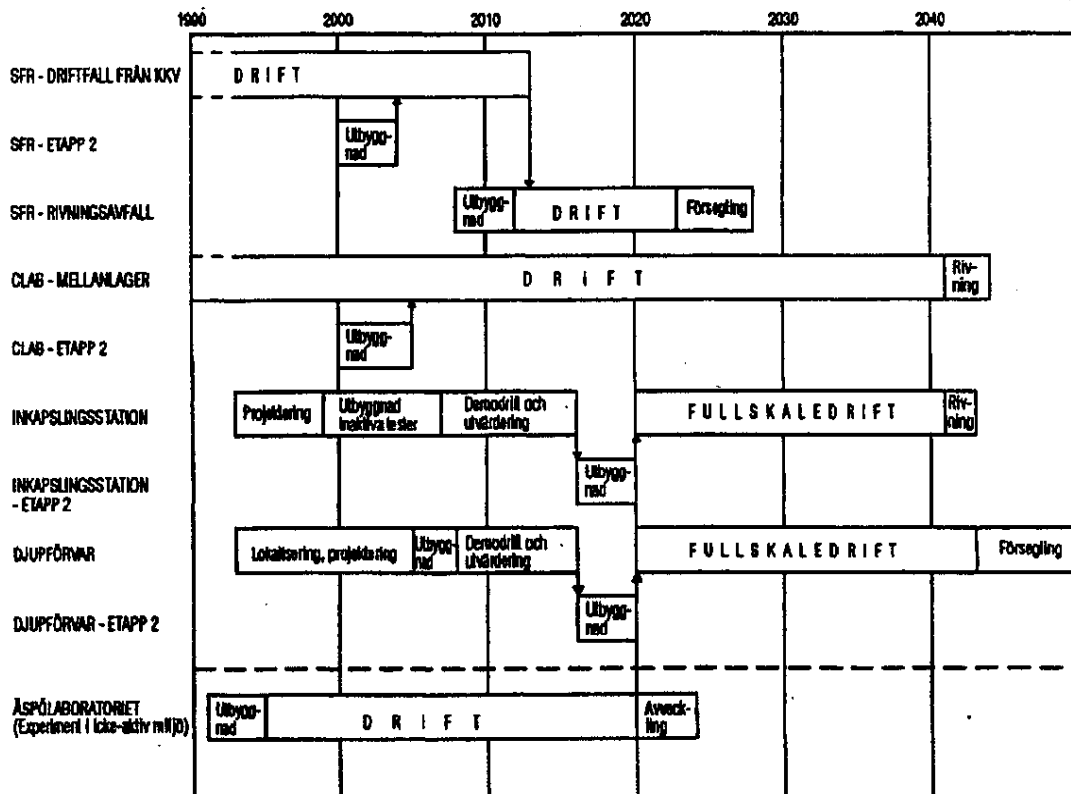
2.2 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR AVFALLSHANTERINGEN

SKBs program för Forskning, Utveckling och Demonstration (FUD) syftar till att ta fram det kunskapsunderlag som erfordras för att omhänderta och slutförvara använt bränsle m.m. på ett säkert och ändamålsenligt sätt samt att på ett övertygande sätt demonstrera förvarets säkerhet - även för en avlägsen framtid.

SKB anger följande allmänna riktlinjer för avfallshanteringen vilka presenterades i SKBs FoU-Program 86:

- De radioaktiva restprodukterna skall omhändertas i Sverige.
- Det använda kärnbränslet skall mellanlagras och slutförvaras utan uppärbetning.
- Tekniska system och anläggningar skall uppfylla högt ställda krav på säkerhet och strålskydd samt tillgodose svenska myndighetskrav.
- Systemen för avfallshandtering skall utformas så att kraven på kontroll av klyvbart material kan tillgodoses.
- Avfallsfrågan skall till alla väsentliga delar lösas av den generation som utnyttjar elproduktionen från kärnkraftverken.
- Beslut om den definitiva utformningen av slutförvaret för använt kärnbränsle skall fattas först omkring år 2 000 för att kunna baseras på ett brett kunskapsunderlag.
- Erforderliga tekniska lösningar skall utarbetas inom landet samtidigt som tillgänglig utländsk kunskap skall inhämtas.
- Myndigheternas löpande granskning och direktiv avseende kärnkraftföretagens handläggning av avfallsfrågan skall vara vägledande för arbetets bedrivande.
- Verksamheten skall bedrivas öppet och med god insyn från samhällets sida.

I sitt yttrande över SKBs FoU-program 89 ifrågasatte SKN huruvida kommande generationer är bäst betjänta av att avfallsfrågan i allt väsentligt löses av vår generation och förordade att de definitiva besluten om slutförvaring bör inte tas, förrän strategi och teknik för förvaring av långlivat riskavfall mognat så långt, att den metod som väljs inte inom överskådlig tid framstår som fel vald. Nämnden framförde därför att SKB bör



Figur 1. Översiktlig tidsplan. (SKB FUD-program 92, 1992)

utreda om slutförvaringen kan genomföras stegvis med kontrollstationer och möjligheter till åtgärder samt "att en demonstrationsanläggning bör inta slutförvarets plats i SKBs nuvarande planering ..."

I sitt beslut över SKBs program betonade regeringen att någon bindning till en viss bestämd hanterings- eller förvaringsmetod inte bör ske förrän de säkerhets- och strålskyddsproblem som kan föreligga kan överblickas. Regeringen framförde vidare som sin uppfattning att en av utgångspunkterna för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten bör vara att ett slutförvar för kärnavfall och använt kärnbränsle skall kunna tas i drift stegvis med kontrollstationer och möjligheter till justerande åtgärder.

Efter övervägande av dessa uttalanden samt efter diskussioner med bland annat SKN och KASAM har SKB i sitt FUD-program 92 formulerat ytterligare principer för kärnavfallshanteringen i Sverige:

- "Vi har redan kärnavfall och detta måste tas om hand på ett säkert sätt i vårt eget land.
- Framtida säkerhet bör baseras på en förvaringsmetod som inte förutsätter tillsyn och/eller underhåll då detta skulle innebära att generation efter generation långt in i framtiden måste behålla kunskapen om avfallet och ha vilja, förmåga och resurser

att sköta sådan tillsyn och underhåll. Vi vet för lite om framtidens samhälle för att bygga den långsiktiga säkerheten på denna förutsättning.

- Det finns skäl att, allt medan man arbetar konkret och målmedvetet mot att förverkliga en slutförvaring av allt kärnbränsle, så långt möjligt bibehålla handlingsfriheten med tanke på om alternativa och på något sätt enklare lösningar kommer fram eller på grund av att man omvärderar nuvarande bedömning angående återutnyttjande (upparbetning) av en del av de klyvbara ämnena (U, Pu) i bränslet. ..."

Ett förtydligande skulle kunna göras beträffande den sistnämnda principen. I avsnitt 1.3 av FUD-program 92 framför SKB: "När demonstrationsdeponeringen har genomförts skall erfarenheterna utvärderas innan man beslutar om man skall bygga ut anläggningen till att rymma allt avfall. Planen medger även att man kan överväga om det deponerade avfallet skall återtas för en alternativ hantering. ... Det är SKBs uppfattning att en demonstrationsdeponering av använt kärnbränsle med bibehållen handlingsfrihet för framtiden är ett bra sätt att nå en bred uppslutning kring sättet att ta hand om kärnavfallet."

SKI menar att ordet demonstration är klart missvisande. Visserligen kan tekniska frågor av betydelse under ett driftsskede demonstreras. I begränsad utsträckning kan också vissa försök av betydelse för långtidssäkerheten genomföras. Det finns dock flera goda skäl att vara kritisk till användningen av ordet demonstration. De tekniska kraven på platsen, säkerhetsanalysen och den lagmässiga prövningen blir i allt väsentligt precis desamma som om ett fullstort förvar skulle ha prövats. Kostnaderna för demonstration blir avsevärt större än vad som motsvaras av den mängd bränsle som deponeras för ett fullstort förvar eftersom en stor del av de investeringar som behövs för servicebyggnader. Investeringen och därmed bindningen till platsen kan bli avsevärd. Om en demonstration på det sätt som föreslås, d.v.s. med återtagbarhet under demonstrationsfasen ändå förverkligas, så är det enligt SKIs uppfattning nödvändigt för förslagets trovärdighet att det finns en beredskap att återta bränslet och överge platsen.

2.3 BEDÖMNING AV FÖRVARETS FUNKTION UNDER LÅNGA TIDER

SKB framför i FUD-program 92 bland annat att:

- Principen för slutförvaring är att den skall ordnas så att avfallet hålls isolerat på ett säkert sätt under den tid som avfallet har högre radiotoxicitet än vad man eljest återfinner i naturen. ...Efter drygt 100 000 år har bränslets radiotoxicitet minskat till i nivå med den man har i uranmalmer.
- För att åstadkomma den önskade långsiktiga isoleringen utformas ett slutförvar för använt bränsle enligt multibarriärprincipen.
- Nyligen genomförda säkerhetsanalyser ... visar att det finns utomordentligt goda förutsättningar för att utforma närområdet i förvaret så att de radioaktiva ämnena hålls isolerade för mer än en miljon år. Därutöver har berget en stark förmåga att

sorbera de radionuklider som dominerar bränslets radiotoxicitet och utgör således en ytterligare barriär.

SKB drar vidare slutsatsen att:

- Det arbete som utförts under ca femton år i Sverige och motsvarande arbete i andra länder har lett till en bred enighet bland den internationella expertisen att det finns metoder för att genomföra slutförvaring av högaktivt avfall och använt kärnbränsle och att det också finns metoder att visa den långsiktiga säkerheten för sådan slutförvaring.

Flera av remissinstanserna har lämnat synpunkter beträffande frågan om osäkerhet över långa tider:

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen hänvisar till att SKB i sitt FUD-program 92 hävdar att det finns säkra metoder för slutförvaringen av det högaktiva avfallet och att denna bedömning stöds av en enig forskarvärld. I motsats till detta hävdar Folkkampanjen att det i dag inte finns några slutförvaringsmetoder som fyller sådana säkerhetskrav att de kan accepteras av någon enig internationell expertis.

Chalmers tekniska högskola framför att huvudanledningen till den kunskapsosäkerhet som vidlåter den "sista länken" i kärnbränslekedjan, d.v.s. slutförvaringen, tveklöst är tidsperspektivet. En strålningsnivå motsvarande rik uranmalm uppnås först efter 100 000 år. Chalmers konstaterar att följden blir osäkerheter i prognoser, bl.a. avseende

- kapselsprickor (p.g.a. korrosion, bergdeformationer)
- långtidsbeständighet återfyllnadsmaterial
- grundvattenrörelser, istid, permafrost, jordskalv
- mänskligt intrång
- transportprocesser och fördröjning

Chalmers anför vidare att en lika fundamental som självklar brist i angreppssättet är att validering av modellernas riktighet för framtiden svårligen kan åstadkommas. Detta, menar man, är desto allvarligare eftersom företagna, komparativa studier av exempelvis spridningsmodeller för radionuklider visar att skillnaden mellan olika prognoser kan uppgå till fyra tiopotenser. S.k. naturliga analoger anges dock i viss mån kan dock i viss mån anses vara en form av validering.

Sveriges lantbruksuniversitet finner att mycket av hittillsvarande forskningsresultat bygger på modellberäkningar. Utförda experimentella studier har, enligt Lantbruksuniversitetet, främst haft som syfte att validera dessa modeller, medan syftet i mindre grad tycks ha varit att klarlägga mekanismerna bakom biologiska, kemiska eller fysikaliska processer.

Varbergs kommun trycker särskilt på vikten av att alla för de slutliga besluten väsentliga frågorna utreds så förutsättningslöst som möjligt med klar åtskillnad mellan vad som är vetenskapligt belagt (kunskap) och vad som är antaganden baserade på sannolikhet och analogier (god tro).

Statens strålskyddsinstitut avvisade redan i remissvaret till det förra FoU-programmet uppfattningen att tillförlitliga kvantitativa beräkningar skulle kunna göras för att beskriva av människan konstruerade anläggningar i ett geologiskt tidsperspektiv. Sådana beräkningar kan, enligt institutet, eventuellt användas för att belysa och styrka ett kvalitativt tänkande.

SKI vill varna för övertolkningar av kvantitativa beräkningar men pekar samtidigt på behovet av att förstå och kvantitativt bedöma framtida händelser samt osäkerheter. Säkerhetsanalysen är ett verktyg för sådan förståelse. Ätminstone grundläggande fysikaliska och kemiska samband kan med förtroende antas gälla.

SKI instämmer i stort med vad som i övrigt framförts av remissinstanserna.

SKI delar SKBs syn att FUD-arbetet skall inriktas mot att ta fram en metod för slutförvaringen och mot att visa att en sådan metod är säker. SKI instämmer också i att utformningen bör ske i enlighet med flerbarriärprincipen och att SKB bör sikta på en mycket långsiktig inneslutning och fördröjning av radionuklider. Slutligen delar SKI SKBs uppfattning att säkerheten kan utvärderas med hjälp av säkerhetsanalyser.

SKI menar vidare att en hållbar och bred enighet bland den internationella expertisen endast kan uppstå om de grundläggande frågeställningarna görs helt tydliga och om det kan visas att de olika problem som är förknippade med dessa aspekter kan förstås och vid behov åtgärdas. Följande aspekter behöver särskilt beaktas:

- Anläggningen är tänkt att bli den första i sitt slag.
- Den skall fungera på tilltänkt sätt under mycket lång tid.
- Service, underhåll eller andra förbättrande ingrepp skall inte behöva göras.
- Åtgärder som kommande generationer kan vilja eller behöva göra skall inte försvåras - eventuellt skall de i stället underlättas.
- Ingen återföring av erfarenhet från tiden efter förslutning kan påräknas.
- Inga resultat från provning under tider jämförbara med den tilltänkta drifttiden kan påräknas.
- Det kommer att föreligga avsevärd osäkerhet inom ett antal områden av betydelse för den framtida funktionen hos förvaret.
- De flesta av dessa osäkerheter kommer att vara störst för händelser som inträffar lång tid efter förslutningen av förvaret.

Det förtjänar att särskilt påpekas att flera av de faktorer som nämns ovan - och som man alltså inte kan tillgodogöra sig i samband med slutförvaring - är avgörande eller i vart fall mycket viktiga faktorer vad gäller de flesta industriella system och anläggningar. De ovan nämnda aspekterna behöver tillgodoses såväl vad beträffar metod för slutförvaring som metoder för säkerhetsanalys. I båda fallen handlar det till stor del om att kunna hantera osäkerhet i samband med långa tider.

En viktig aspekt på kunskapsosäkerheten är behovet av att kunna extrapolera till en avlägsen framtid. När det gäller provning i laboratorium och liknande kan sådan endast pågå under högst något tiotal år. För extrapolation krävs förståelse, d.v.s. kunskap om de olika mekanismer som kan tänkas ha betydelse samt tillräckligt väl bestämda parametrar för att kunna bestämma betydelsen av olika mekanismer.

I SKBs FUD-program 92, FoU-rapporten, avsnittet "Använt bränsle", diskuterar SKB frågor kring på vilket sätt extrapolation till långa tider kan göras. Frågan om extrapolation berör särskilt mekaniska och kemiska egenskaper hos de material som används i slutförvaret, d.v.s. koppar, bentonit, betong m.m.

Ett motsvarande resonemang kan föras beträffande vad som ofta benämns "naturliga analogier". Med detta menar man relevanta data från geologiska prover eller arkeologiska föremål. Här får man räkna med att betingelserna (t.ex. vattenkemin) skiljer sig från dem som föreligger i ett slutförvar. "Extrapolation" till slutförvarsbetingelser kan inte heller här göras enbart utifrån empiriska data. I stället erfordras förståelse för de processer som påverkar den framtida förvarsmiljön.

Ytterligare synpunkter på osäkerheter återfinns i kapitel 6 (säkerhetsanalys) och i kapitel 7 (stödande forskning och utveckling).

2.4 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR DJUPFÖRVAR

SKB har i sitt FUD-program 92 (1.2) dragit vissa generella slutsatser av betydelse för det fortsatta arbetet.

SKB skriver: "Nyligen genomförda säkerhetsanalyser - särskilt SKB 91 - visar att det finns utomordentligt goda förutsättningar för att utforma närområdet i förvaret så att de radioaktiva ämnena hålls isolerade för mer än en miljon år. Därutöver har berget en stark förmåga att sorbera radionuklider som dominerar bränslets radiotoxicitet och utgör således en ytterligare barriär."

SKB fortsätter: "Säkerhetsanalysen SKB 91, som SKB genomfört under 1989 - 1992, visar att kraven på berggrundens egenskaper är begränsade. ... SKB 91 visar att ett förvar anlagt djupt ner i svenskt urberg och med långtidsstabila tekniska barriärer med god marginal uppfyller av myndigheterna föreslagna säkerhetskrav. Säkerheten hos ett sådant förvar är endast i ringa utsträckning beroende av det omgivande bergets förmåga att fördröja och sorbera radioaktiva ämnen. Bergets funktion är i första hand att under lång tid ge bestående mekaniska och kemiska förhållanden så att förutsättningarna för de tekniska barriärernas långtidsfunktion inte äventyras. ... De studier och undersökningar som gjorts av berggrunden i Sverige under den senaste 15-årsperioden visar

att dessa egenskaper finns på många ställen och att det således finns många platser med geologiska och tekniska förutsättningar för att anlägga ett säkert slutförvar." Man anför vidare: "Kunskaperna är i dag tillräckliga för att välja en prioriterad systemutformning, för att utse kandidatplatser för förvarets lokalisering, för att karakterisera dessa och för att anpassa förvaret till lokala förhållanden."

Som framgår av SKIs detaljerade genomgång av det som gjorts gällande ovan (se t.ex. kapitlen om systemstudier, inkapsling, djupförvaring och säkerhetsanalys) har flera av slutsatserna ännu inte en fast grund i form av redovisade resultat. SKI framför där bland annat:

- I avsnittet om systemval framgår att åtskilligt arbete återstår innan SKB kan anses ha tillräcklig grund för ett detaljerat systemval.
- I avsnittet om säkerhetsanalys framgår dels att de "långtidsstabila tekniska barriärerna" snarare utgör utgångsförutsättningar än att de har studerats (i SKB 91), dels att säkerheten beror av kombinationen av de tekniska och den geologiska barriären. SKB har ännu inte visat att "ett förvar anlagt djupt ner i svenskt urberg ... med god marginal uppfyller av myndigheterna föreslagna säkerhetskrav".
- I avsnittet om platsval och djupförvaring framhålls att en sammanvägning av de allmänna tekniska, geovetenskapliga och samhällsliga lokaliseringsfaktorerna sannolikt skulle visa att vissa delar av landet är mindre lämpade för ett slutförvar.

Mot bakgrund av dessa slutsatser vill SKI uppmana SKB att ompröva sina slutsatser. SKI menar att det sannolikt finns goda förutsättningar för att åstadkomma en säker slutförvaring inom landet.

2.5 ETAPPVIS UTBYGGNAD AV FÖRVARET

I sitt yttrande över SKBs FoU-Program 89 framförde SKN i sin sammanfattning: "SKB bör sålunda utreda om slutförvaringen kan genomföras stegvis med 'kontrollstationer' och möjligheter till åtgärder. Delar av den normala industriella utvecklingsprocessen skulle kunna efterbildas. Det underjordiska berglaboratoriet ger möjligheter till att pröva förvaringstekniken och till omfattande kontroll av de tillverkade barriärernas funktion i ett inledningsskede. Som nästa steg kan en anläggning byggas i form av ett förvar i demonstrationsskala, exempelvis 5-10 procent av fullskaleförvaret."

I SKBs FUD-program 92 (1.3) skriver SKB att en etappvis utbyggnad innebär " betydande fördelar". SKB anför vidare: "Det viktigaste skälet till SKBs plan att bygga ett förvar för demonstrationsdeponering är att man då, utan att man behöver ta vad som ibland beskrivs och upplevs som definitiva beslut, kan demonstrera bland annat följande:

- lokaliseringsprocessen med alla dess tekniska, administrativa och politiska beslut,
- processen och metoderna för stegvis undersökning och karaktärisering av djupförvarsplatsen,

- systemutformning och byggande,
- inkapsling av använt bränsle i full skala,
- hanteringskedjan av använt bränsle från CLAB till deponering i förvaret,
- driften av ett djupförvar,
- licensieringen av hantering, inkapsling och djupförvaring inklusive analysen av den långsiktiga säkerheten,
- (återtagande av avfallskollin)."

SKB framför vidare att man inte genom fältförsök kan "demonstrera slutförvarets långsiktiga säkerhet" utan att "tillåtligheten i detta avseende måste alltid baseras på en teknisk-vetenskaplig analys av förvarets funktion under lång tid".

SKB fortsätter: "Anledningen till att SKB planerar en demonstrationsdeponering är inte tveksamhet om djupförvaringens genomförbarhet och säkerhet. Planen bör ses som ett uttryck för en insikt om och en respekt för att den lösning av kärnavfallsfrågan som FoU-arbetet resulterat i behöver förankras stegvis hos och konkret demonstreras för berörda kretsar långt utanför experternas krets. Det är SKBs uppfattning att en demonstrationsdeponering av använt kärnbränsle med bibehållen handlingsfrihet för framtiden är ett bra sätt att nå en bred uppslutning kring sättet att ta hand om kärnavfallet."

Flera remissinstanser har haft synpunkter beträffande den etappvisa utbyggnaden av förvaret.

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen påminner om att regeringen förklarade i sitt beslut att SKB i nästa FoU-program borde "utreda möjligheterna att låta ett slutförvar i demonstrationsskala ingå som ett led i arbetet med att utforma ett slutförvar". Folkkampanjen gör bedömningen att SKB har uppfattat detta förslag som en klarsignal att omgående börja förbereda byggandet av ett slutförvar av KBS-3-modell.

Göteborgs universitet framför att enligt deras uppfattning måste demonstrationsanläggningen, enligt nuvarande program, betraktas som första delen av slutförvaringen. Enligt vad universitetet kunnat se innebär gången med utvärdering av demonstrationsanläggningen och eventuellt återtagande av avfallet vid upptäckta brister, inga säkrare garantier än vad som allmänt gäller vid brister vid den slutliga deponeringen i full skala. Universitetets uppfattning är att tillvägagångssättet konsekvent skall beskrivas som etappvis utbyggnad och inte som ett demonstrationsförvar.

SKI har redan i samband med yttrandet över SKBs FoU-program 89 redovisat den uppfattning som SKB nu framför nämligen att den långsiktiga säkerheten inte kan visas genom demonstrationsdeponering. SKI kan se ett värde i att "konkret" demonstrera slutförvaringen för "berörda kretsar i samhället långt utanför experternas krets". Detta får emellertid inte vara huvudsyftet med den etappvisa utbyggnaden. Med ett sådant förhållningssätt skulle SKB riskera att demonstrationsprogrammet uppfattades som blott ett spel för gallerierna. SKI vill i stället peka på de skäl för etappvis utbyggnad som

angavs av SKI i yttrandet till SKN över FoU Program 89. SKI anförde där att en etappvis utbyggnad med erfarenhetsåterföring till kommande etapper är en naturlig process. SKI konstaterar emellertid att någon egentlig utredning beträffande möjligheter till stegvis arbete, kontrollstationer och möjligheter till åtgärder knappast redovisas i SKBs program.

SKI menar att ordet demonstrationsskala är direkt missvisande. SKI förmodar att omfattningen av deponeringstunnlarna blir proportionell mot mängden kapslar som skall deponeras. SKI frågar sig emellertid på vilket sätt tunnlar och schakt till djupförvaret, ovanjordsanläggningar till djupförvaret samt inkapslingsanläggningen skiljer sig från full skala. SKI har heller inte i programmet funnit några uppgifter om hur stor den ekonomiska bindningen blir till den metod som tillämpas för den första etappen av djupförvaringen. Det förefaller dock uppenbart att förslaget innebär att en betydligt större andel av totalkostnaden för ett slutförvar tas i anspråk än vad som motsvaras av bränslemängden.

Frågor kring den stegvisa utbyggnaden behandlas vidare i kapitlet om systemstudier och alternativa metoder samt i kapitlet om djupförvaring av använt kärnbränsle.

2.6 UTFORMNINGEN AV PROGRAMMET

Syftet med den i kärntekniklagen föreskrivna genomgången och granskningen av SKBs FUD-program 92 är dels att ge samhället insyn i verksamheten, dels att ge utomstående expertis tillfälle att bidra med synpunkter och råd. SKB redovisar i programmet sina fyra FUD-skrifter. Utformningen av dessa skrifter har således en avgörande betydelse för möjligheten att få viktiga frågor belysta i granskningsprocessen.

Många önskemål och krav kan ställas på SKBs FUD-program:

- Programmet skall vara allsidigt och balanserat, integrerat och transparent.
- Det skall innehålla bakgrundsinformation (sammanställning av bakgrundskunskap), överväganden (t.ex. redovisning av för- och nackdelar) och slutsatser (samt motiveringar till slutsatserna).
- Bakgrundsinformationen skall gå att spåra och vara lätt tillgänglig. Publicering bör i stor utsträckning ha skett i sådan form som möjliggör vetenskaplig granskning.
- Arbetet skall vara indelat i lämpliga och tydligt identifierbara steg och etapper. Beroenden mellan olika etapper skall redovisas (t.ex. vilka resultat från en etapp som är tänkta att utnyttjas för en annan etapp). Dessa aspekter bör vara tillgodosedda i de tidsplaner som presenteras.
- Målen för såväl programmet som helhet som för de olika etapperna skall vara tydliga och ändamålsenliga.

Detta innebär högt ställda krav. Det är därför inte onaturligt att ovanstående önskemål kan vara tillgodosedda i varierande grad i olika delar av programmet.

Flera av remissinstanserna har haft synpunkter på utformningen av forskningsprogrammet:

Göteborgs universitet konstaterar att SKB hävdar att teknik finns för slutförvaring under betryggande former samtidigt som det framgår av utredningsmaterialet att problem återstår att lösa och att detaljerad kunskap i flera avseenden saknas. Det tycks, menar universitetet, fattas en analys av hur dessa olösta problem påverkar helhetsbedömningen och det torde vara av stor vikt för trovärdigheten att en sådan analys redovisas tydligt. Enligt universitetet förefaller vidare utredningsmaterialet vara mer utformat som ett försäljningsmaterial än som en vetenskaplig redovisning.

Chalmers tekniska högskola vill som en allmän kommentar påpeka att den språkliga och bildmässiga utformningen av det av SKB presenterade materialet tyvärr fått en tendens till tillrättalagd karaktär. Det är oklart för Chalmers vilken målgrupp SKB avser att påverka med detta. Det är Chalmers uppfattning att materialets trovärdighet skulle ökat med en ödmjukare ansats. Inskjutna meningar av typen "problemet är svår-analyserat ...", "... resultatet är inte invändningsfritt ...", skulle, enligt gruppens mening, snarare höja det presenterade materialets kvalitet. Chalmers finner det stundtals svårt att tränga igenom rapportens "glacerade" språk och ritteknik för att finna de bakomliggande svårigheter som framställningen egentligen avser.

Försvarets forskningsanstalt, Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk och Östhammars kommun saknar en ordlista i vilken olika facktermer förklaras.

SKI kan instämma med dessa remissinstansers kritik, men finner att SKB åstadkommit en ändamålsenlig strukturering av materialet. SKBs överväganden inför de slutsatser som dras är dock ofta ofullständigt dokumenterade. Det är positivt att SKB i högre grad än i tidigare program gjort sammanställningar över kunskapsläget inom olika områden.

Möjligheterna till att få en helhetsbild blir betydligt mera varierande när man går till underlagsrapporterna. SKB 91 samt PASS-rapporten fyller viktiga behov genom att presentera "state of the art". Inom andra områden saknas sådana sammanställningar av kunskapsläget. Exempelvis är den som vill tränga in i den viktiga frågan om kapselns långtidsegenskaper huvudsakligen hänvisad till arbetsrapporter. Vidare stöds SKBs val av material till kapseln inte av redovisad dokumentation. Rapporteringen från arbetena med Äspölaboratoriet har i stor utsträckning skett i form av arbetsrapporter.

2.7 STEGVIS ARBETSSÄTT OCH TIDSPLANER

En sammanfattning av SKBs tidsplaner fram till år 2010 ges i Figur 1.

En av de remissinstanser som gett synpunkter på tidsplanen är ABB Atom. Företaget framhåller att det är positivt att tidsplanen fram till rutinmässig drift av inkapsling och deponering resulterar i en stegvis uppbyggnad av kunskapsbas och anläggningar med möjlighet till ändringar i det successivt framskridande programmet. Här kan, menar ABB Atom, nya erfarenheter, ny teknik, nya metoder och ändrad konstruktiv utformning finna sin väg in i systemet, innan det är dags för att börja slutfasen av deponering.

ringen. Till och med nya alternativ till principer kan, anser företaget, föras in utan att tidsplanen behöver förskjutas.

Göteborgs universitet finner emellertid att tidsplanen för lokalisering och byggande är forcerad. Enligt universitetets mening bör man först invänta resultaten av forskning bl.a. vid Äspölaboratoriet, och utifrån dessa definiera kriterier för berggrundsbarriären samt samhällseliga faktorer. Först därefter bör, menar universitetet, lokaliseringsprocessen starta med full kraft enligt en i förväg specificerad metod.

SKI finner det stegvisa arbetssättet generellt tillämpligt i SKBs program. För det fortsatta arbetet uppmanas SKB att med större tydlighet än hittills strukturera arbetet i etapper, där mål, förväntade resultat och måluppfyllelse preciseras.

Ett allmänt intryck är att den tid som står till buds för de olika aktiviteterna i många fall förefaller knapp, ibland mycket knapp. Å andra sidan har SKB i sina tidsscheman i flera fall angivit att vad som avses är "exempel på tidsplan", "tidigast tänkbara tid för genomförandet" och liknande. SKI vill här betona vikten av att SKB avvaktar med att starta nya aktiviteter tills nödvändiga resultat från andra aktiviteter föreligger. Det är måluppfyllelsen och kvaliteten på arbetet, snarare än tidsplanen, som bör styra när nya aktiviteter startas.

2.8 KVALITETSSÄKRING OCH ORGANISATION

SKI noterar med tillfredsställelse att SKB i sitt FUD-program betonar vikten av kvalitetssäkring (QA). Det gäller såväl uppförande och drift som själva utvecklingsarbetet.

SKB anger att "rätt tillämpad och anpassad efter behoven är kvalitetssäkring ett utomordentligt hjälpmedel att försäkra sig om att arbete som utförs når rätt, dokumenterad kvalitet, samt att information verkligen dokumenteras och inte går till spillo." SKI vill tillägga att ett kvalitetssäkringstänkande kan vara till hjälp vid planering och organisation av komplex verksamhet. Etablerade rutiner för kvalitetssäkring ger också möjlighet till en bättre och mer rättvis bedömning av en verksamhet utifrån flera synpunkter, t.ex. i säkerhetsfrågor. Av naturliga skäl lägger SKI särskilt stor vikt vid denna aspekt liksom vid dokumentation och spårbarhet.

I programmet identifierar SKB följande områden där kvalitetssäkring kan vara ett betydelsefullt hjälpmedel och där rutiner redan finns eller är under utveckling.

- *Utveckling, planering och uppförande av anläggningar.* Detta avser främst inkapslingsstation och djupförvar.
- *Drift av anläggningar.* Procedurer för kvalitetssäkring har tillämpats från början vid driften av SKBs befintliga anläggningar. Det gäller såväl SFR och CLAB som transportsystemet. En kvalitetshandbok håller på att utarbetas för SKBs avdelning System och Anläggningar.

- *Äspölaboratoriet.* Erfarenheterna från laboratoriet kommer att ligga till grund för de kvalitetsrutiner som skall tillämpas vid platsundersökningar i lokaliseringsprogrammet.
- *Framtagning och underhåll av programvara.* QA-rutiner har hittills tillämpats vid utvecklingen av PROPER, ett programpaket för beräkning av nuklidtransport.
- *Databasen GEOTAB.* QA-liknande rutiner tillämpas vid insamling av data.
- *Säkerhetsanalyser.* Ett QA-system tillämpades under arbetet med SKB 91 och är under utvärdering.

Detta visar att SKBs aktiviteter på QA-området är ganska heltäckande. SKB har inte särskilt tagit upp QA för forskningsverksamheten, men denna täcks av QA-systemet för SKBs avdelning Forskning och Utveckling.

Under 1993 kommer en QA-plan för Äspölaboratoriet att färdigställas. Tonvikten läggs på spårbarhet av data och modeller. SKI anser att det är särskilt angeläget att erfarenheterna från Äspölaboratoriet tas till vara fullt ut när kvalitetssystemen för platsundersökning och djupförvaring byggs upp.

Framstegen - och framgången - i utvecklingsarbetet är starkt beroende av att beslutsunderlag m.m. föreligger när det behövs. Det är också viktigt att förvissa sig om en integration av de olika delarna från QA-synpunkt, vilket måste ske inom ramen för bolagets övergripande QA-system. Enligt SKIs uppfattning kan SKB behöva överväga att förstärka den oberoende QA-funktionen (stabsavdelning Kvalitetssäkring) för att uppnå dessa båda målsättningar.

SKIs tillsyn av SKBs kvalitetssystem sker genom den normala inspektionsverksamheten för anläggningar i drift. Tillsynen av övriga delar ligger dels under SKIs program för tillsyn av forskning och utveckling, dels kommer den att ske i samband med lokalisering och uppförande av respektive anläggningar.

2.9 OBEROENDE FORSKNING

Flera remissinstanser har tagit upp frågan om offentligt finansierad målinriktad grundforskning inom avfallsområdet.

Varbergs kommun anser att en större öppenhet och legitimitet kunde uppnås om forskningsprogrammet lades direkt under statlig styrning utan påverkan av kärnkraftindustrin och dess partsintressen. Detta, menar kommunen, innebär inte att kärntekniklagen skulle ändras beträffande utförandeansvaret.

Naturvetenskapliga forskningsrådet noterar att SKB-programmet präglas av ett allmänt krav på att öka förståelsen av de enskilda processerna samt att SKB avser att även fortsättningsvis ge stöd till rent kunskapsuppbyggande verksamhet. SKB har alltså påtagit sig en roll att stödja långsiktigt kunskapsuppbyggande och bedriva riktad grundforskning, vilket rådet noterar med stor tillfredsställelse. En del av denna

stödande verksamhet kunde, enligt forskningsrådets mening, sannolikt med fördel kanaliseras genom rådet, som genom sina programutskott har en bred kompetens inom de flesta vetenskapliga områden som har relevans för SKB-programmet.

Svenska Naturskyddsföreningen föreslår att de drygt 20 miljoner kronor per år som SKB tillåts ta ur avfallsfonden för information och annonsering i stället bör användas för fri akademisk forskning kring kärnavfallens slutförvaring.

Göteborgs universitet påpekar att kunskapen om ett framtida avfallslager skulle förbättras om vetenskaplig granskning och forskning utfördes enligt de rutiner som normalt råder i forskningsvärlden. Universitetet anser dessutom att de medel som kärnkraftbolagen disponerar ur avfallsfonden istället för att till stor del användas till information användes för forskning. Medlen bör, menar universitetet, i sådant fall fördelas av annan organisation än SKB.

Sveriges lantbruksuniversitet anser att det hittills utförda forskningsprogrammet angående kärnkraftavfallens behandling och slutförvaring i alltför hög grad har baserats på uppdragsforskning från kärnkraftindustrin.

Forskningsrådsnämnden betonar vikten av samhällelig insyn i FoU-programmet via andra, ej SKB-beroende forskningsmiljöer inom Sverige, som har möjlighet att på ett professionellt plan gå in i en kritiskt granskande dialog. Nämnden vill uppmana de granskande myndigheterna på området att inför regeringen belysa balansfrågor av forskningsfinansiell och forskningsorganisatorisk art, som här allttjämt är aktuella.

Uppsala universitet påpekar att trots de framgångar som nåtts inom ramen för SKBs forskningsprogram genom svenska insatser, är det i dag relativt få forskare som engagerats inom forskningsprogrammet. Universitetet menar att en större öppenhet gentemot forskarsamhället, t.ex. genom långsiktiga projektansökningar inom de problemområden som SKB har ansvaret för, skulle kunna skapa kontakter till nya grupper med kunskap och intresse för dessa problem. En ytterligare kvalitativ höjning av forskningsresultaten skulle kunna uppnås, anser universitetet, genom avsättning av forskningsfonder för olika problemkomplex, för vars bearbetning forskningsanslag utdelas efter inom vetenskapen vedertagna principer.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) beklagar att KASAMs förslag om att inrätta oberoende forskartjänster inte förefaller att bli genomfört. KTH finner också att det är väsentligt, att i den viktiga slutfasen av SKBs arbete, även fristående forskare bereds möjlighet att framlägga och studera alternativa system.

Lunds universitet framhåller att det ligger en fara i att forskningen koncentreras till en forskningsgrupp och att en från SKB oberoende forskning kan vara behövlig. Lunds universitet framför vidare att det vore lämpligt att det avsattes ca 10 MSEK årligen för finansiering av fri forskning samt att medlen t.ex. skulle kunna fördelas av SKI.

SKI vill framhålla att SKI i viss utsträckning stöder från SKB oberoende forskning som ett led i uppbyggnaden av egen kompetens men att de forskningsmedel som SKI disponerar är begränsade. Ett möjlighet att stödja oberoende forskning vore också att ge

stöd till de aktörer, t ex. i platsvalsprocessen, som har ett berättigat intresse av att ha tillgång till oberoende kompetens.

2.10 SAFEGUARDS

Safeguards syftar till att klyvbart material inte skall avledas för kärnvapenbruk. Sverige har anslutit sig till internationella överenskommelser om safeguards och SKI har ansvaret för den nationella kontrollen av safeguards vid de kärntekniska anläggningar som nu finns i drift.

Försvarets forskningsanstalt framhåller att demonstrationsanläggningen aktualiserar två frågor: safeguards och övervakning. IAEA och nationell safeguards (kontroll) krävs vid kärntekniska anläggningar där kärnämnen hanteras. Även om safeguards av ett slutförvar snarast är enklare och mindre väsentlig än vid en annan kärnteknisk hantering bör safeguardspekter i varje fall nämnas vid anläggningens utformning, hanteringskedjor etc.

Svenska Naturskyddsföreningen anför att det finns långsiktiga säkerhetspolitiska aspekter som gäller riskerna för kärnvapenspridning, vilka inte tidigare uppmärksammats av SKB samt att någon metod för safeguards enligt IAEOs principer för KBS-3-metoden saknas. Detta leder till att ett KBS-3-förvar måste övervakas under över-skådlig tid.

Enligt SKIs uppfattning är det uppenbart att det använda kärnbränslet kommer att behöva stå under safeguards både i inkapslingsstationen och i djupförvaret. Vad gäller inkapslingsdelen finns idag ingen tillämpning av safeguards från vilken erfarenhet direkt kan tillämpas på inkapslingsstationen. Inte heller finns safeguardsmetoder utvecklade som skulle kunna ge garantier mot avledning av kärnämne med samma trovärdighet som gäller för andra delar av kärnbränslecykeln. För slutförvar för använt kärnbränsle finns idag inte någon internationell överenskommelse om principerna för safeguardsverksamheten. Arbete har dock påbörjats inom IAEA som syftar till att ta fram sådana allmänt accepterade principer. Först sedan principiell enighet råder internationellt kan IAEA, med stöd av sina medlemsländer, påbörja utvecklingsarbete för metoder och tillämpningar för safeguards för ett sådant förvar.

För såväl inkapslingsanläggning som djupförvar måste emellertid arbete snarast påbörjas i Sverige för att ta fram nödvändigt underlagsmaterial dels för att möjliggöra svenska bedömningar för safeguardsåtgärder i Sverige, dels också för att ha väl underbyggda ståndpunkter i det fortsatta arbetet med att få internationell enighet i hithörande frågor. SKB bör på ett lämpligt sätt integrera safeguardsfrågorna i sitt FoU-program.

2.11 KOSTNADER

2.11.1 Uppskattade kostnader och prioriteringar

Den totala kostnaden för att genomföra 6-årsprogrammet 1993-1998 beräknas till ca 1 200 milj kr (1992 års penningvärde). SKB har redovisat en uppdelning av kostnaderna för dels inkapsling och djupförvar uppgående till 460 milj kr och dels kostnaderna för FUD-programmet till 736 milj kr. SKB har också valt att redovisa en ungefärlig procentuell fördelning av kostnaderna för stödande FoU under sexårsperioden 1993-1998.

SKBs kostnader för forskningsprogrammet inryms inom de beräknade framtida kostnaderna, som tidigare redovisats i de årliga planrapporterna, senast i SKB PLAN 92 Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter. I SKB PLAN 92 framgår att SKBs kostnader för FUD och administration fr.o.m. 1993 fram till år 2010 är beräknad till ca 4 000 milj kr (prisnivå 1992). SKBs administrationskostnader som också inkluderar informationsverksamhet uppgår för närvarande till ca 30 milj kr årligen. Ett rimligt antagande är att SKBs administrationskostnader även framledes efter år 1998 kommer att uppgå till mindre än 20 % av FUD-programmets kostnader. Detta skulle göra det troligt att forskningskostnaderna efter år 1998 t o m år 2010 kan beräknas till ca 1 400 milj kr. Hänsyn har då också tagits till det extra osäkerhetspåslaget om 20 % eller ca 700 milj kr för eventuella tillkommande kostnader som SKB lagt på kostnaderna för FUD och administration för perioden 1993-2010. I SKB PLAN 92 redovisas inte några separata FUD-kostnader fr.o.m. år 2010, då slutförvaret för använt bränsle enligt planerna skall börja byggas, utan dessa kostnader inräknas i investeringarna för slutförvarsanläggningen.

Lokalavdelningen av Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen i Oskarshamn och Rädda Voxnadalen framför att SKB dominerar informationen på kärnavfallsområdet i Sverige och att SKB under flera år för information årligen kunnat använda ca 20 milj. kr från den fond, som skall användas till forskning och utveckling av ett slutförvar i Sverige samt att den rådande informationssituationen är oacceptabel och bör åtgärdas.

Sveriges lantbruksuniversitet anser i sitt remissvar att området biosfärstudier är alltför lite uppmärksammat i programmet. Universitetet nämner att av den totala kostnaden för FoU under perioden 1993-1998 är endast 5 % avsett för delområdet biosfärstudier, vilket motsvarar knappt 2 % av FUD-programmet under perioden. Universitetet anser att en större satsning på biosfärstudierna borde vara motiverad med hänsyn till områdets fundamentala betydelse.

Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk tar upp frågan om de aktiviteter som nuvarande och nästa generation behöver genomföra och kostnaderna för hela djupförvaret. Säkerhetsnämnden frågar sig vad som händer "om nu nästa generation säger nej till en andra byggnadsetapp för djupförvaret, kan då medel, som skulle ha använts för denna etapp i stället tas i anspråk för alternativ slutbehandling?" Säkerhetsnämnden anser att så bör vara fallet "eftersom nästa generation fritt får välja slutbehandlingsmetod, bör också anvisade medel få användas för täckande av kostnaderna för annan slutbehandlingsmetod än ett djupförvarssystem."

Chalmers tekniska högskola har reagerat på att den stödjande FoU-verksamheten avseende bränsle blir hela fem gånger dyrare än motsvarande för "övrigt material". Chalmers anser vidare kostnaderna för att studera naturliga analogier är orimligt höga.

Naturskyddsföreningen anser bl.a. att "kunskapsutvecklingen skulle bli bättre om det fanns förutsättningar för akademisk forskning och normal vetenskaplig granskning av kunskap om kärnavfallshantering. De drygt 20 miljoner kronor per år som kärnavfallsbolaget tillåts ta ur avfallsfonden och använda för information och annonsering borde istället, hävdar föreningen, fördelas av t ex KASAM för fri, akademisk forskning på området".

Avfallskedjan säger i sitt remissvar att man i huvudsak stöder Naturskyddsföreningens remissvar.

Frågan om FUD-programmets omfattning och därmed dess kostnader är viktig för SKI som skall ta ställning till hela avfallsprogrammets kostnader och till avgiften för finansiering av det fortsatta arbetet.

Vid de tidigare granskningarna av SKBs forskningsprogram, FoU-Program 86 och FoU-program 89, uttalade SKN betydelsen av att SKB lägger ned ett mer omfattande arbete än hittills på att utarbeta kostnadsberäkningar och på att belysa prioriteringsfrågor inom ramen för forskningsprogrammet. SKN erinrade då också om att det ankom på nämnden att fatta beslut om ersättningar för kostnaderna för bl a forskningsinsatser ur de avgiftsmedel som SKN förvaltade. Denna uppgift som grundas på bestämmelserna i lagen (1981:669, ändrad 1992:1537) och förordningen (1981:671) om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m.m., åvilar sedan den 1 juli 1992 SKI.

Vid den senaste granskningen av FoU-Program 89 pekade SKN också på behovet av en översiktlig redogörelse av de uppskattade kostnaderna för FoU-verksamheten under de närmaste tre åren. En sådan översiktlig redogörelse har sedan 1990 lämnats till SKN och den senaste redogörelsen till SKI i november 1992.

I sitt förslag till regeringen om avgift i enlighet med den s.k. finansieringslagen, utgick SKI från de beräkningar som SKB tagit fram vad gäller de framtida kostnaderna för det använda kärnbränslet. SKIs bedömning var att SKBs beräkningar kunde ligga till grund för avgiftsberäkningarna utan att SKI för den skull behövt ta ställning till de enskilda kostnadsposterna i slutförvaret, i det här fallet kostnaderna för FUD-programmet.

2.11.2 Resurser till kommunerna

Svenska Kommunförbundet liksom Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn tar särskilt upp resursfrågan i samband med lokalisering av ett slutförvar. Kommunförbundet menar att de kommuner som blir aktuella för utredningar, undersökningar m.m. i samband med lokalisering av ett slutförvar kommer att ställas inför ett stort antal komplicerade frågor som måste hanteras på ett sakkunnigt sätt. Kommunförbundet menar att frågan om resurser för utredningar m.m. till berörda kommuner är en av huvudfrågorna. Kommunförbundet anser vidare att SKI i samband med granskningen av FUD-

programmet närmare bör utreda frågan om ekonomiskt stöd till de kommuner som berörs av lokaliseringsutredningar e.d.

SKI instämmer med Kommunförbundet om att kommunernas oberoende ställning skulle ifrågasättas om kommunerna skulle begära och erhålla medel från kraftindustrin för utredningar och information i samband med lokalisering av inkapslingsstation och djupförvar. Även andra aktörer kan behöva stöd för kompetensuppbyggnad m.m. SKI anser att denna fråga bör utredas. (Se också avsnitt 5.4, Miljökonsekvensbeskrivningar (MKB) och information)

SKN begärde i sin fördjupade anslagsframställning till regeringen för åren 1992/93 -- 1994/95 medel för informationsinsatser till kommunerna i samband med platsvalet. SKN beräknade då preliminärt att sammanlagt 5 milj kr skulle behövas för informationsinsatser från myndigheterna sida (SKN, SKI och SSI) i de kommuner som berördes.

SKI har enligt förordningen till den s.k. finansieringslagen inte möjlighet att utbetala ersättningar till annan än reaktorinnehavare för kostnader för omhändertagandet av det använda bränslet. Nyttjande av fondmedel av någon annan än reaktorinnehavare måste således beslutas av regeringen.

2.12 TILLSYN AV PROGRAMMET

Uppsala universitet anför att SKB bör undersöka de eventuellt ändrade förutsättningarna som ett svenskt EG-medlemskap skulle innebära och i sin planering ta hänsyn till detta.

Statens strålskyddsinstitut framför att nästa granskning d.v.s. 1995 kommer att behandla tillsynsfrågor och menar att granskningen av forskningsplanen då bör ändras så att granskningen ges tillsynskaraktär. Eftersom granskningen regleras i lag är det angeläget att tidigt pröva behovet av en ändring påpekar institutet.

SKI vill påpeka att den strategi som SKB valt bl.a. innebär att inget definitivt beslut om slutförvaring tas innan demonstrationsdeponeringen av kapslar har utvärderats. SKBs program kommer alltså att för lång tid, liksom hittills, att ha inslag av både säkerhets-tillsyn och tillsyn av FoU.

SKIs uppfattning är att SKBs program nu alltmer konkretiseras och att en översyn av tillämpningen av nu gällande lagar och förordningar kan vara befogad.

Försvarets forskningsanstalt framför att vid kommande tillståndsprövningar behövs tillgång till inlästa, oberoende experter som kan medverka vid bedömningen av det underlag som åberopas. FOA upprepar därför sitt tidigare förslag att SKI och kanske andra myndigheter överväger att lägga ut bevaknings- eller forskningsuppdrag.

Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn framhåller att om remissgranskningen föranleder att några av SKBs grundläggande slutsatser ifrågasätts så bör SKB uppmanas att ge ut en reviderad lokaliseringsplan baserad på den nu pågående granskningen. Nämnden framhåller att frågan är speciellt viktig denna gång med tanke på att

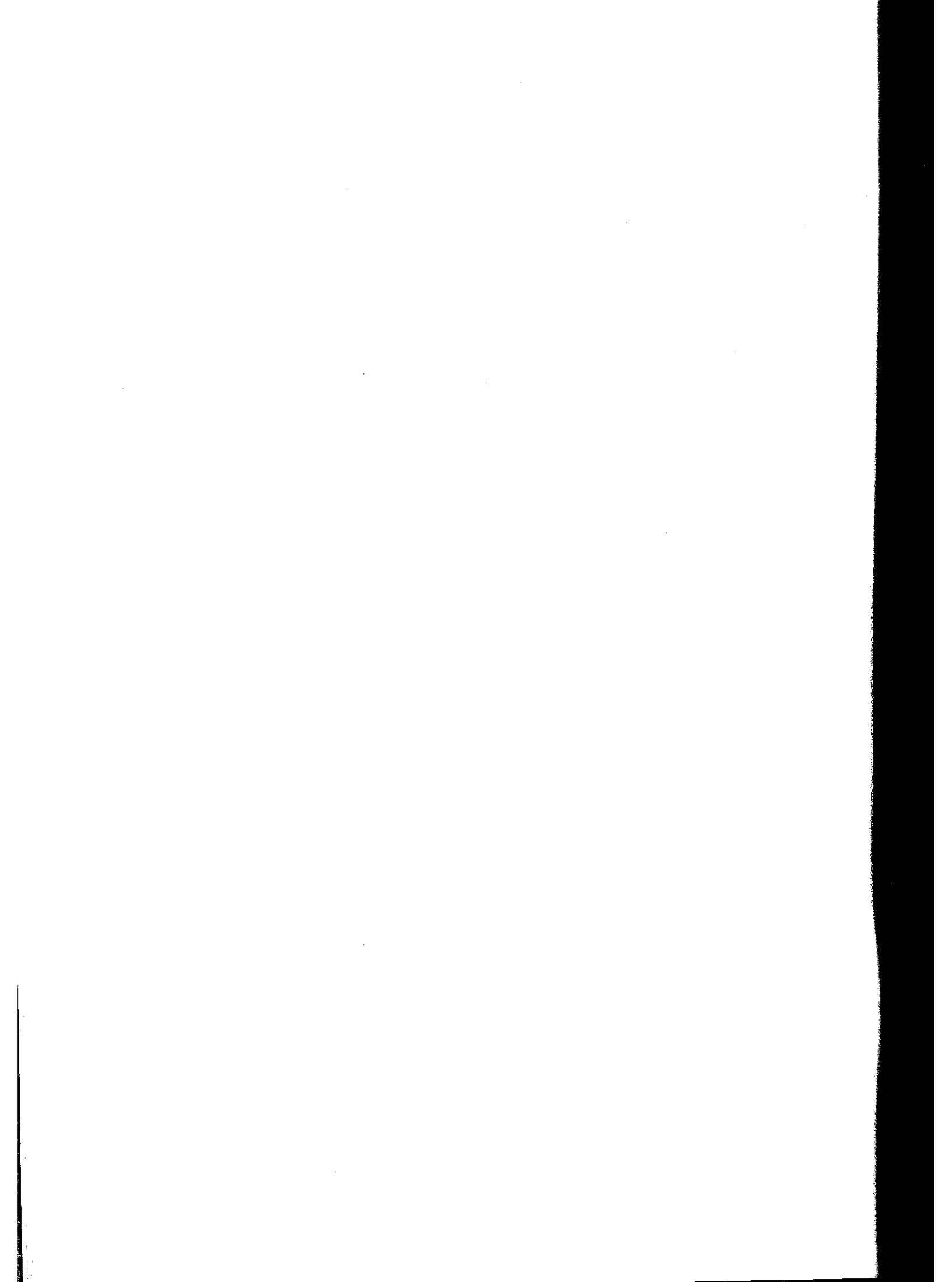
lokaliseringen enligt SKBs förslag kommer att genomföras fram till 1995 och en ansökan för detaljundersökningar lämnas in 1996.

Enligt SKIs uppfattning finns det många skäl för en effektiv kommunikation mellan SKB och SKIs FUD-granskningsfunktion. Programmet omfattar inte längre enbart FoU utan även demonstrationsaktiviteter i stor skala. Detta innebär att ett antal beslut om viktiga förändringar i programmet kommer att fattas successivt under de närmaste åren. Detta ställer krav på SKI att ha en hög beredskap och flexibilitet för att inte SKBs arbete onödigtvis skall försvåras eller FUD-granskningens syfte förfelas. Med den delvis nya inriktningen ställs också högre krav på SKB att utan dröjsmål beakta de rekommendationer som givits samt på SKI att löpande följa SKBs verksamhet. Till detta kommer de behov av omorientering och komplettering av programmet som följer av den ändrade inriktningen mot FUD som diskuterats ovan.

SKI är medvetet om att en granskningsomgång kräver en avsevärd arbetsinsats, främst av SKB, men även av remissinstanserna, KASAM och SKI. SKI vill därför inte förorda att ett nytt program tas fram oftare än vart tredje år. I stället bör programmet på olika sätt hålls mer aktuellt under mellantiden än vad som nu kan sägas gälla.

SKI föreslår därför att SKB senast under det första kvartalet 1994 inkommer till SKI med redovisning för hur SKB beaktat eller avser att ta hand om de olika synpunkter som lämnas av SKI (inklusive remissinstanserna), KASAM samt regeringen.

SKI kommer att som tillsynsmyndighet löpande följa SKBs FUD-program och ha särskild uppmärksamhet på de frågor som aktualiserats i granskningen av SKBs program. SKI vill betona att tillsynen avser *inriktningen* av SKBs FUD-program och inte en detaljstyrning av SKBs arbete.



3 SYSTEMSTUDIER OCH ALTERNATIVA METODER

3.1 FÖRUTSÄTTNINGAR

3.1.1 SKBs redovisning

SKB redogör för *alternativa* metoder för behandling av använt bränsle och alternativa metoder för förvaring av avfallet. I FUD-programmet kapitel 5 diskuteras inkapsling, upparbetning samt separation och transmutation. I FUD-programmet kapitel 6 diskuteras bl.a. mellanlagring, slutförvaring under havsbotten och slutförvaring i djupa geologiska formationer. SKB redovisar där även olika *system* för huvudalternativet geologisk djupförvaring av inkapslat använt kärnbränsle. Slutligen diskuteras varianter av den mer *detaljerade* systemutförningen.

3.1.2 Remissinstansernas synpunkter

För Uppsala universitet gäller frågan, att medan man arbetar målmedvetet mot en slutförvaring av kärnbränsle, samtidigt, och så långt möjligt, bibehåller handlingsfriheten med tanke på alternativa och på något sätt bättre eller enklare lösningar.

Naturvetenskapliga forskningsrådet finner det rimligt, att när tillräckligt tekniskt underlag finns, koncentrera utvecklingsarbetet på det bästa alternativet. Det är dock nödvändigt, skriver rådet, att en kontinuerlig uppföljning och bevakning av erfarenheter av utländska program och förändrat kunskapsläge (t ex rörande alternativa deponeringsmetoder, transmutation etc) fortlöpande sker, och att beredskap finns för modifieringar av huvudprogrammet. Detta, konstaterar man, planeras också inom FUD-92. Rådet framför vidare att planerna på en etappvis utbyggnad av förvaret med en demonstrationsanläggning ger ökad valfrihet vad beträffar slutligt plats- och metodval. Tillståndsprövningen blir, menar rådet, förmodligen densamma och den måste börja tidigare.

Göteborgs universitet finner att med tanke på de osäkerheter som rimligtvis måste vara förknippade med ett problem av dessa dimensioner är det ytterst väsentligt att lösningar väljs så att största möjliga flexibilitet uppnås både i en nära framtid och på sikt. Ny kunskap måste i största möjliga mån komma projektet till godo.

Forskningsrådsnämnden framhåller vikten av att SKB, vid sidan av sin bedömning att Sverige kommer att satsa på att bygga ut djupförvaret i full skala, även framöver visar öppenhet för alternativa strategier. Den oro för alltför tidigt tagna strategiska beslut som nämnden uttalade i sitt remissvar över FUD-89 har dock till viss del tillmötesgått genom det "rådtrum" som skapats genom byggande av demonstrationsanläggning och den utvärderings- och försöksverksamhet som där skall ske. Nämnden konstaterar att härigenom förlängs och breddas underlaget för det viktiga beslutet om kärnkraftavfallens slutförvar.

Kungliga tekniska högskolan framför att det inte bara gäller att ta fram en lösning som är acceptabel ur säkerhetssynpunkt. Det gäller också, säger högskolan, att - i enlighet med fattade politiska beslut - inte binda upp framtida generationer till vare sig "vakthållning" eller till dagens lösningar av avfallsproblemet.

Chalmers tekniska högskola anser att fördelarna med ett demonstrationsförvar är betydande och överväger nackdelarna. För att fördelarna verkligen skall kunna utnyttjas krävs dock, menar Chalmers, att hög flexibilitet finns kvar i beslutskedjan ända fram till demonstrationsfasens slut. Det skall alltså vara möjligt att ta upp det deponerade bränslet för alternativ hantering. I princip skall också, skriver gruppen, nytt platsval vara möjligt att genomföra.

Statens strålskyddsinstitut konstaterar att den redovisade demonstrationsanläggningen kan sägas utgöra en första del i ett etappvis utbyggt förvar. För att utföra ett sådant förvar måste SKB, menar institutet, binda sig för lösningar både vad gäller utformning av bränslets inkapsling, transportsystemet utom och inom förvaret och deponeringstekniken.

Studsvik AB, Kungliga tekniska högskolan, Göteborgs universitet och Statens naturvårdsverk framhåller behovet av stödande FoU-insatser, internationell uppföljning samt studier av alternativa metoder.

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen skriver att innan något beslut fattas om vilken metod som skall tillämpas för "kvittblivningen" av det högaktiva kärnavfallet bör möjliga alternativ utredas och presenteras på ett sätt som möjliggör en jämförande utvärdering. Folkkampanjen yrkar på att denna utvärdering skall ske i form av en bred och ingående offentlig granskning där ett väl tilltaget remissförfarande skall ingå som ett viktigt led.

3.1.3 SKIs bedömning

Alternativ- och systemstudier är nära kopplade till den allmänna strategin för avfallsförvaringen. Valet kan här stå mellan två principiellt olika vägar:

- att ordna med en ändamålsenlig och säker tillsvidareförvaring, utreda och forska under tiden, och låta kommande generationer lösa avfallsfrågan med den förhoppningsvis bättre teknik som då kan stå till buds
- att driva forsknings- och utvecklingsarbetet till sådan mognad att slutdeponeringen av avfallet kan påbörjas av vår generation.

SKBs förslag om demonstrationsdeponering skulle i princip kunna tänkas innebära ett mellanting eftersom kommande generationer kan göra en ny utvärdering av olika alternativ. Som framgår av kapitel 2 menar SKI dock att ordet demonstration är missvisande. Vid beslut om deponering av det använda bränslet måste säkerhetsfrågorna vara klarlagda och olika alternativ redovisade så att de motiverar vald metod. Det hindrar inte att SKB även efter beslut om deponering bör studera alternativa metoder, om inte annat för att ge framtida generationer en möjlighet att bedöma om fortsatta etapper av deponeringen skall genomföras.

SKI accepterar huvuddragen i SKBs planer för att studera olika alternativ och systemutformningar. SKI delar även i stort de uppfattningar som framförts av remiss

instanserna. SKI vill emellertid i det följande utveckla sin syn beträffande systemstudier och alternativa metoder.

Kärntekniklagen ställer krav på allsidighet i programmet. Detta innebär att alternativa metoder skall följas upp och studeras. Samtidigt är det inte rimligt att under lång tid parallellt bedriva omfattande teknisk utveckling av alternativa metoder. SKI inser därför att det är nödvändigt att programmet alltmer inriktas mot *en* metod och *en* systemutformning.

Miljökonsekvensbeskrivningen som kommer att ingå i en ansökan om att uppföra en inkapslingsstation och i en ansökan att bygga ett djupförvar måste redovisa alternativ för att motivera den sökta metoden. Det bör även uppmärksammas att bindning till en viss metod inte bör ske förrän de säkerhets- och strålskyddsproblem som föreligger kan överblickas. En sådan bindning föreligger enligt SKIs mening när beslut fattas om att bygga inkapslingsstationen samt när beslut fattas om att påbörja detaljundersökningar på en viss plats.

Olika alternativ och system behöver vara utredda så långt att det slutgiltiga valet kan motiveras på ett hållbart sätt. SKI är samtidigt medvetet om att det av resursskäl inte kan vara rimligt att fordra att alla tänkbara alternativ utreds lika långt. För att på ett trovärdigt sätt kunna avvisa ett alternativ krävs dock, att SKB kan visa antingen att alternativet är mindre lämpligt än det valda huvudalternativet eller att de resurser som erfordras för att utreda lämpligheten hos ett alternativ är orimligt höga i förhållande till den förväntade nyttan.

För alternativ som på detta sätt valts bort, samt för alternativ som får bedömas kunna förverkligas först efter många år av forskning och utveckling, förväntas SKB följa upp den internationella utvecklingen samt bedriva vissa kompletterande studier. SKI betonar vikten av att SKB kontinuerligt bevakar om något alternativ motiverar mera detaljerade systemstudier. En viktig aspekt är här att studier och beslutsprocesser tydligt dokumenteras och att val sker öppet.

3.2 ALTERNATIVA METODER

3.2.1 Övervakad förvaring under lång tid

SKB beskriver i avsnitt FUD 6.2 mellanlagring av använt bränsle. I Sverige används i dag våtlagring i CLAB, vilken med etablerade metoder anges kunna pågå i minst 50 år. SKB tar även upp torrlagring vilket är en metod som används i vissa andra länder. En mellanlagring under mycket lång tid (mer än två generationer) ingår inte i den strategi som angivits av SKB.

Remissinstansernas synpunkter

Statens naturvårdsverk anser att stor vikt måste läggas vid redovisningen av nollalternativet d.v.s. längre tids mellanlagring. Detta motiveras enligt Naturvårdsverket av att omfattande forskning pågår för att finna alternativa lösningar för avfallens slutliga omhändertagande. Man framhåller att den teknisk/naturvetenskapliga forskningens resultat sedda i ett historiskt perspektiv kan vara belysande när det gäller att bedöma framtida möjligheter och att Sverige därför inte bör binda sig för *ett* systemval alltför tidigt. Naturvårdsverket menar att värderingen av noll-alternativet blir viktig för att få en helhetsbild av risker och möjligheter.

Statens strålskyddsinstitut anser att SKB bör beskriva konsekvenserna av en förlängd drift av CLAB och ett alternativ med lagring av det högaktiva avfallet under tillsyn. Ett s.k. nollalternativ för ett förvar av radioaktiva ämnen, d.v.s. ett alternativ där ingen aktiv åtgärd vidtas utöver vad som redan gjorts, får, menar Strålskyddsinstitutet, en särskild innebörd eftersom avfallet redan finns och måste omhändertas på något sätt. Institutet påpekar att samhället inte kan låta bli att utföra en förvarslösning på samma sätt som man skulle kunna avhålla sig från att påbörja en ny aktivitet som kan ha konsekvenser för miljön, t.ex. att bygga en bro eller flygplats.

Strålskyddsinstitutet tar upp att ett alternativ kan vara en genomförd inkapsling följt av ett övervakat förvar vid eller nära ytan. En referenstid kan vara 10 000 år eller kortare. Institutet menar att SKB bör studera ett sådant alternativ, med avseende på ett antal strålskydds- och säkerhetsproblem. Man hävdar vidare att studierna måste innehålla en beskrivning av strålskyddsproblemen vid en begränsad tillsyn av förvaret.

Strålskyddsinstitutet framhåller att den fråga som framför allt förtjänar en fördjupad belysning är värdet av ett tidigt utfört demonstrationsförvar kontra värdet av att avvakta och hämta in ytterligare information. En sådan utredning bör också innehålla en analys av konsekvenserna av en forcerad deponering föranledd av dramatiskt ändrade bedömningar, t.ex. en samhällskris.

SKIs bedömning

SKI delar remissinstansernas uppfattning om att det erfordras studier av såväl deponeringsalternativ som nollalternativ för att kunna få en helhetsbild av risker och möjligheter och kunna bedöma den. SKB bör därför närmare redovisa hur förlängd våtlagring och/eller torrlagring kan tänkas ske.

SKI vill samtidigt peka på att övervakad lagring under mer än två generationer kommer i konflikt med de grundläggande riktlinjerna för avfallshanteringen, som diskuterats i kapitel 2, och sannolikt även med kärntekniklagen. Det är väsentligt att tiden för deponering i slutförvar, som inte kräver övervakning, inte skjuts alltför långt in i framtiden med hänsyn till osäkerheter om det framtida samhällets stabilitet och betalningsförmåga. Ett ytnära förvar kan, enligt SKIs mening, inte vara en slutlig lösning för förvaring av använt bränsle.

3.2.2 Behandling av använt bränsle och slutförvaring av avfallet.

SKB framför att huvudalternativet för behandling av använt bränsle är mellanlagring följt av inkapsling och därefter direkt slutförvaring. I många länder tillämpas upparbetning vilket leder till högaktivt förglasat avfall och olika typer av låg- och medelaktivt avfall. En stor del av detta avfall kräver slutförvaring på stort djup.

Ett flertal länder bedriver betydande forskning inom området transmutation och separation. SKB menar att, med vissa reservationer, kan de tekniska principerna för separation och transmutation anses vara etablerade. SKB har emellertid svårt att se några fördelar med denna teknik och tekniken kommer inte att eliminera behovet av slutförvaring av radioaktivt avfall, eftersom mindre restmängder alltid kommer att finnas kvar.

SKB konstaterar att samtliga länder som studerar slutförvaring har valt förvaring i olika geologiska formationer som huvudalternativ. SKB menar att förvaring under havsbotten både har fördelar och nackdelar. SKBs arbete är inriktat på landbaserad lagring i kristallin berggrund.

Remissinstansernas synpunkter

Försvarets forskningsanstalt konstaterar att alternativa metoder för hanteringen av använt kärnbränsle och för slutförvaring endast berörs kortfattat i FUD-program 92. Detta är naturligt, menar Forskningsanstalten, eftersom programmets syfte är att ge underlag för den metod som redovisades då laddningstillstånd gavs för vissa reaktorer, nämligen direktdeponering av bränslet i ett förvar djupt ned i svenskt berg. Forskningsanstalten påpekar emellertid att det krävs forskning om andra metoder, t ex omvandling av bränsle till mer kortlivade isotoper, och andra förvarsprinciper för upparbetat eller icke-upparbetat bränsle. Det förefaller, skriver Forskningsanstalten, i första hand vara SKIs ansvar att kunskap om och utvärdering av sådana alternativ finns då regeringen skall ta de avgörande besluten.

Lokala säkerhetsnämnden i Forsmark samt Östhammars kommun hoppas att SKB i ett kommande FUD-program ger en mera fyllig bild av de möjligheter transmutation erbjuder.

Uppsala universitet anför att i Sverige har grupper vid Uppsala universitet, Kungliga tekniska högskolan och Chalmers tekniska högskola med ambitionen att starta viss forskning om transmutation för att utreda dess potential för svenskt vidkommande. Universitetet menar att detta ytterligare understryker kravet på att deponeringen av det radioaktiva avfallet sker på ett sådant sätt att det kan återtagas. Sverige, med sitt vetenskapliga och teknologiska kunnande skulle, enligt universitetet, kunna medverka i denna forskning som på sikt kan få stor industriell betydelse.

SKIs bedömning

SKI menar att landbaserad geologisk slutförvaring av inkapslat använt bränsle är det enda realistiska huvudalternativet. SKI anser det dock inte lämpligt att inkapsla bränsle utan att man har klart för sig vilket detaljerat slutförvaringssystem som kommer att användas.

SKI bedömer att det fortfarande finns ett behov av alternativbredd och allsidighet i SKBs program. SKI menar också att även om SKBs program i fortsättningen kommer att koncentreras mot specifika tekniska lösningar så bör SKB ändå parallellt studera alternativa möjligheter t.ex. upparbetning, separation och transmutation. Som framgår av kapitel 2 menar dock SKI att transmutation inte inom flera tiotals år kan betraktas som ett realistiskt alternativ. Dessutom kommer någon form av slutförvar för långlivat avfall att behövas under alla omständigheter. SKI har i stort inga invändningar mot SKBs planer beträffande alternativa metoder.

3.3 SYSTEMSTUDIER - VAL AV HUVUDALTERNATIV

3.3.1 Inledning

SKBs forsknings- och utvecklingsarbete har i huvudsak varit inriktat på frågor som är relevanta för olika *system* inom huvudalternativet geologisk djupförvaring av inkapslat använt kärnbränsle. Den normala gången i ett sådant program, där forsknings- och utvecklingsinsatser så småningom skall leda fram till en anläggning i drift, är att utgå från en bred forskningsansats. Genom forskningsarbetet erhålls svar på relevanta frågeställningar och dessa svar utgör sedan grunden för val av referenssystem för de fortsatta studierna.

Genom ett sådant successivt förfarande minskar antalet frihetsgrader allteftersom projektet fortlöper. Den breda ansatsen snävas in efter hand mot ett huvudalternativ. Ofta väljs också ett reservalternativ för den händelse att huvudalternativet av någon anledning skulle komma att visa sig vara mindre lämpligt.

Uppskalning är nödvändig bl.a. därför att vissa erfarenheter inte kan göras i liten skala. En del av dessa erfarenheter erfordras för att identifiera och inrikta olika forskningsaktiviteter. Samtidigt ökar vanligen kostnaderna för verksamheten dramatiskt när man går från forskningsskala till pilotskala.

En nyckelfråga vid övergången från FoU till FUD är valet av huvudalternativ och reservalternativ. Som underlag för detta val har SKB gjort jämförande systemstudier vilka rapporterats bl.a. i PASS (Projekt AlternativStudier för Slutförvar).

3.3.2 SKBs slutsatser

SKB menar att kunskaperna i dag är tillräckliga för att välja en prioriterad systemutformning. Man ger en beskrivning över bl.a. vilka system för geologisk slutförvaring av använt bränsle som studerats i Sverige: WP-Cave, djupa borrhål (VDH), långa tunnlar (VLH), medellånga tunnlar (MLH) och KBS-3. I FoU-rapporten kapitel 11 beskrivs teknik för slutförvaring samt programmet för det fortsatta arbetet.

SKB konstaterar att slutsatserna av de genomförda studierna är att det fortsatta arbetet med att utforma ett djupförvar bör inriktas på ett alternativ. Härigenom, säger man, uppnås den erforderliga koncentrationen och målinriktningen i utvecklings- och projektarbetet.

När SKB jämför WP-Cave och KBS-3 kommer man fram till att bl.a. den högre temperaturen är en avgörande nackdel för WP-Cave. Denna innebär större osäkerheter i data och dominerande processer och därmed också en större osäkerhet i de beräknade konsekvenserna.

SKB redogör även för resultaten av PASS. I denna studie ingår ett antal förvarssystem och kapselalternativ, vilka framgår av Tabell 1. En sammanställning över studerade tekniker för driva tunnlar och för att applicera bentonit återfinns i Tabell 2.

Utvärderingen i PASS görs med avseende på de tre aspekterna teknik, långsiktig säkerhet och ekonomi. Ur studien drar SKB slutsatserna att:

- Kapslar med plats för 12 BWR-element, eller motsvarande termisk belastning, förordas framför kapslar med dubbla kapaciteten.
- Kopparklädd stål kapsel (kompositkapsel) förordas.
- KBS-3-utformning förordas.

SKBs slutsatser för det kommande arbetet är att:

- KBS-3-utformningen skall bibehållas som referenssystem och att
- koppar-stål kapseln skall vara referenskapsel samtidigt som koppar-bly kapseln skall studeras vidare som ett reservalternativ.

I konsekvens med dessa val av referenssystem och referensutformning samt ovan nämnda inriktning på ett system planerar SKB (enligt FUD 14.1.2) att de fortsatta studierna beträffande djupa borrhål i första hand skall avse en begränsad uppföljning av den pågående forskningen kring bergets egenskaper på flera kilometers djup.

Tabell 1. Förvarssystem och kapselalternativ i PASS

Förvarssystem	Kapselvarianter
KBS-3	koppar fylld med bly koppar/stål - kompositkapsel koppar - het isostatpressad stål fylld med bly stål
VDH = mycket djupa hål	titan - självbärande titan - betongfylld koppar - het isostatpressad
VLH = mycket långa tunnlar	koppar koppar/stål - kompositkapsel stål
MLH = medellånga tunnlar	samma som för KBS-3

Tabell 2. Teknik för borttagning av berg och applicering av bentonit för olika förvarssystem.

Förvarssystem	Teknik för borttagning av berg	Teknik för applicering av bentonit
KBS-3 tunnlar KBS-3 kapselhål	sprängning borrning	kompaktering in situ förkompakterade färdiga block
Medellånga tunnlar	borrning	förkompakterade färdiga block
Långa tunnlar	fullortsborrning	förkompakterade färdiga block
Djupa borrhål	borrning	förkompakterade färdiga block

3.3.3 Remissinstansernas synpunkter

Varbergs kommun menar att SKB bör genomföra en metodvalsprocess som inte går ut på att bevisa att den redan valda metoden är bäst. Kommunen frågar sig exempelvis om ett djupförvar av KBS-3-modell, men på större djup, har studerats och om djupa borrhål verkligen har analyserats med rätt förutsättningar. Man konstaterar att PASS-studien rymmer alltför många frågetecken och drar slutsatsen att metodvalsstudien måste genomföras på ett systematiskt sätt som väcker förtroende innan lokaliseringsprocessen kan slutföras.

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen skriver att SKB under oktober 1992 har färdigställt en rapport kallad PASS, som betecknas som "slutrapport". Därmed tycks bolaget vilja markera att det nu får anses vara färdigforskat vad det gäller alternativa metoder. Behandlingen av det program som nu lagts fram är därför, menar man, ett vägval i frågan om det svenska kärnavfallets slutgiltiga hantering.

Folkkampanjen framför vidare att rapporten är summarisk och att den inte oväntat utmynnar i slutsatsen att KBS-3-modellen är den bästa och att den modell (VDH, djupa borrhål) som mest avviker från KBS-3-konceptet är den sämsta. Folkkampanjen konstaterar att ett bristande kunskapsunderlag synes ha uppfattats som besvärande nackdelar för de valda alternativen, något som blir särskilt påfallande vid värderingen av djupa borrhål.

Folkkampanjen yrkar på att alla möjliga riskscenarier inventeras och analyseras på ett systematiskt och uttömmande sätt innan det slutliga metodvalet genomförs.

Lokalavdelningen av Folkkampanjen mot kärnkraft i Oskarshamn och Rädda Voxnadal menar att SKBs avsikt tydligen är att få programmet FUD-92 godkänt och därmed visa att det bara är KBS-3-metoden som är med i planeringen. FUD-92 får, menar man, absolut *inte* bli någon genväg till ett slutförvar byggt på KBS-3-metoden.

Naturskyddsföreningen skriver att det fortfarande inte är klarlagt om den långsiktiga säkerheten i ett slutförvar av KBS-3-typ kommer att visa sig tillräcklig. Föreningen menar att metoden för djupa borrhål bör utvärderas ytterligare, av opartiska instanser och om en sådan utvärdering visar att det är intressant att gå vidare bör en demonstrationsanläggning byggas även för ett sådant förvar.

Naturskyddsföreningen diskuterar vidare safeguardsaspekten (se även avsnitt 5.7.5). I den rapport som föreningen hänvisar till framförs att det finns anledning att tro att en slutförvarsmetod som bygger på att utnyttja djupa borrhål kan vara en lösning på både de miljömässiga och säkerhetspolitiska problemen med ett slutförvar.

Lokala säkerhetsnämnden i Forsmark samt Östhammars kommun hänvisar till regeringens uttalande 1984 att "metoden i sin helhet i allt väsentligt befunnits kunna godtas med hänsyn till säkerhet och strålskydd" och anser därför att det föreslagna demonstrationsförvaret bör inriktas på KBS-3-metoden.

Chalmers tekniska högskola framför, att i och med att SKBs slutförvaringsprojekt går in i ett mer tekniskt skede, där man avser att skaffa sig erfarenheter av förvarsbygge

i full skala, har man samtidigt markerat att man anser att forskningen nått dithän att erforderligt kunskapsunderlag för ett byggande existerar. Chalmers har analyserat denna fråga och kommit fram till att så är fallet i allt väsentligt, d.v.s. vad avser allmän strategi, systemval, inkapsling, djupförvaring och stödjande FoU. Man har dock under remissarbetet identifierat ett antal frågeställningar som ej beaktats i rimlig grad av SKB.

Naturvetenskapliga forskningsrådet konstaterar att valet av huvudalternativ (KBS-3) förefaller väl motiverat och finner det rimligt, att när tillräckligt tekniskt underlag finns, koncentrera utvecklingsarbetet på det bästa alternativet.

Statens strålskyddsinstitut anför att djupa borrhål erbjuder en helt annan typ av lösning med särskilda problem och fördelar. Vid en genomgång av SKBs argument avseende de djupa borrhålen finner man att SKB egentligen inte påvisar några direkta svagheter hos detta system, utan snarare en osäkerhet grundad på en lägre grad av kunskap samt en större osäkerhet om kostnaderna. KBS-3 och djupa borrhål har vidare, enligt institutet, det gemensamt att avfallet blir svåråtkomligt efter deponering och förslutning. Svåråtkomlighet är en viktig och positiv egenskap, skriver Strålskyddsinstitutet, som inte ser återtagbarhet som en rättighet för framtida samhällen utan menar att skyddsaspekten måste komma i första rummet.

Lunds universitet konstaterar att Sverige har bestämt sig för en kopparkapsel medan andra länder t.ex. Kanada är inriktade på en titankapsel. Universitetet anser att det är för tidigt för Sverige att nu fullt ut satsa på kopparkapseln, eftersom den har vissa svagheter (korrosionsstudier föreslås i programmet). Universitetet bedömer att kopparkapseln är ett realistiskt alternativ som ger ett fullgott skydd, men undrar samtidigt om det finns ännu bättre alternativ. Är titan att föredra eller är en guldpläterad kopparkapsel ännu bättre, eftersom man då är helt fri från korrosionsproblemet under lång tid?

3.3.4 SKIs bedömning

SKI vill poängtera att metodvalet måste genomföras på ett systematiskt sätt som väcker förtroende. I FUD-programmet redovisar SKB endast slutsatserna av sin PASS-studie, inte resultaten av analyserna och inte heller de överväganden som gjorts. Vidare har viktiga delar av underlagsmaterialet (Pusch och Börgesson, 1992, Olsson och Sandstedt, 1992, Birgersson m.fl., 1992 samt Ageskog och Högbom, 1992) funnits tillgängliga först i ett sent skede av SKIs granskning. De synpunkter som lämnas nedan beträffande PASS-studierna får därför ses som preliminära.

SKB har genom PASS-studien kommit ett gott stycke närmare sitt val av system för slutförvaret. Det är positivt att jämförelser mellan alternativen gjorts efter olika utgångspunkter som säkerhet, teknik och ekonomi. En svaghet i sammanhanget är dock den delvis ordkarga huvudrapporten, där viktig information från underlagsrapporterna tyvärr ej kommit med. En annan svaghet är att det till stor del är värdeomdömen som ligger bakom jämförelserna och att dessa omdömen dessutom fällts av personer nära knutna till SKB. SKI är dock medvetet om att ett systemval sannolikt aldrig kan göras helt baserat på objektiva kvantifierbara fakta.

En viktig förutsättning för PASS-studien är att SKB framhåller, att beskrivningarna av de olika systemen inte gör anspråk på att redovisa optimerade lösningar. Vidare framgår av PASS att syftet med studien dels varit att komplettera förståelsen av betydelsefulla funktioner i systemen, dels att jämföra de alternativa systemen med referenskonceptet KBS-3. Med dessa förutsättningar bör man inte vänta sig att kunna dra annat än översiktliga - men ändå väl så viktiga - slutsatser.

Djupa borrhål

Det framstår som mycket tydligt i SKBs rapporter att djupa borrhål skiljer sig från övriga alternativ som studerats genom att osäkerheten, inklusive osäkerheten över långa tider, bedöms vara betydligt större på ett antal avgörande punkter:

- ingen långlivskapsel har identifierats för den heta och kemiskt aggressiva miljö som råder
- endast en buffert med jämförelsevis låg densitet kan åstadkommas med de metoder för applicering av bentoniten som identifierats
- bufferten får en väsentligt lägre stabilitet än i övriga alternativ (minskad svällförmåga, ojämn svällning, risk för cementering m.m.)
- bergets egenskaper är mycket ofullständigt kända
- berget är svårt att karaktärisera på stora djup
- kapslar kan tänkas komma till skada om de deponeras med hjälp av befintlig djuphålsteknik
- problematiska scenarier kan identifieras, t.ex. borrhåll som tappas över deponerade kapslar.

Det kunde ligga nära till hands att genast välja bort en metod som är behäftad med så allvarliga tveksamheter ur säkerhetssynpunkt. SKI vill emellertid i detta sammanhang knyta an till den av vissa remissinstanser ställda frågan om bristande kunskapsunderlag *i sig* bör utgöra en grund för att välja bort alternativa metoder. För ett hållbart metodval är det enligt SKIs mening nödvändigt att rimligt omfattande insatser görs för att belysa och jämföra olika alternativ samt att tydligt dokumentera överväganden och beslut. När olika alternativ värderas skall självfallet befintligt kunskapsunderlag utnyttjas för förståelse och bedömningar. Samtidigt skall brister beträffande nödvändig kunskap kartläggas. Det är också nödvändigt att bedöma hur den kunskap som saknas skulle kunna tas fram - om den går att ta fram - och med vilka insatser.

Extremt höga krav på oåtkomlighet med hänsyn till safeguardspekter är knappast rimliga med hänsyn till de alternativa vägar som alltid står till buds att ta fram klyvbart material. SKI har dock vare sig i FUD-programmet eller i PASS funnit någon närmare jämförelse mellan de olika metoderna vad beträffar återtagbarhet. SKI vill vidare fästa uppmärksamheten på att det inte alls är säkert att djupa borrhål skulle försvåra

återtagande, vilket vissa remissinstanser påstår. Uttalanden i underlagsrapporterna Olsson och Sandstedt (1992, avsnitt 10) samt Pusch och Börgesson (1992, avsnitt 2.2.1.4) pekar istället på att kapslar som deponerats i djupa borrhål kan vara *minst* svåra att återta. Frågan bör belysas ytterligare av SKB.

SKI menar att SKB bör fortsätta med vissa insatser med djupa borrhål. Syftet med dessa skulle främst vara att *värdera möjligheterna till* att fylla viktiga kunskapsluckor. Först därefter blir det möjligt att fullt ut bedöma om alternativet skall avföras från mer omfattande studier.

Val av huvudalternativ

De element i SKBs huvudalternativ som SKI funnit vara av särskilt intresse är det borrhåle deponeringshålet i KBS-3 samt den kapselstorlek som ingår i KBS-3. SKI finner det således rimligt att KBS-3 utformningen utgör huvudalternativ och referenssystem i det fortsatta utvecklingsarbetet. Detta ställningstagande innebär dock inte att SKI accepterar att detaljutformningen låses för tidigt och utan en väl genomarbetad och samlad överblick över de relevanta säkerhets- och strålskyddsfrågorna. Detta innebär att SKB behöver gå vidare med bl.a. praktiska prov av inkapslingsteknik men också genomföra en ingående och omfattande säkerhetsanalys av hela slutförvarssystemet som ger en helhetsbild av vilka tekniska krav som bör ställas på olika komponenter och hur dessa krav bör avvägas mot varandra.

3.4 DETALJERAD UTFORMNING AV KBS-3 METODEN

3.4.1 Förvarsutformningen

Av FUD-programmet kapitel 6 samt FoU-rapporten kapitel 11 framgår att SKB nu vill gå vidare med KBS-3-alternativet för den detaljerade förvarsutformningen. SKI vill här ta upp några övergripande frågor. Övriga synpunkter redovisas främst i avsnitt 5.7 i SKIs granskning.

En övergripande fråga för vilken SKI inte heller funnit någon närmare redogörelse i SKBs FUD-program gäller förvarsdjupet. Denna fråga diskuteras ytterligare i avsnittet om geovetenskap (Se avsnitt 7.5).

Det borrhåle deponeringshålet förefaller att kunna ge en möjlighet att finna acceptabla egenskaperna hos närområdet i berget genom att bergets egenskaper kring det borrhålet borde kunna gå att bestämma på ett tillförlitligt sätt. Detta är dock ännu inte visat och slutsatsen behöver verifieras bl.a. genom undersökningar i t.ex. Äspölaboratoriet.

Traditionellt har borrhåll och sprängning använts för tunneldrivning och det är också den teknik som sedan programmets början ingått i KBS-3-metoden. En viktig fördel med borrhåll och sprängning ligger i att metoden är mycket flexibel och exempelvis medger att rikningen hos en tunnel kan varieras utan nämnvärda restriktioner. En nackdel kan vara att metoden ger upphov till sprängskador i bergytan (störd zon).

På senare tid har tunneldrivning genom borrhning med stora maskiner kommit till användning, och det är tänkbart att denna teknik kan komma att bli dominerande i framtiden. Fullortsborrning kan erbjuda fördelar genom att tunneln får en cirkulär tvärsnittsarea med mycket små avvikelser och att bergytan blir relativt opåverkad. En nackdel med metoden kan vara att den minsta möjliga krökningsradien hos tunneln kan vara relativt stor.

I PASS 4.2 har SKB för KBS-3-alternativet tänkt sig fullortsborrning för nedfartstunnlar och borrhning/sprängning för deponeringstunnlar. SKB har emellertid inte tydligt redovisat vilken betydelse valet av tunneldrivningsteknik har för förvarets utformning och funktion i övrigt samt för förvarets säkerhet. Skillnaderna mellan sprängning och fullortsborrning kan tänkas innebära viktiga skillnader för såväl den översiktliga utformningen av slutförvaret (layout) som för hur bentonitbufferten appliceras. Bl.a. kan följande frågor ställas:

- Vilket värde för bl.a. säkerheten har skillnaden i potentiellt vattenledande sprickor i tunnelväggen?
- Vilket värde bl.a. för säkerheten har den lägre grad av vattenperkolation samt syreupptagning i berget som kan tänkas uppkomma till följd av den mindre uppkrossningen vid fullortsborrning? (Syreupptagning under driftsskedet kan tänkas påverka redoxpotentialen och korrosionsmiljön för kapseln under förvarsskedet).
- Påverkas val av metod för återfyllnad med bentonit av val av metod för tunneldrivning? Kan man exempelvis tänka sig att fullortsborrning genom den bättre måttoleransen skulle kunna medge att bentonit som förkompakterats i fabrik används för återfyllnad av tunnlar?
- Påverkas förvarets översiktliga utformning (layout) av val av metod för tunneldrivning? Skulle fullortsborrning exempelvis kunna medge att förvarstunnlarna drivs i olika plan (t.ex. som en rangerbangård men med olika spår i olika plan)? Skulle detta kunna innebära några fördelar ur bergmekanisk synpunkt och/eller ur temperatursynpunkt?

SKB bör gå igenom dessa och liknande frågor innan det detaljerade systemvalet görs.

SKB går vare sig i sitt FUD-program 92 eller i PASS närmare in på teknik för förkompaktering av bentonitblock eller på teknik för kompaktering av bentonit in situ. SKI saknar en sådan redogörelse. Sannolikt behöver pulvret - vare sig det innehåller bentonitpulver eller bentonitpulver blandat med sand - förbehandlas innan det kompakteras. Med vilken metod skall detta ske? Vilka tillsatser skall användas? Skall pulvret vara torrt eller fuktat med vatten? Vilken metod skall användas för kompaktering av bentonitblock, (exempelvis enaxlig pressning eller isostatisk pressning)? Vilken metod skall användas för kompaktering av bentonit in situ? Hur skall den önskvärda homogeniteten och densiteten erhållas? SKB bör närmare utreda dessa och liknande frågor. (Bentonit-hantering och tunneldrivning diskuteras även i kapitel 5, djupförvaring av använt kärnbränsle).

3.4.2 Kapseln

Det svenska programmet är internationellt sett unikt genom att det har en kapsel vars funktion skall bibehållas under mycket lång tid. Ett undantag härvidlag är det finska programmet som är mycket likt det svenska. SKI stöder SKBs strategi att satsa på en långlivskapsel.

SKBs slutsatser från PASS-studien

SKBs starka tilltro till kapselns förmåga att innehålla radionuklider under mycket lång tid har bland annat kommit till uttryck i den av SKB nyligen publicerade säkerhetsanalysen SKB 91. Även i SKBs FUD-program 92 (särskilt i FoU-Programmet, kapitel 4) redovisar SKB resultat och slutsatser som pekar på en mekanisk och kemisk stabilitet i närområdet under mycket lång tid.

I PASS konstaterar SKB att den hetisostatpressade kopparkapseln, koppar/bly kapseln och koppar/stål kapseln tillgodoser mycket höga säkerhetskrav vad gäller bl.a. korrosion. Den skillnad som finns gäller funktionen i samband med defekter. Alternativen bedöms dock likvärdiga, eftersom sannolikheten för en genomgående defekt bedöms som mycket liten. Man förmodar emellertid att bly erbjuder ett lika gott korrosionsskydd som koppar.

Funktionen hos det partikulära fyllnadsmaterialet i koppar/stål kapseln förefaller mera oklar. SKB har inte heller närmare preciserat den kemiska och fysikaliska form som det eventuella partikulära fyllnadsmaterialet till koppar/stål kapseln skall ha. SKB anger i FoU-rapporten att materialet antingen kan vara relativt inert eller kan vara kemiskt eller kärnfysikaliskt aktivt. Ytterligare studier planeras innan SKB fastställer om fast fyllnadsmaterial skall användas och i så fall vilket.

Ur mekanisk synpunkt bedöms koppar/stål kapseln vara det mest fördelaktiga alternativet (PASS).

Ur processteknisk synpunkt bedöms koppar/stålkapseln vara mest fördelaktig (PASS 5.3.5) eftersom den varken fordrar blygjutning (som koppar/bly kapseln) eller höga tryck och temperaturer (som den hetisostatpressade kapseln) i den strålskärmade cellen.

SKB drar slutsatsen att koppar/stål kapseln är referensalternativ med koppar/bly kapseln som reservalternativ (FUD 6.5.3).

Remissinstansernas synpunkter

ABB Atom framför att ett antal olika kapselalternativ nämns i SKBs FUD-program 92 samt att även en hetisostatpressad (HIP) kopparkapsel undersökts i ett tidigare stadium. Den finns refererad i det detaljerade FoU-programmet, men nämns inte i huvudrapporten. ABB Atom anser att HIP-metoden för att framställa kapseln åter bör studeras, eftersom den ger en synnerligen god inkapsling av bränslet. ABB Atom menar också att man bör undersöka metodens tillämpning för andra kapselalternativ t.ex. vid

applicering och förslutning av kopparskiktet på kompositkapseln, om man därigenom kan erhålla ett skikt som ansluter till stålet utan glapp, men också utan störande inbyggda spänningar.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) påpekar att det är typiskt för den säkerhetskultur som präglar kärnteknisk verksamhet i allmänhet, att säkerheten bygger på ett antal av varandra oberoende barriärer. Genom detta kan man säkerställa att omgivningen inte kommer i kontakt med de radioaktiva restprodukter som alstras vid produktion av kärnenergi.

KTH konstaterar att samma filosofi används för den blyfyllda kopparkapseln. För denna är barriärerna utifrån räknat bentoniten, kopparn, blyet, zirkaloykapslingen och till slut uranoxiden med sin mycket låga upplösningshastighet. Man finner att kompositkapseln i någon mån är ett brott mot denna filosofi. Visserligen ger stålet kapseln en något högre mekanisk integritet, men högskolan frågar sig vad som händer om det trots allt blir en defekt i kopparkapseln och om det då inte finns en risk för att en galvanisk korrosionsprocess startar, där stålet fungerar som en offeranod för kopparn. Om det i samband därmed bildas voluminösa korrosionsprodukter av stålet, kan detta, menar högskolan, bidra till att defekten i kopparn vidgas varigenom processen kan komma att påskyndas. KTH menar att denna fråga är otillräckligt utredd - men den finns dock med i femårsprogrammet - och understryker vikten av att den blir ordentligt belyst.

KTH framhåller att inte bara de rena korrosionsfrågorna utan också de säkerhetsfilosofiska aspekterna på problemet bör studeras. Man måste här bland annat väga de processtekniska problemen med blyfyllning mot den minskade säkerhet, som kompositkapseln troligen ger. KTH drar slutsatsen att det är för tidigt att nu anse, att kompositkapseln är ett förstahandsalternativ till kopparkapseln. Planerade demonstrationer av tillverkning och utveckling av tillverkningsprocesser respektive metoder för tillverkningskontroll bör sålunda inriktas så att de i lika mån tillgodoser behovet för kompositkapsel och kopparkapsel.

Stockholms universitet konstaterar att om stålet i koppar/stålkapseln av någon anledning kommer i kontakt med grundvatten i den omgivande bentoniten kommer det att korroderas relativt fort.

Naturvetenskapliga forskningsrådet noterar att alternativet koppar/stål (kompositkapsel) valts som huvudalternativ vid det fortsatta utvecklingsarbetet. Rådet finner att det sannolikt är klokt att koncentrera insatserna på ett alternativ, och att valet av koppar som korrosionsresistent yttre barriär med stål som mekaniskt bärande stöd förefaller väl underbyggt.

Strålskyddsinstitutet undrar om det förändrade kapselkonceptet (kompositkapseln) som SKB presenterar i FUD-programmet innebär att SKB minskar sin ambition att isolera bränslet från biosfären. Strålskyddsinstitutet framhåller stora osäkerheter vad gäller den nya kapselns integritet, t.ex. hur kapseln påverkas av eventuellt utfyllnadsmedel, kapselmaterialets olika expansion vid temperaturförändringar och korrosionsförlopp till följd av skada på den omgivande kopparkapseln.

Lunds universitet konstaterar att det diskuteras att fylla kapseln med inert eller kemiskt aktivt material för att minska det fria utrymmet. Universitetet tror att ett kemiskt aktivt material, som kan binda radionuklider om en olycka skulle hända, vore den bästa lösningen. Även Naturvetenskapliga forskningsrådet anser att möjligheten att fylla kapselns "tomrum" med lämplig substans bör utvärderas (t.ex. inert gas, pH-buffert, kemisorbent etc).

Folkkampanjen noterar att SKBs tidigare säkerhetsanalyser baserats på en koppar/bly kapsel. När SKB nu byter kapselutformning är det inte längre säkert att de gamla slutsatserna är riktiga.

SKIs bedömning

De kapselkonstruktionsstudier och temperaturberäkningar som SKB gjort pekar på att inga särskilda fördelar - men väl nackdelar - kan erhållas med kapslar som är väsentligt större än i KBS-3 konceptet. På grund av den begränsning som SKB har beträffande yttemperatur kan de stora kapslarna inte fyllas helt med bränsleelement. En följd av detta är bl.a. att mängden koppar per bränsleelement blir högre för de större kapslarna än för de mindre.

Kapselvolymen skulle kunna utnyttjas mer effektivt - jämfört med kapslar av KBS-3 storlek - om bränslet konsolideras, d.v.s. om bränslestavarna skiljs från övriga delar av bränsleelementen och tätpackas. SKB har studerat denna möjlighet för de mindre kapslar som är tänkta att användas i djupa borrhål (Juhlin och Sandstedt, 1989, avsnitt 7.2.6). Den högre värmeutvecklingen i kombination med den högre temperaturen hos berget ger emellertid upphov till en oönskad hög yttemperatur. En annan nackdel med metoden är att konsolideringen innebär ytterligare cellhantering av det använda bränslet. Det förefaller emellertid som om det ur yttemperatursynpunkt skulle kunna vara fördelaktigare att deponera kapslar (av den mindre storlek som är tänkt för djupa borrhål) innehållande konsoliderat bränsle i ett KBS-3-liknande förvar (där bergets temperatur är väsentligt lägre). SKB uppmanas därför undersöka denna möjlighet.

SKI konstaterar att SKB tycks ha bestämt sig för koppar som kapselmaterial. Vare sig de planerade systemstudierna eller alternativstudierna innehåller några insatser avseende alternativa kapselmaterial. SKI frågar sig emellertid om det verkligen är lämpligt att redan nu helt och hållet satsa på koppar eller om det kan finnas något ännu bättre alternativ. Då det inte kan uteslutas att det fortsatta arbetet kan komma att visa att koppar kan ha mindre gynnsamma egenskaper än vad SKB hittills haft anledning att räkna med - det handlar ju om ett pågående utvecklingsarbete - innebär frånvaron av alternativmaterial en ökad sårbarhet för SKB. SKB bör därför överväga om ett alternativt kapselmaterial bör ingå i programmet för systemstudier och alternativa metoder.

SKI bedömer - liksom SKB - att het isostatpressning av koppar tillsammans med använt bränsle i en strålskärmd cell innebär avsevärda processtekniska nackdelar. SKI frågar sig emellertid samtidigt om SKB beaktat möjligheten av att tillverka kopparkapslar med het isostatisk teknik innan bränslet placeras i kapslarna. Het isostatisk pressning liksom den av SKB studerade metoden med valsning och svetsning innebär fördelar och nackdelar. En intressant egenskap hos het isostatisk pressning förefaller vara att processen

kan styras så att en mycket liten kornstorlek erhålles hos godset. Detta kan vara gynnsamt ur säkerhetssynpunkt om det innebär att ultraljudsundersökningar av svetsfogen avsevärt underlättas.

SKI har låtit utreda vilka problem kringgjutning med bly eller liknande metall kan innebära (Hultgren, 1993). Härvid har framkommit att om blyet legeras på lämpligt sätt förefaller gjutningen kunna ske vid avsevärt lägre temperatur. Vidare kanske det inte är nödvändigt att metallen tillförs kapseln i smält form. I en process, som utvecklats av Eurochemic för ingjutning av kulor av högaktivt glas från upparbetning, tillsätts blyet i form av partikulärt material som sedan smälts in situ i kapseln.

SKI - liksom SKB - finner det troligt att blyet i koppar/bly kapseln ger ett avsevärt korrosionsskydd för den händelse att kopparkapseln skulle vara skadad. SKI menar också att det är värdefullt med ett flerbarriärsystem och att blyet sannolikt bidrar till ett sådant. SKI befarar att korrosionen av järnkapseln i en koppar/stål kapsel kan gå förhållandevis snabbt om kopparkapseln skulle vara skadad. De små initiala kapsel-skador SKB räknade med i SKB 91 skulle därmed snart kunna förvärras. Detta begränsar användbarheten av SKB-91. SKI vill också framhålla att fyllnadsmaterialet inte negativt får inverka på det använda bränslets eller övriga komponenter i närområdets möjligheter att hålla kvar radionuklider.

SKI vill nämna ytterligare några frågor som behöver beaktas i SKBs fortsatta arbete med det detaljerade valet av kapselutformning:

- Vilka scenarier för framtida händelser i ett slutförvar och vilka "krav" på framtida funktion är dimensionerande för kapseln?
- Hur kan kapselns egenskaper och funktion över långa tider förutses?
- Hur kan kvalitetssäkring ske?
- Vilka alternativa kapselutformningar kan komma i fråga? (T.ex. koppar-järn-bly, koppar-bly-järn, koppar-koppar-annat, titan-koppar-annat)
- Vilken betydelse har kapselväggens tjocklek för tillverkning, säkerhet och kostnad? (Det är t.ex. inte utan vidare givet att en kapsel med en tjockare vägg håller längre.)
- Vilken skyddsfunktion och vilken redundant skyddsfunktion (multibarriärsprincipen) kan erhållas genom kringgjutning med bly eller liknande material? Vilka andra liknande material kan komma i fråga?
- Hur skall kopparkapseln respektive stålkapseln dimensioneras i förhållande till varandra. Hur skall "dockningen" gå till? Hur kommer de att påverka varandra mekaniskt, eller med andra ord när glider de i förhållande till varandra och när uppstår friktion?
- Hur förhåller sig olika typer av kapslar med avseende på risken för initial kapsel-skada?

SKIs syfte med att ovan diskutera vissa alternativa förfaringssätt inte är att ange metoder som skulle vara "bättre" än de som SKB själva har föreslagit. Syftet är i stället att ge exempel på typer av frågeställningar som behöver bearbetas av SKB inför ett slutligt val av den detaljerade kapselutformningen.

3.5 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

SKB redovisar olika *alternativa* metoder för behandling och slutförvaring av använt bränsle som studeras, eller har studerats i världen. SKB redovisar även olika *system* för huvudalternativet geologisk djupförvaring av inkapslat använt kärnbränsle. Slutligen diskuteras varianter på den mer *detaljerade* systemutformningen av KBS-3 alternativet.

SKI accepterar huvuddragen i SKBs planer för att studera olika alternativ och systemutformningar. Miljökonsekvensbeskrivningen, som kommer att ingå i en ansökan om att uppföra en inkapslingsstation och i en ansökan att bygga ett djupförvar, måste redovisa alternativ för att motivera den sökta metoden. För att på ett trovärdigt sätt kunna avvisa ett alternativ krävs dock, att SKB kan visa antingen att alternativet är mindre lämpligt än det valda huvudalternativet eller att de resurser som erfordras för att utreda lämpligheten hos ett alternativ är orimligt höga i förhållande till den förväntade nyttan. Det bör även uppmärksammas att bindning till en viss metod inte bör ske förrän de säkerhets- och strålskyddsproblem som föreligger kan överblickas. Samtidigt är det inte rimligt att under lång tid parallellt bedriva omfattande teknisk utveckling av alternativa metoder. SKI inser därför att det är nödvändigt att programmet alltmer inriktas mot *en* metod och *en* systemutformning.

SKB bör närmare redovisa hur förlängd våtlagring och/eller torrlagring kan tänkas ske. Det är, å andra sidan, väsentligt att tiden för deponering i slutförvar som inte kräver övervakning inte skjuts alltför långt in i framtiden med hänsyn till osäkerheter om det framtida samhällets stabilitet och betalningsförmåga. Ett ytnära förvar kan, enligt SKIs mening, inte vara en slutlig lösning för förvaring av använt bränsle. SKI menar också att SKB även vidare bör följa den internationella utvecklingen samt bedriva vissa kompletterande studier av alternativa metoder för att kontinuerligt bevaka om något alternativ motiverar mera detaljerade studier.

SKB har i PASS-studien jämfört säkerhet, teknik och ekonomi hos några av de mest lovande systemen. SKB har härvid, enligt SKIs mening, kommit ett gott stycke närmare sitt systemval. Flera av SKBs underlagsrapporter till PASS har emellertid kommit SKI tillhanda i ett sent skede av granskningen, varför SKIs synpunkter kan komma att kompletteras och modifieras efter en noggrannare genomgång.

En rad skäl, varav de flesta är säkerhetsrelaterade, talar för att djupa borrhål inte behöver studeras vidare som ett sammanhållet system. Det föreligger emellertid en oklarhet kring vilka insatser som skulle behöva göras för att få fram erforderlig kunskap kring bergets funktion, deponeringsteknik, m.m. SKB bör göra en sådan värdering innan djupa borrhål eventuellt kan avföras från mer omfattande studier.

De element i SKB huvudalternativ som SKI funnit vara av särskilt intresse är det borrhålets deponeringshål i KBS-3 samt den kapselstorlek som ingår i KBS-3. SKI finner

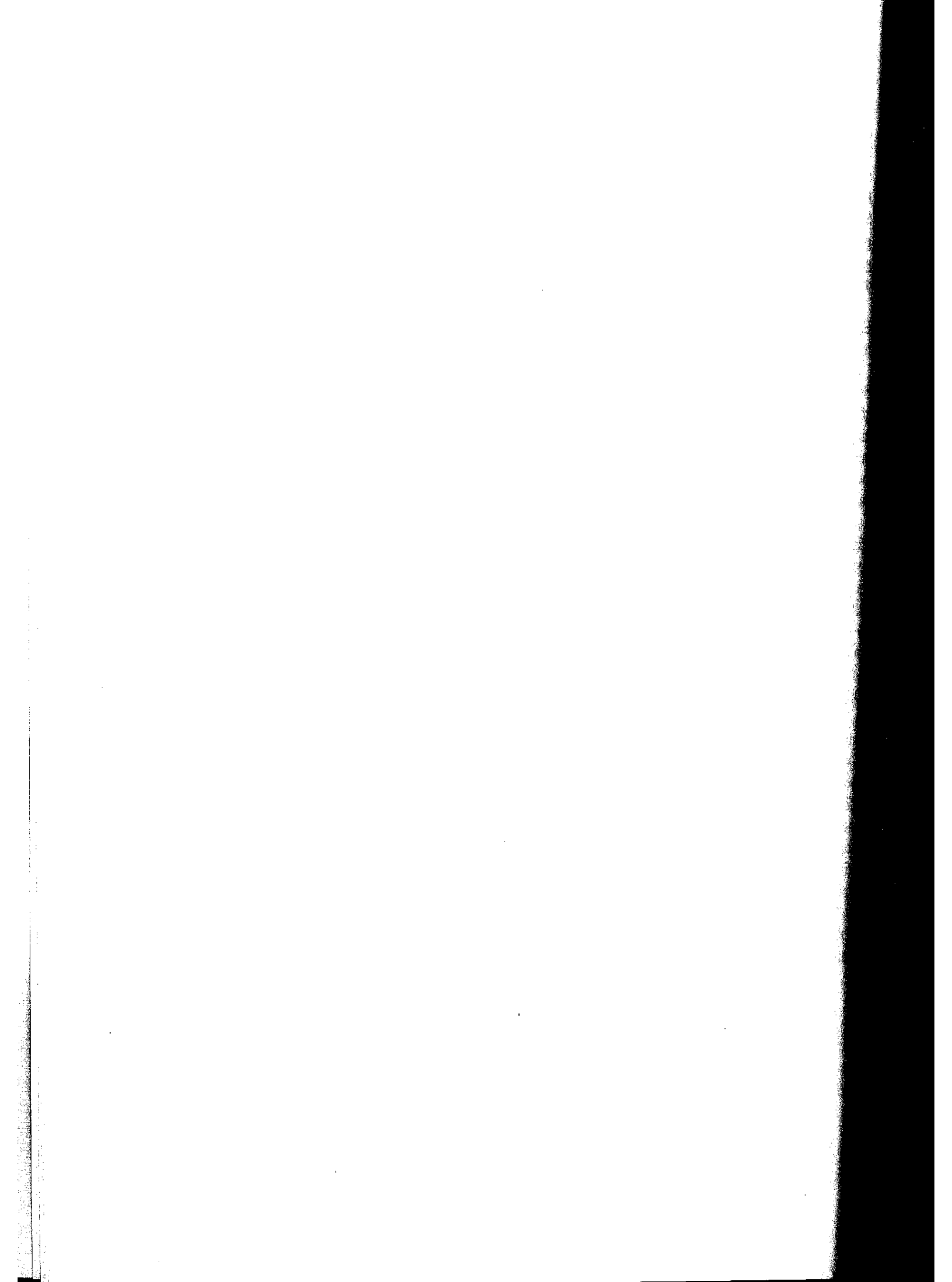
det således rimligt att KBS-3 utformningen utgör huvudalternativ och referenssystem i det fortsatta utvecklingsarbetet. Detta ställningstagande innebära dock inte att SKI accepterar att detaljutformningen låses för tidigt och utan en väl genomarbetad och samlad överblick över de relevanta säkerhets- och strålskyddsfrågorna. Detta innebär att SKB behöver gå vidare med bl.a. praktiska prov av inkapslingsteknik men också genomföra en ingående och omfattande säkerhetsanalys av hela slutförvarssystemet som ger en helhetsbild av vilka tekniska krav som bör ställas på olika komponenter och hur dessa krav bör avvägas mot varandra.

En viss sårbarhet föreligger i programmet genom att SKB ej har identifierat något reservalternativ till koppar som kapselmateriäl.

Beträffande den detaljerade utformningen av djupförvaret konstaterar SKI att SKB inte gör någon närmare analys av om deponeringstunnlarna skall drivas med hjälp av sprängning eller med borming. Inte heller går SKB närmare in på förbehandling av bentonitpulver eller applicering av bentonitbufferten. De lösningar som SKB väljer för drivning av tunnlar samt för applicering av buffert torde emellertid, enligt SKIs mening, kunna ha stor betydelse för säkerhet, teknik och ekonomi.

Vissa alternativa möjligheter till den detaljerade utformningen av kapseln har inte tagits upp i SKBs kapselstudier. Som exempel kan nämnas kringgjutning runt bränslet med legeringar innehållande bly, smältning av kringgjutningsmetall in situ och tillverkning av kapslar med HIP-teknik (HIP = Het Isostatisk Pressning). Inte heller förefaller SKB ha några detaljerade planer beträffande kemisk och fysikalisk form samt tilltänkt funktion hos den partikulära fyllnadsmaterialet i koppar/stål kapseln. SKI saknar också en närmare värdering av betydelsen av kopparväggens tjocklek, blyets korrosionsskydd, möjligheterna till friktion mellan stål- och kopparkapseln m.m.

Ovan nämnda exempel indikerar att SKB ännu inte kan anses ha studerat alternativa utformningar och metoder i tillräcklig detalj och utsträckning för att göra ett hållbart systemval - i vart fall inte det detaljerade valet. SKB rekommenderas därför att - innan alltför stor bindning sker till viss metod - utföra studier liknande PASS för utformningen av djupförvaret och för valet av kapsel. Dessa insatser har stor betydelse för andra aktiviteter i programmet. Det är en viktig utgångspunkt för utveckling av teknik för tillverkning och förslutning av kapslar att de konstruktionstekniska förutsättningarna är väl klarlagda. Vidare behöver förvarets och kapslarnas utformning preciseras närmare för att möjliggöra analyser av säkerheten. Även för de försök som planeras utföras i Äspölaboratoriet - särskilt långtidförsök - behövs i många fall detaljerat underlag beträffande systemets utformning.



4 KAPSELTILLVERKNING OCH INKAPSLING

4.1 INLEDNING

Enligt den av SKB redovisade planen för demonstrationsdeponering skall en anläggning för inkapsling av använt bränsle tas i drift tidigast år 2007. Mot bakgrund av att SKB redan lagrar det använda bränslet vid CLAB finns det enligt SKBs bedömning fördelar med att uppföra inkapslingsstationen som en utbyggnad till CLAB.

SKBs studier av inkapslingsstationen och anknytande frågor skall enligt planerna drivas med målsättningen att SKB i slutet av 1996 skall lämna in ansökan enligt kärntekniklagen och naturresurslagen om tillstånd att uppföra anläggningen.

SKI har i SKBs FUD-program 92 inte funnit någon uppgift om inkapslingsstationens kapacitet eller kostnad. På förfrågan från SKI har SKB dock uppgivit att anläggningen planeras för en kapacitet som är tillräcklig för att inkapsla allt använt bränsle från det svenska kärnkraftsprogrammet. Anläggningen byggs således i full skala från början och är således inte någon demonstrationsanläggning vad gäller kapaciteten. En trolig kostnad för att uppföra inkapslingsanläggningen kan vara 2-3 miljarder kronor.

I SKBs planer för inkapslingsanläggningen förefaller inte ingå tillverkning av själva kapslarna. I SKBs redovisning har SKI heller inte funnit något omnämnande om vilken eller vilka anläggningar SKB planerar att utnyttja för detta ändamål.

Som framgår av FUD 6.5.3 har SKB med stöd av slutsatserna från PASS valt den kopparklädda stål kapseln som referenskapsel. Mot bakgrund av att SKB ser kapseln som en för den långsiktiga säkerheten vital teknisk barriär ingår även fortsatta insatser på ett reservalternativ, nämligen koppar/bly kapseln.

Som framgår av kapitel 3 tillstyrker SKI till väsentliga delar en inriktning mot kapslar av den storlek som ingår i KBS-3 konceptet och som innehåller koppar eller kombinationer av koppar och andra material. SKI vill samtidigt framhålla att en viktig utgångspunkt för utveckling av teknik för tillverkning och förslutning av kapslar är att de konstruktionstekniska förutsättningarna är väl klarlagda och rekommenderar SKB att snarast söka ta fram det ytterligare underlag som kan erfordras för det detaljerade valet av kapselutformning.

4.2 KAPSELTILLVERKNING

SKB framför i FUD 8.2 att det finns flera olika alternativ för tillverkning av kopparkapseln. De mest lovande metoderna anges vara varmpressning av ett kopparämne till antingen ett kopparrör eller en kapsel, eller valsning och fogning av kopparplåt med längsgående svets.

SKB ger i sitt FUD-program 92 ingen närmare beskrivning av dessa metoder. Inte heller beskriver SKB vilka ytterligare metoder som står till buds. Sådana beskrivningar återfinns emellertid i några av underlagsrapporterna till PASS, i första hand Rajainmäki

m.fl., 1991 samt, vad gäller varmisostatpressning (HIP), t.ex. Ekbohm och Bogegård, 1989.

I Rajainmäki et al., 1991 beskrivs ett antal metoder vilka jämförs kvalitativt med avseende på teknik, kvalitet och kostnader. För de metoder som befunnits vara särskilt intressanta, extrusion och valsning/fogning, görs även jämförande kvantitativa kostnadsuppskattningar.

Av rapporten framgår att flera av metoderna förefaller möjliga att tillämpa men den pekar samtidigt på ett antal frågor som fordrar mer eller mindre utvecklingsarbete. Exempelvis är det oklart om det i världen i dag finns någon anläggning, som är lämplig för att med någon av de metoder som diskuteras tillverka dessa stora kapslar.

ABB Atom pekar i sitt remissvar på möjligheterna till att utnyttja het isostatisk pressning (HIP). ABB Atom anser att HIP-metoden för att framställa kapseln åter bör tas upp till studium, då den ger en synnerligen god inkapsling av bränslet. Företaget menar också att SKB även bör undersöka metodens tillämpning för andra kapselalternativ t.ex. vid applicering och förslutning av kopparskiktet på kompositkapseln, om man därigenom kan erhålla ett skikt som ansluter till stålet utan glapp, men också utan störande inbyggda spänningar.

SKI bedömer att det skulle vara värdefullt om SKB undersökte HIP-metodens möjligheter till tillämpning för exempelvis kompositkapseln. Av diskussionen i avsnitt 3.2.4 framgår att det också kunde vara av intresse att utvärdera om metoden kan användas för att tillverka kapslar innan de förses med sitt innehåll av använt bränsle.

SKI konstaterar vidare att tillverkningen av en avfallskapsel med lämpliga och kvalitets-säkrade egenskaper sannolikt kommer att innebära att ett antal för tillverkningen och inkapslingen väsentliga aspekter behöver beaktas. Detta kommer sannolikt även att innebära att avväganden behöver göras mellan olika önskade egenskaper, dvs. kompromisser. För detta erfordras en medvetenhet om vilka krav och önskemål som föreligger beträffande kapselns funktion, en förståelse av aktuella tillverkningsprocesser samt en kunskap om vilka egenskaper som kan verifieras.

SKB uppmanas beakta följande frågor i samband med val och utformning av tillverkningsmetod:

- täthet hos svetsfogen
- tillräckligt liten kornstorlek som medger kontroll av svetsen med hjälp av ultraljudsteknik (kornstorleken varierar kraftigt med tillverkningsmetoden)
- lämpliga lokala egenskaper i och i närheten av skarvar i materialet (t.ex. svetsförband)
- tillräcklig beständighet mot kryp under lång tid
- acceptabel nivå hos restspänningar

- beständighet mot spänningskorrosion i slutförvarsmiljö
- val av (mikro)legeringsämnen
- dimensionering/mechanisk hållfasthet hos kapseln gentemot yttre tryck
- deformationsegenskaper/mechanisk hållfasthet hos kapseln i samband med berg-rörelser
- tillverkningsdefekter, frekvens m.m.
- karaktärisering av materialtekniska förhållanden i kapseln (mikrostrukturens stabilitet m.m.)
- bearbetningsbarhet hos kapselmaterialet (går det att avverka till sin slutdimension?)
- kan tillräckligt stora göt gjutas, tillräckligt stora ämnen valsas eller extruderas eller tillräckligt stora pulverämnen ("grönkoppar") varmisostatpressas?

Det förefaller sannolikt att tillverkningen av kapslarna kommer att kräva ett avsevärt engagemang från SKBs sida - även om SKB inte själva skulle äga eller driva produktionsanläggningen.

I sitt yttrande till regeringen över SKBs FoU-program 89 framförde SKN "Nämnden rekommenderar särskilt att SKB snarast startar konstruktions- och tillverkningsstudier av ... kapslar ... innehållande koppar och kombinationer av koppar och andra material".

SKI konstaterar att denna uppmaning fortfarande har aktualitet och rekommenderar SKB att med stor tyngd driva sina konstruktions- och tillverkningsstudier vidare.

4.3 SVETSTEKNIK

Svetsteknik kan utnyttjas såväl för kapseltillverkning som för förslutning av kapseln i inkapslingsanläggningen. Bland tillverkningsmetoderna kommer svetsning i första hand i fråga för metoden valsning/fogning. Svetsning samt kontroll av resultatet är generellt sett svårare att åstadkomma för förslutning av kapseln än för hopfogning av övriga delar. Detta beror på de särskilda svårigheter som är förknippade med avslutandet av svetsen (varvid porer typiskt bildas) och kontrollen av resultatet (som vid förslutning enbart kan ske från utsidan).

SKB anger i FUD 8.2 att elektronstrålesvetsning är det mest intressanta alternativet, med friktionssvetsning som ett andrahandsalternativ. De senaste årens utvecklingsarbete för elektronstrålesvetsning har varit inriktat på att utveckla teknik för svetsning utan vakuum. Resultatet av pågående utvecklingsarbete kommer enligt SKB att vara avgörande för det slutliga valet av metod, som beräknas kunna ske omkring 1995. SKB anger att utvecklingen av svetsteknik kommer att prioriteras högt under perioden.

Chalmers tekniska högskola konstaterar att frågan rörande fogning av kapselkärlet till dess lock inte är löst. Man framför att SKB har lyckats identifiera problemställningen men att inga banbrytande framsteg tycks ha skett sedan remissbehandlingen av KBS-3. Chalmers noterar att SKB konstaterar, att elektronstrålesvetsning är den mest intressanta hopfogningsmetoden. Den var jämte hetisostatisk pressning huvudalternativet i KBS-3. SKB hänvisar nu till ett pågående EUREKA-projekt och har för avsikt att utföra provsvetsning av grova kopparsektioner. Fogningsmetoden skall väljas om två år. Detta förefaller, menar Chalmers, optimistiskt i överkant med tanke på den ringa insatsen som SKB haft under den senaste tioårsperioden. Chalmers drar sedan slutsatsen att det är troligt att SKB i dag är lyckligt okunniga om de tekniska och metallurgiska problem som måste lösas innan en tillfredsställande fog kan erhållas.

SKI delar SKBs uppfattning om att svetstekniken bör prioriteras högt. SKI har emellertid i SKBs FUD-program 92 inte funnit vare sig någon närmare beskrivning av vad som skall ingå i dessa utvecklingsarbeten eller någon referens som närmare beskriver resultaten av det arbete som hittills utförts. Då dessutom val av fogningsmetod planeras ske redan 1995 föreligger en klar risk att SKB kraftigt underskattat behovet av utvecklingsinsatser inom detta område.

4.4 TILLVERKNINGS- OCH PROCESSKONTROLL

SKB anger i FUD 8.2 att metodik för kontroll av förslutningssvetsen kommer att behöva utvecklas och räknar även med att det kan komma att ställas krav på såväl kopparmaterialets mikrostruktur som på utformning av svetsen. Bland annat är det viktigt att kornstorleken är tillräckligt liten för att inte förorsaka spridning och reflektion av ultraljudvågorna.

SKB anger vidare att ultraljudprovningstekniken behöver optimeras för koppar och för att detektera av sådana svetsdefekter som är typiska för elektronstrålesvetsning. Utvecklingsarbetet kommer även att inriktas på att utvärdera potentialen hos röntgen-tomografi för kontroll av förslutningssvetsen.

SKB framhåller i FoU 4.3.5 att utvecklingsarbetet avseende tillverkningskontroll prioriteras högt och att det utförs i nära samverkan med utvecklingen av svetstekniken.

Chalmers tekniska högskola pekar på att SKB i avsnitt 4.3 angivit att visst utvecklingsarbete eventuellt kommer att behöva utföras beträffande oförstörande provningsmetod för att prova svetsfogarna. Man framhåller att det självfallet är av största vikt att SKB genom provning kan kontrollera att förekommande defekter inte överstiger en viss på förhand accepterad storleksnivå. I KBS-3 framhöll SKB att ultraljudsprovning av tjockväggiga kopparrör är en alltför okänslig metod för att säkerställa ett defektfritt förband. I det nya programmet, fortsätter Chalmers, hänvisar SKB inte till någon alternativ metod eller möjlighet att förbättra existerande ultraljudprovningsteknik, förutom dator-tomografi.

SKI bedömer - liksom SKB - att utvecklingsarbetet avseende tillverkningskontroll bör prioriteras högt. SKI delar även de synpunkter som framförts av Chalmers tekniska högskola. SKB bör i förväg klargöra vad som kan anses vara en acceptabel storleksnivå

hos förekommande defekter och med utgångspunkt från denna sedan utveckla tillverknings- och provningsmetodik. Även inom detta område ser SKI en risk för att SKB underskattar behovet av insatser. Det är också angeläget att SKB redan under utvecklingsarbetet - och parallellt med detta - utvecklar metodik för kvalitetssäkring av kapseln.

4.5 INKAPSLING

De processer i inkapslingsanläggningen som i första hand fordrar utvecklingsinsatser är förslutning av kapseln samt fyllning med partikulärt material, alternativt kringgjutning med bly.

SKB anför i FUD 8.2 att det av olika skäl kan visa sig önskvärt att minska tomvolymen i kapseln genom efterfyllning med ett partikulärt material. SKB anger att kraven i samband med kriticitetsanalyser eventuellt kan minskas om ett neutronabsorberande material används. SKB anger i FUD 8.2 att ett visst utvecklingsarbete planeras beträffande teknik och metodik för blyfyllning.

SKI ser det som angeläget att SKB bearbetar frågan om kriticitet så att ingen tvekan skall behöva råda beträffande kriticitetssäkerheten i djupförvaret.

SKI anser - liksom Lunds universitetet och Naturvetenskapliga forskningsrådet - att det kunde vara värdefullt om SKB hittade ett partikulärt material med sådan sammansättning att det kunde bidra till kvarhållningen av radionuklider i kapseln. En förutsättning för att utnyttja ett sådant material är emellertid enligt SKIs mening att inga väsentliga nackdelar kan identifieras.

SKI vill vidare hänvisa till avsnitt 3.2.4 där frågan om alternativ metodik för blyfyllning diskuteras. SKB bör beakta de möjligheter som kan finnas till smältning av partikulärt material in situ samt möjligheterna till att utnyttja legeringar med gynnsammare egenskaper än rent bly (lägre smältpunkt, högre neutrontvärsnitt, lägre krympning vid stelning, högre hållfasthet m.m.).

4.6 UTFORMNING AV INKAPSLINGSANLÄGGNINGEN

Utformningen av inkapslingsanläggningen utgår enligt FUD 8.1 från koppar-stål kapseln men skall samtidigt göras så flexibel att en övergång till andra kapselalternativ möjliggörs.

I FUD-program 92 ingår inte någon närmare redogörelse över utformningen av inkapslingsanläggningen. SKI har emellertid haft tillfälle att närmare ta del av SKBs pågående arbete samt planer och ritningsmaterial.

SKI har inga invändningar mot de åtgärder och planer som SKB redovisat beträffande inkapslingsanläggningen. SKI vill dock rekommendera att SKB systematiskt går igenom olika tänkbara kopplingar mellan hanteringen i inkapslingsstationen och funktionen av kapseln i slutförvaret. Ett exempel på en sådan tänkbar koppling är eventuell påverkan

på kopparkapselns ytskikt (oxidfilm på ytan) i samband med mellanlagringen i inkapslingsstationen av fyllida och heta kapslar. Ett annat exempel kan vara om hanteringen kan ge upphov till små mekaniska "skador" i ytskiktet på kopparn vilka senare i slutförvaret kan tänkas bli startpunkter för lokal korrosion.

4.7 LOKALISERING AV INKAPSLINGSANLÄGGNINGEN

SKB anger i FUD 8.1 att med hänsyn till att det använda bränslet redan lagras i CLAB finns det klara fördelar med att utföra inkapslingsstationen som en utbyggnad av CLAB. Utöver transport- och hanteringsskäl är det enligt SKB främst tillgången till kompetenta resurser vid Oskarshamnsverket och på CLAB, samt tillgänglig infrastruktur som klart talar för att denna lokalisering är lämpligast.

SKI inser att lokalisering till CLAB erbjuder fördelar. SKI konstaterar att lokaliseringen ändå måste prövas enligt NRL och KTL och att en miljökonsekvensbeskrivning, MKB, måste upprättas. Tyngdpunkten i MKBn bör vara på frågor relaterade till om kapslar av tillräcklig kvalitet kan tillverkas samt till säkerhet under drift. MKBn måste ta upp alternativa lokaliseringar (platser) samt ett nollalternativ. Det bör observeras att ett ställningstagande till inkapslingsanläggning innebär att konstruktionsförutsättningarna för kapseln fastläggs och därmed de krav som behöver ställas på en slutförvaringsplats. Lokalisering och utformning av inkapslingsanläggningen kan knappast tillstyrkas om inte de tillverkade kapslarna bedöms kunna deponeras i ett djupförvar. (Se också diskussion om MKB i avsnitt 5.4).

4.8 TIDSPLANER

Utgångspunkten för SKBs tidsplanering av kapseltillverkning och inkapsling är att en anläggning för inkapsling behöver tas i aktiv drift ca 2007 (FUD 8.1). Studierna av inkapslingsstationen med därtill hörande frågor skall enligt planerna drivas med målsättningen att i slutet av 1996 lämna in en ansökan om tillstånd att uppföra anläggningen. SKB planerar därför att snarast påbörja detaljerade systemstudier och projektering av denna anläggning.

I FUD 8.6 anger SKB vidare att som underlag för projekteringen av inkapslingsstationen skall kapselutvecklingen drivas så att kapselutformning och tillverkningsteknik slutgiltigt har valts under perioden 1993-98, samt att tillverkningsprov i full skala har genomförts. Vidare skall studier av svetsteknik för förslutning av kapseln avslutas och prov i full skala samt utveckling av kontrollmetod genomföras.

Enligt SKBs tidsplan för inkapslingsstationen (FUD, figur 8.2) skall försök i laboratorie- och pilotskala avseende metod- och processutveckling pågå under åren 1993-95 varefter konstruktion och tillverkning av elektronstrålesvets m.m. skall pågå under åren 1996-97. Parallellt, under åren 1995-96 görs projektering och säkerhetsanalys av inkapslingsstationen. Ansökan om lokaliseringstillstånd och koncession skall enligt planerna inlämnas omkring årsskiftet 1996-97 varefter byggstart förväntas kunna ske omkring årsskiftet 1998-99.

SKB skriver också (i FUD 8.3.2) att för att kunna genomföra projekteringen krävs ett framgångsrikt avslutande av utvecklingsarbetet med elektronstrålesvetsning och med icke förstörande provning. Dessutom, menar SKB, behöver man bestämma om någon del av kapseltillverkningen skall ske vid inkapslingsstationen och i så fall med vilken metod.

I det ovan anförda materialet finner SKI ingen närmare analys av vilka resultat som behöver komma fram inom vissa delprojekt innan andra bör eller kan påbörjas. Sålunda frågar sig SKI vid vilken tidpunkt SKB behöver ha tillgång till den fullstora inkapslingsstationen. Många av de experiment som SKB planerar att göra avser inte radioaktivt material, utan kan sannolikt utföras i en experimenthall. Den färdigbyggda inkapslingsstationen innebär avsevärda kapitalkostnader, och SKB bör noga överväga att de uppkommer vid en optimal tidpunkt.

SKI frågar sig också vid vilken tidpunkt SKB bedömer att prototyper till fullstora kapslar bör finnas. När finns tillräckligt underlag framme för att de skall kunna tillverkas? Vilka och hur stora skillnader kan tolereras mellan prototypkapslarna och de som så småningom skall produceras? Hur skall kravspecifikationen se ut, och vilka funktionskrav behöver uppfyllas? Vilken långtidsprovning av kapslar förutser SKB behöver utföras innan deponering av kapslar innehållande använt bränsle skall ske?

SKI har intrycket av att själva inkapslingsstationen liknar sådana anläggningar som kraftindustrin driver, uppfört eller varit med om att uppföra. I konsekvens med detta kan SKB förväntas vara väl medvetna om vad som kan erfordras och därmed också ha realistiska Td.

När det gäller att utveckla teknik för tillverkning och förslutning av kapslar samt för kvalitetssäkring och verifiering av kapslarnas egenskaper förefaller däremot utvecklingsarbetet i högre grad avse nyutveckling och därmed också obeprövad teknik. Här kan det vara svårare att förutsäga såväl vilka metoder som kommer att visa sig vara bäst som att förutsäga tidpunkten för när resultaten föreligger. Mot denna bakgrund förefaller SKBs Td inte vara helt realistiska. Det fortsatta arbetet bör enligt SKIs mening styras såväl av faktiskt uppnådda resultat som av SKBs i förväg uppställda planer.

4.9 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

En viktig utgångspunkt för utveckling av teknik för tillverkning av kapslar är att de konstruktionstekniska förutsättningarna är väl kartlagda. SKB bör här således beakta betydelsen av täthet hos svetsfogen, kornstorlek, kryp, restspänningar, spänningskorrosion, (mikro)legeringsämnen, dimensionering, deformationsegenskaper, tillverkningsdefekter, bearbetbarhet m.m.

SKB pekar i sitt FUD-program 92 på främst två metoder för tillverkning av kapslar: extrusion och valsning/fogning. Dessa metoder kan inte utan vidare tillämpas för produktion av kapslar för använt bränsle eftersom det återstår ett antal frågor som fordrar mer eller mindre utvecklingsarbete. Exempelvis är det oklart om det i världen i dag finns någon anläggning som är lämplig för att med någon av de metoder, som SKB studerat, tillverka fullstora kapslar.

SKI saknar också i FUD-program 92 en analys av möjligheterna att tillämpa varmisostatisk pressning (HIP) för kompositkapseln eller för tillverkning av kapslar utan innehåll av använt bränsle.

Det förefaller sannolikt att tillverkningen av kapslarna kommer att kräva ett avsevärt engagemang från SKBs sida och SKI rekommenderar SKB att med stor tyngd driva arbetet vidare.

Det förefaller även återstå problem att lösa beträffande såväl förslutningsteknik (elektronstrålesvetsning eller friktionssvetsning) som kontrollteknik (ultraljudsprovning eller röntgentomografi). SKI rekommenderar även för dessa områden att SKB driver arbetet vidare med hög prioritet.

Även för övriga processer i inkapslingsanläggningen, dvs. fyllning med partikulärt material och kringgjutning med bly, finner SKI att det kan föreligga en avsevärd utvecklingspotential. SKB bör således närmare undersöka om det partikulära fyllnadsmaterialet kan fylla en funktion dels kriticitetssynpunkt och dels för att håll kvar radionuklider efter kapselbrott. Det förefaller även finnas möjlighet att vidareutveckla kringgjutningsmetoden så att cellhanteringen kan förenklas.

SKI finner redovisningen beträffande inkapslingsanläggningen knapphändig. SKI har dock inga invändningar mot de insatser som planeras.

SKB bör noga analysera vilka resultat som bör föreligga för vilka aktiviteter. Av särskilt intresse, bl.a. med hänsyn till kapitalkostnaderna, är tidpunkten för byggande av inkapslingsanläggningen. SKB bör även närmare analysera om tillverkning och förslutning av kapslar kan ligga på "kritiska linjen" (dvs. bli styrande för hela tidsplanen) samt noga följa framstegen inom dessa aktiviteter. Det fortsatta arbetet bör styras av faktiskt uppnådda resultat snarare än av de önskningar som återspeglas i tidsplanerna.

SKI inser att lokalisering till CLAB erbjuder fördelar. SKI konstaterar att lokaliseringen ändå måste prövas enligt NRL och KTL och att en miljökonsekvensbeskrivning, MKB, måste upprättas. Tyngdpunkten i MKBn bör vara på frågor relaterade till om kapslar av tillräcklig kvalitet kan tillverkas samt till säkerhet under drift. MKBn måste ta upp alternativa lokaliseringar (platser) samt ett nollalternativ. Det bör observeras att ett ställningstagande till inkapslingsanläggning innebär att konstruktionsförutsättningarna för kapseln fastläggs och därmed de krav som behöver ställas på en slutförvarsplats.

Kapseltillverkning och inkapsling är stora och viktiga projekt för SKB. Trots detta har de behandlats kortfattat i SKBs FUD-program 92. SKI finner det naturligt att SKB med lämpliga intervaller tar fram mer detaljerade planer än de som redovisats hittills. SKI önskar ta del av sådant material samt även hålla löpande kontakt med SKB i dessa projekt.

5 DJUPFÖRVARING AV ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE

5.1 INLEDNING

SKB har redovisat planer för lokalisering och uppförande av ett djupförvar för använt bränsle. SKB framhåller att för att åstadkomma den säkerhet som eftersträvas inom kärnavfallshanteringen måste detta slutförvar också åstadkommas i verkligheten. Vidare föreslår SKB en s.k. demonstrationsfas där förvaret i ett första steg byggs ut för att rymma en mindre del av det använda bränsle som kommer att ha producerats fram till och med 2010. Planerna beskrivs dels i huvudrapporten (FUD) och dels i en särskild underrapport "Lokalisering av ett slutförvar" (LOK).

SKI instämmer i SKBs resonemang att för att i verkligheten åstadkomma den säkerhet man eftersträvar måste förvarsanläggningarna också byggas. Rent allmänt anser SKI att de planer som redovisas kan tas som utgångspunkt för vidare planering av djupförvarsprojektet. Som de redovisas behöver dock SKBs planer vidareutvecklas, innan ett konkret djupförvarsprojekt kan påbörjas. I vissa fall erfordras relativt stora förändringar.

En viktig fråga är om en lokalisering av ett djupförvar kan påbörjas innan slutförvarssystemet är specificerat. Det har framförts (Hermansson m.fl., 1993), att kraven på platsen kan fastställas och lokalisering påbörjas först efter det att systemen för kapsel, inkapsling samt djupförvar specificerats. Denna synpunkt framförs också av Svenska kommunförbundet. Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn påpekar att delar av SKBs tekniska underlagsmaterial ännu inte formellt har granskats och att det därför är för tidigt att lägga fast strategin.

Rent principiellt instämmer SKI i ovanstående synpunkter, men frågan kompliceras av att den information som kan inhämtas från undersökningar av tänkbara lokaliseringstyper ger viktigt underlag för hur slutförvarssystemet skall utformas. Det är därför rimligt att påbörja förundersökningar på platser för att erhålla sådant underlag. Samtidigt måste framhållas att helt andra krav på underlagsmaterial och genomarbetade systemlösningar måste ställas när undersökningarna blir så omfattande att bindningen till en viss plats blir betydande. SKI, och även Statens strålskyddsinstitut, menar att detta inträffar när detaljundersökningar påbörjas.

5.2 DEMONSTRATIONSFÖRVAR

SKB pekar på flera fördelar med en demonstrationsfas i utbyggnaden av ett slutförvar. Visserligen framhåller man att den långsiktiga säkerheten inte kan demonstreras, men man menar att bland annat lokaliseringsprocess, metoder för platskaraktärisering och myndighetsgranskning kan demonstreras.

Med en demonstrationsfas skulle man utan att förlora tid ge nästa generation en bättre möjlighet till ett riktigt val (Hermansson m.fl., 1993). Lokala säkerhetsnämnden i Forsmark ställer dock frågan om utvärderingen av demonstrationsfasen kommer att göras av samma generation som prövade demonstrationsförvaret. Flera remissinstanser, Nyköpings kommun, ABB Atom, Studsvik, Naturvetenskapliga forskningsrådet, Forsk-

tionsfas och pekar också på möjligheterna till en stegvis uppbyggnad av kunskapsbas och anläggningar och möjligheterna att förankra beslutet. Å andra sidan får inriktningen på demonstration inte innebära att SKB nu avslutar grundläggande studier (Hermansson m.fl. 1993). Naturvetenskapliga forskningsrådet menar att strategin ger ökad valfrihet beträffande slutligt plats och metodval, men att tillståndsprövningen blir densamma. Forskningsrådsnämnden framhåller att SKB måste visa öppenhet mot alternativa lösningar, och Chalmers tekniska högskola framhåller att det krävs att hög flexibilitet finns kvar i beslutskedjan ända fram till demonstrationsfasens slut. Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn påpekar att SKBs övergång till demonstration i viss mån har gjort gränsen mellan forskning och utveckling, som den definieras i KTL, och lokaliseringsfrågan oklara. Varbergs kommun pekar på risken att demonstrationsanläggningen får en mindre seriös behandling, men är ändå positiv. Svenska naturskyddsföreningen menar att olika alternativ bör prövas under demonstrationstiden, förslagsvis både KBS-3 och djupa borrhål och att detta skall göras av oberoende organisationer.

Boverket påpekar att för att en försöksdeponering skall vara reell förutsätter det att resurser avsätts för återtagande av avfallet eller andra åtgärder, och att det bör framgå vilka ekonomiska resurser som står till förfogande för alternativ avfallsbehandling/deponering. Chalmers tekniska högskola påpekar att det måste visas vara möjligt att ta upp det deponerade bränslet för alternativ hantering. Statens Naturvårdsverk noterar att de resurser som satsas på demonstrationsförvaret är stora. Valet av plats för demonstrationsanläggningen blir därför mycket styrande för lokaliseringen av slutförvaret. Det är viktigt att i en miljökonsekvensbeskrivning belysa den eventuella låsning av platsen för slutförvar som valet av plats för demonstrationsdeponering kan innebära. Göteborgs universitet menar att demonstrationsanläggningen måste betraktas som första delen av slutförvaringen.

SKI vill i detta sammanhang framhålla att flera viktiga, och kapitalintensiva, delar av systemet måste byggas i fullskala, oavsett hur mycket använt bränsle som ska deponeras. Ovanjordsdelar, tunnelnedfarter och övriga installationer blir relativt opåverkade av mängden använt bränsle som kommer att förvaras. Det bör också noteras att en inkapslingsstation för aktiv drift överhuvudtaget inte kan byggas i demonstrationsskala (se kapitel 4). Inte heller myndigheternas granskning kan demonstreras, eftersom SKI och andra myndigheter inte kan förväntas mildra kraven på förvaret bara för att det finns möjlighet till återtagande.

När SKN införde iden om ett demonstrationsförvar i samband med granskningen av FoU 89 (SKN, 1990) var tanken att detta skulle ge ökad flexibilitet i den slutliga utformningen av förvaret. Frågan kan dock ställas om SKBs utnyttjande av ordet demonstration främst har varit inriktat på hur man politiskt ska förankra ett beslut (Sundqvist, 1993). Uppsala universitet menar att idén om demonstration, som den beskrivs i FUD, förefaller vara kopplad till att avsiktligt eller oavsiktligt lura människorna att inte bara tolerera utan även acceptera något som de i egentlig mening borde vara synnerligen tveksamma till och att om så skulle vara eller bli fallet kan en dylik demonstration få motsatt effekt till den avsedda. Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen menar att avsikten med demonstrationsförvaret, i kombination med föreslagna tidsplan, är att binda upp samhället vid ett slutförvarssystem enligt KBS-3 konceptet. För SKB är lösningen klar och det som återstår är att förankra lösningen och förvandla den till ett fullbordat faktum.

Statens strålskyddsinstitut menar att den redovisade demonstrationsanläggningen utgör en första del i ett etappvis utbyggt förvar. Anläggningen innebär bindningar avseende inkapsling, transportsystem och deponeringsteknik. Långtidsegenskaper kan inte demonstreras, och deponeringsteknik kan provas på annat sätt. Det viktigaste skedet för utvärdering är i stället tiden före detaljundersökningarna. En demonstrationsfas bedöms dock sannolikt vara till nytta. SKB bör före demonstrationsskedet beskriva återtagande, i full skala, av avfallet, men bör också utreda konsekvenser av forcerad deponering.

SKIs samlade bedömning är att nuvarande generation har ett ansvar att ta fram en lösning och visa att den är säker. Den oundvikliga möjligheten för kommande generationer att välja andra lösningar minskar inte den nuvarande generationens ansvar. Ordet demonstration verkar olämpligt, och till och med vilseledande. Bindningen till platsen för demonstrationsförvaret blir betydande. Däremot är det motiverat att utföra olika pilotförsök med inaktivt material t.ex. i Äspölaboratoriet samt att genomföra mätningar i fält. Resultat från sådana mätningar kan visserligen inte utnyttjas för att direkt demonstrera förvarets säkerhet, men utgör grund för validering av SKBs resonemang.

SKI anser däremot att det är naturligt att bygga ut slutförvaret i etapper. Deponeringen av det använda bränslet kommer att pågå under lång tid. Det är naturligt att SKB under denna tid fortsätter att utreda förvarets långsiktiga säkerhet. Program för långsiktig övervakning och experiment utförda under lång tid kan ge ett viktigt bidrag till sådan ökad kunskap under deponeringsfasen. För att detta skall vara meningsfullt är det viktigt att det finns reella möjligheter till återtagande. Förutom tekniska överväganden behöver därmed också följderna för avgiftssystemet ses över. Vid bedömning om lokalisering och andra tillståndsärenden måste hela systemet betraktas och med förutsättningen att förvaret kommer att förslutas.

5.3 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR ETT DJUPFÖRVAR

SKB framhåller att valet av kandidatorter kommer att ske i enlighet med de grundläggande krav som måste ställas på en djupförvarsplats ur säkerhetsmässig, teknisk, samhällelig och juridisk synpunkt. SKB framhåller speciellt att lokalisering, bygge, drift och förslutning är en samhällelig process i lika hög grad som en teknisk.

SKI instämmer i denna syn men vill samtidigt understryka att säkerhetskravet är grundläggande. I ett tillståndsärende skulle SKI till exempel aldrig kunna tänkas acceptera en plats med gynnsamma samhälleliga förutsättningar som är olämplig ur säkerhets-synpunkt.

5.3.1 Tekniska förutsättningar

Med främst egna säkerhetsanalyser som bakgrund, SKIs granskning av KBS-3, SKIs Projekt-90 (SKI 1991) samt den s.k. "Collective Opinion" formulerad av OECD/NEA, EG och IAEA (OECD/NEA, 1991a) har SKB dragit slutsatsen att

- Sverige har naturvetenskapliga och tekniska förutsättningar för att genomföra en säker slutförvaring av det använda bränslet

- det svenska urberget erbjuder goda geologiska förutsättningar för ett djupförvar och att det därför är möjligt att finna platser i de flesta delar av landet
- det bästa sättet att gå vidare är att undersöka och utvärdera specifika kandidatplatser.

SKI vill framhålla att Sverige sannolikt har förutsättningar för att ta hand om det använda bränslet, men SKB har inte konsekvent redovisat krav på barriärer samt vilka kunskapsluckor och frågor som återstår att lösa. SKBs redovisning om kunskapsläget inom stödjande FoU i FUD-92 visar på ett betydande antal återstående frågor (SINTAB/BERGAB). Vidare gäller att den s.k. "Collective Opinion" säger att vi idag har metoder för att bedöma säkerheten men betonar också behovet av fortsatt utveckling. Även Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen gör dessa observationer. SKI uppmanar SKB att ta dessa invändningar på allvar, men är samtidigt av den bestämda uppfattningen att de återstående problemen går att lösa.

SKBs slutsats om det svenska urberget är mer kontroversiell. Slutsatsen kan i och för sig vara riktig, men SKI har inte i SKBs redovisning kunnat finna någon hållbar motivering för den. Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn framför att den av SKB föreslagna lokaliseringsstrategin bygger på ett antal tekniska grunder, främst SKB 91, som ännu ej är prövade. Naturskyddsföreningen menar att argumenten för att KBS-3 är godtagbart har varierat genom åren och att det finns anledning att förhålla sig skeptisk till detta. SKI vill starkt framhålla att SKB 91 *inte har visat* att alla nödvändiga frågor är lösta eller att ett stort antal platser skulle klara kraven, vilket också framgår av SKIs granskning av SKB 91 (SKI, 1992). Dessa frågor studerades inte i SKB 91 och SKI *vänder sig starkt emot* att SKB redovisar SKB 91 på detta sätt.

SKB anger i tabellform ett antal platsspecifika faktorer som inverkar på förvarets säkerhet. De viktigaste faktorerna är enligt SKB de som inverkar på förvarets långsiktiga mekaniska och kemiska stabilitet.

Chalmers tekniska högskola accepterar att urberget med sin geologiska historia och dess nutida karaktär kommer att behålla sina primäregenskaper (mekanisk stabilitet, kemisk stabilitet och låg genomsläpplighet) under avfallets farlighetstid. Lunds universitet framför att de säkraste platserna måste väljas ut. Sveriges geologiska undersökning framhåller dock att SKB inte redovisar vilka krav man har på bergets stabilitet och saknar en översikt av de egenskaper hos olika typer av svenskt urberg som är relevanta för bedömning av lämpliga platser för slutförvar. Naturvetenskapliga forskningsrådet menar att frågan om stabila förhållanden i berggrunden kan vara mycket viktig för förvarets säkerhet och att detta ökar betydelsen av platsvalet. Nyköpings kommun konstaterar att eftersom många platser duger behöver inte SKB titta speciellt på Fjällveden. Varbergs kommun menar att det inte räcker att slumpmässigt välja plats och sedan söka visa att den duger.

Naturskyddsföreningen i Bohuslän yrkar att myndigheterna fastställer att SKB offentligt skall beskriva den systematiska metod man ska använda för att identifiera de mest lämpliga platserna för slutförvaret, att SKB skall fullfölja inventeringen av svensk berggrund, att SKB skall undersöka platser med kristallin berggrund överlagrat av

lämpliga platserna för slutförvaret, att SKB skall fullfölja inventeringen av svensk berggrund, att SKB skall undersöka platser med kristallin berggrund överlagrat av sedimentära bergarter samt att SKB offentligt skall redovisa vilka platser som nu övervägs för ett KBS-3 förvar.

SKI menar att SKB inte tillräckligt väl har redovisat vilka mätbara egenskaper hos berget som ger den eftersträvade stabiliteten. Till exempel gäller, att bland annat låg grundvattenomsättning också borde vara en god indikator på långtidsstabila förhållanden och därför är en önskad egenskap också av denna anledning. Berget har även betydelse ur säkerhetssynpunkt om en kapsel skulle gå sönder och det använda bränslet kommer i kontakt med berget.

SKI vill stryka under att en viktig säkerhetsfaktor här är bergets retardationsförmåga, vilken bland annat beror på grundvattenflödet och förutsättningarna för matrisdiffusion och kemiska sorptionsprocesser. För att beräkna dessa krävs kunskap om grundvattnets kemi, bergets mineralsammansättning, diffusiviteten i bergmatrisen och den effektiva kontaktytan mellan bergmatrisen och det strömmande grundvattnet. (För vidare resonemang se kapitel 7). Rent allmänt menar SKI att det är möjligt att ange viktiga säkerhetsfaktorer långt mer detaljerat och kvantitativt än vad SKB redovisar i FUD-programmet.

SKB har genomfört relativt omfattande undersökningar av berggrunden på ett 10-tal platser i Sverige och dessutom gjort översiktliga studier av ett stort antal områden spridda över hela landet. Utifrån detta material drar SKB slutsatsen att lämpliga respektive mindre lämpliga områden inte kan hänföras till någon viss del av landet eller någon speciell geologisk miljö. Man menar att det är de lokala förhållandena i området som avgör platsens lämplighet.

Försvarets forskningsanstalt framför att insikten om platttektoniken ökat väsentligt under senare tid, vilket skulle kunna leda till reviderade uppfattningar om troliga påkänningar på förvaret och om kriterierna för platsvalet. Göteborgs universitet underkänner SKBs påstående om att bara de lokala förhållandena är av betydelse, med motiveringen att ytterlighetsfallen inte är kända. Naturskyddsföreningen befarar att det ingenstans finns tillräckligt bra berg för ett slutförvar.

SKI måste påpeka att SKB inte har angett vilka kriterier man använt för att göra sitt konstaterande. SKIs konsult, SINTAB/BERGAB, framför att Sverige kan delas in i olika geologiska och tektoniska regioner och att det från dessa finns omfattande kunskaper och erfarenheter från svensk berggrund och svenskt bergbyggande. Egenskaper som skiljer regioner kan ha direkt konsekvens på prognostiserbarhet och byggbarhet. Till exempel kännetecknas sydvästkandinaviska provinsen av en mycket komplicerad tektonisk, magmatisk och metamorf utveckling, kraftiga överskjutningszoner med hög vattenföring på vissa ställen. Vid bergarbeten har detta lett till omfattande tätnings- och förstärkningsinsatser. SKIs konsult Intera (Apted, 1993) menar vidare att det idag inte med säkerhet går att förutsäga den kemiska miljön.

De ur säkerhetssynpunkt platsspecifika skillnader som SKB redovisar för undersökta områden behöver inte nödvändigtvis vara reella. Skillnaderna skulle alternativt kunna bero på brister i platskaraktäriseringen. SKIs konsult, SINTAB/BERGAB, påpekar att det inte är visat att SKBs tolkning av undersökta platser verkligen överensstämmer med

än 600 m. SKBs generella kunskaper om bergmassan på djup under 500 m är därför mycket bristfälliga. Detta är en allvarlig begränsning, vilket SKI också har påpekat vid tidigare remissyttranden (SKI, 1990).

SKI vill dessutom framhålla att det inte är lätt att bestämma alla de egenskaper som har betydelse för säkerheten, speciellt med tanke på att många av bergets egenskaper är mycket heterogena även i en detaljerad skala. Även SKB är medvetna om dessa problem, vilket till exempel klart framgår av SKBs planer för geovetenskap som en del av stödjande FoU. Till exempel bör påpekas att den tolkade hydrauliska konduktiviteten i de olika typområdena (Figur 8.2 i LOK) starkt kan ifrågasättas. För det första är medel-konduktivitetens avtagande med djupet *inte statistiskt signifikant*. Statistisk analys av SKBs värden (t.ex. Winberg 1989) visar att det ytliga berget i genomsnitt har högre genomsläpplighet, men under en viss nivå (100 - 150 m) finns ingen statistiskt påvisad grund för genomsläppligheten avtar med djupet. Dessutom råder oklarhet om hur enhåls permeabilitetsmätningar egentligen skall tolkas. Det är tänkbart att det finns en signifikant skillnad mellan platserna, men ytterligare analys krävs där olika konceptuella modeller prövas och där olika mät- och tolkningsfel utvärderas (se även Metoder och instrument, kapitel 7).

SKI menar att det idag inte är möjligt att hävda att det i det flesta områden i Sverige går bra att finna platser som skulle duga för ett djupförvar. Det är tvärtom troligt att vissa platser har klart olämpliga egenskaper med dålig byggbarhet, hög grundvattenomsättning, höga anomala spänningar etc. Å andra sidan vill SKI framhålla, att även om berget behöver ha en rad egenskaper för att förvaringen skall bli säker, är det inte säkert att alla dessa egenskaper kan ingå i ett beslutsunderlag för lämplig lokalisering av kandidatplatser. Flera viktiga egenskaper, främst avseende den lokala grundvattenomsättningen och bergets retardationsförmåga kan förmodligen inte bestämmas utan omfattande undersökningar. SKI inser därför att SKB måste grunda sin lokalisering på ett delvis ofullständigt beslutsunderlag. Detta innebär att SKB måste ha flexibilitet i utvärderingen av olika platser. Kommande förundersökningar och detaljundersökningar av en viss plats kan resultera i att platsen måste överges. Ju längre en plats har undersökts, desto större blir bindningen till den. Det är därför viktigt att SKB så tidigt som möjligt undviker platser med dålig prognos att ge säker slutförvaring.

SKB undviker att i detalj redovisa en strategi för att välja ut de platser som avses bli föremål för mer omfattande förundersökningar. SKB redovisar dock ett antal tekniska/geovetenskapliga faktorer som kan tas fram utan omfattande förundersökningar.

Chalmers tekniska högskola menar att byggbarhet måste vara underordnad säkerhet. Boverket menar att SKB inte redovisar hur risk för intrång och sabotage kan påverka en lokalisering.

SKI instämmer i de flesta faktorer SKB anger, men ställer sig tveksam till att betrakta den lokala topografiska gradienten och förekomsten av salt grundvatten som faktorer av betydelse. Grundvattenflöde på förvarsdjup torde i hög grad vara styrd av regionala förhållanden, förekomst av salt är ingen garanti för stagnant vatten (Voss och Andersson, 1991). Därför är den regionala förståelsen viktig. SKI håller också med om att prognosticerbarhet är en viktig lokaliseringsfaktor, men vill också betona att en viktig komponent härvidlag är kvaliteten i hittills genomförda geologiska/hydro-

geologiska undersökningar i området. De delar av landet som är bristfälligt geologiskt karaktäriserade borde vara mindre attraktiva ur lokaliseringssynpunkt, eftersom SKB där skulle tvingas till omfattande regional geologisk karaktärisering för att kunna framställa en trovärdig geologisk strukturmodell av berget i förvarsskala.

5.3.2 Samhälleliga, politiska och opinionsmässiga förutsättningar

SKB har även redovisat ett antal samhälleliga faktorer som kan tas fram utan omfattande förundersökningar och därför kan ingå i ett beslutsunderlag för att påbörja mer omfattande förundersökningar på en viss plats. SKI och SKIs konsult (Sundqvist, 1993) håller med om de faktorer som SKB har angett. Man kan dock lägga till fler faktorer som t.ex. befolkningstäthet eller kostnad för lokalisering.

SKI ställer sig vidare tveksam till lokal opinion som lokaliseringsfaktor eftersom opinioner förändras. Det bör å andra sidan framhållas att mot bakgrund av erfarenheter från lokalisering av kontroversiella anläggningar ter sig frivillighetsvägen väl vald (SINTAB/BERGAB). SKI instämmer i detta, men menar att en förutsättning för att en positivt inställd opinion skapas och bibehålls är att lokaliseringen i sig är väl motiverad. Detta är viktigare än att grunda lokaliseringen på en tillfällig opinionsyttring.

När det gäller samhälleliga faktorer är det uppenbart att det är möjligt att göra meningsfulla jämförelser mellan platser eller mellan regioner (Sundqvist, 1993). Skillnader i, till exempel, behov för transportsystem och tillgänglig infrastruktur mellan olika regioner är så stora att en sådan analys sannolikt skulle peka ut regioner i landet som är olämpliga eller mindre lämpliga ur samhällelig synpunkt. Lokaliseringsprocessen vinner knappast på att SKB diskuterar lokalisering med kommuner som i praktiken aldrig kan komma i fråga för ett förvar. I värsta fall skulle sådana diskussioner kunna leda till misstanken att SKB spelar ut olika kommuner mot varandra. SKB bör därför genomföra en samlad analys av de samhälleliga faktorerna och redovisa resultatet.

SKB konstaterar att lokalisering av ett djupförvar måste ske i samklang med de lagar, förutsättningar och planer som finns i samhället. Man konstaterar vidare att lokalisering av ett djupförvar kan vara en opinionsmässigt känslig fråga och drar slutsatsen att det är viktigt med information och god samverkan med framförallt aktuella kommuner och de människor som direkt berörs eller känner sig berörda av lokaliseringen.

SKI inser att samhälleliga, politiska och opinionsmässiga förutsättningar är av stor betydelse för lokaliseringen. Ett viktigt instrument för att hantera dessa frågor är den process som bör vara förenad med framtagandet av en miljökonsekvensbeskrivning (MKB). En rätt utformad MKB-process borde inte bara innebära att olika legala krav och planfrågor hanteras på ett riktigt sätt, utan borde framförallt vara ett instrument för att tillse att den berörda kommunen och andra aktörer får berättigat inflytande. SKI återkommer till frågan om MKB i ett senare avsnitt och redovisar där remissinstansernas omfattande synpunkter i denna fråga.

5.3.3 Sammanvägd bedömning av faktorer

SKBs underlåtenhet att gradera de olika lokaliseringfaktorerna ifrågasätts av flera remissinstanser. Kommunförbundet finner detta anmärkningsvärt. Statens naturvårdsverk konstaterar att utveckling av kriterier för platsval och hur man väljer mellan alternativa lokaliseringar bör vara en huvudpunkt i denna del av programmet. Boverket påpekar att områden som ur naturresurssynpunkt kommer i konflikt med Naturresurslagen (NRL 3:e kapitlet, 3:e och 4:e paragrafen) direkt kan uteslutas, och att vilka områden som i övrigt kommer i konflikt med NRL måste studeras i varje region och även i varje kommun för sig. Göteborgs universitet saknar en diskussion om hur SKB planerar att väga målen; säkerhet, ekonomi, byggbarhet och lokalisierbarhet. Svenska Naturskydds-föreningen menar att lokaliseringen är en kritisk fråga som kommer att väcka lokalt motstånd, och att SKB offentligt ska beskriva den systematiska metod som används i platsvalet så att det blir möjligt att vetenskapligt granska det underlag som tas fram inför lokaliseringsbeslutet.

Statens strålskyddsinstitut menar att det saknas tvärvetenskapliga studier som innehåller konkreta teknisk-naturvetenskapliga frågor. Frågor som förtjänar fördjupad belysning är framförallt intrång och reparerbarhet, systemval och beslut där samhällelig insyn är särskilt viktig. Strålskyddsinstitutet menar vidare att detaljerade kriterier och formella system för poängsättning kan ge onödiga låsningar vid platsvalet, men att det är lika viktigt att undvika en regellös situation.

Det är SKIs bedömning att en sammanvägning av de allmänna tekniska och geovetenskapliga lokaliseringfaktorerna skulle visa att vissa delar av landet är mindre lämpade för ett slutförvar om inte annat beträffande byggbarhet, prognosticerbarhet och risk för mänskligt intrång (närhet till omfattande mineralisering). SINTAB/BERGAB uppskattar att cirka 30% av Sverige skulle kunna hänföras till denna kategori. På samma sätt borde en sammanvägning av olika samhälleliga faktorer resultera i att vissa delar av landet framstår som mindre lämpliga. Å andra sidan vill SKI, precis som Statens strålskydds-institut, stryka under att formell klassificering och poängsättning inte får drivas för långt.

SKB bör redan nu, och innan omfattande förundersökningar av kandidatområden på-börjas, genomföra en analys av lokaliseringfaktorerna och redovisa områden i Sverige som i den första urvalsomgången förefaller mindre lämpliga för slutförvaring. För detta erfordras inga särskilda tillstånd och inget samtycke med berörda kommuner. SKB löper visserligen risken att missa något område som skulle kunna lämpa sig för förvaring, men om SKBs inställning att stora delar av landet har gynnsamma egenskaper är riktig, borde en tillräckligt stor del av landet återstå för att ge flexibilitet i platsvalet och inte i onödan peka ut en viss kommun.

5.4 MILJÖKONSEKVENSBESKRIVNINGAR (MKB) OCH INFORMATION

Bestämmelser om krav på miljökonsekvensbeskrivning (MKB) infördes i miljöanknuten lagstiftning under 1991. En MKB skall t.ex. alltid utföras vid ansökan om lokalisering som prövas enligt Naturresurslagen (NRL) kapitel 4. Sedan 1992 har MKB även införts i kärntekniklagen (KTL) och strålskyddslagen (SSL). Vidare ställer det s.k. EG-direktivet (85/337/EEG, Nr L 175/40) krav på MKB för slutförvar för kärnavfall.

Lagar och förordningar ger idag relativt liten vägledning om vad som skall ingå i en MKB och än mindre ledning om hur MKB ska tas fram. I LOK beskriver SKB översiktligt hur man ser på MKB och hur man avser att ta fram sådana under arbetet med att lokalisera och bygga djupförvaret. SKI konstaterar i detta sammanhang att även lokaliseringen av inkapslingsstationen skall prövas enligt NRL 4:e kap. med krav på MKB. Också Boverket gör detta konstaterande. Vad som sägs om MKB i det följande gäller därmed också inkapslingsstationen. (För vidare diskussion om inkapslingsstationen se kapitel 4).

5.4.1 MKB-processen

SKB planerar flera miljökonsekvensbeskrivningar under lokaliseringsprocessen. I lagen sägs inget om hur en MKB skall tas fram eller vilka som skall vara inblandade. I utredningar om MKB diskuteras dock denna fråga mycket. Även om inga formella krav finns, kommer MKB-processen att påverka både MKBns innehåll och trovärdighet.

Statens naturvårdsverk menar att MKB är ett stegvist förfarande, som för att vara effektivt bör löpa parallellt och i nära kontakt med utformning av ansökan/projektering. MKB-processen bedöms vara en viktig del i samhällets beslutsprocess med samarbete med olika aktörer. Allmänheten bör delta redan från starten. Det finns idag begränsad erfarenhet av genomförandet av en MKB-process. Naturvårdsverket framför vidare att detaljeringsgraden kan ökas successivt. Forskningen skall bl.a. leda fram till underlag för MKB och det är viktigt att tidigt gå igenom vad som kan krävas och inrikta programmet därefter.

Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn framför att MKB-processen är något nytt och att eftertanke krävs så att intentionerna enligt lagen och förarbetena följs. Kommunen måste vara med från början i den löpande avstämningen under processens gång. MKB-processen ska utvecklas aktivt, gemensamt av kraftindustrin, berörda myndigheter, berörda kommunorganisationer och andra parter. Lämpligen bör kärnkraftmyndigheterna ta initiativet till att moderera en sådan dialog.

Kommunförbundet framför att SKB borde redovisa de översiktsstudier som planeras bli genomförda under de närmaste åren innan någon kommun kan ta initiativ till förstudier. En redovisning av bl.a. lokaliseringsfaktorer, systemstudier och preliminära miljökonsekvensbeskrivningar kommer, enligt Kommunförbundet, att utgöra ett nödvändigt underlag för att kommuner överhuvudtaget ska kunna ta initiativ till och i en demokratisk process lokalt förankra de beslut som måste fattas. Nyköpings kommun betonar

att trovärdigheten under arbetets gång måste vara hög. Lunds universitet menar att miljökonsekvenserna skall utredas innan beslut tas om platsen.

Kommunförbundet och Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn tar även upp frågan om resurser för information och aktivt deltagande i MKB-processen till de kommuner som berörs av en lokaliseringstudie. Man begär att regeringen i kommande direktiv skall klargöra hur erforderliga medel skall göras tillgängliga för kommunen. Varbergs kommun framför liknande synpunkter. Även Statens strålskyddsinstitut framför att det är nödvändigt att kommunerna ges tillräckliga resurser.

Forskningsrådsnämnden och Lunds universitet framför att det finns ett behov av forskningsmiljöer i Sverige, som inte är beroende av SKB och som på ett professionellt plan kan gå in i en kritiskt granskande dialog. Detta skapar balansfrågor av forskningsfinansiell art. Stockholms universitet påpekar att hög tillgänglighet till SKBs tekniska information liksom att det finns möjligheter till sökning i materialet är en viktig fråga för uppföljningen av arbetet. Uppsala universitet framför att det kan vara ett problem att veta vilka som nu och i framtiden blir berörda av en lokalisering.

SKI vill understryka att MKB-processen bör utformas så att den även blir ett stöd för SKBs planering och uppföljning. En MKB-process syftar inte främst till information utan till *dialog* mellan de aktörer som är berörda av djupförvaret. Viktiga inslag i MKB-processen är diskussioner med aktörerna om vad som skall ingå i en MKB och en återkommande analys av de frågor som aktörerna bedömt behöver utredas. En fråga av speciellt intresse är vilka aktörer som skall ingå i processen och vilket inflytande dessa ska ha. SKI konstaterar att ingen aktör ensam kan avgöra dessa frågor, eftersom de avgörande besluten visserligen främst måste baseras på säkerhetsfrågor, men att politiska och andra samhällsliga frågor också kommer att få stor inverkan.

Ur säkerhetssynpunkt måste MKB-processen utformas så att det beslutsunderlag som tas fram blir ett stöd för att välja ett säkert slutförvar. Med hänvisning till remissinstansernas synpunkter och SKIs erfarenhet från det s.k. Dialog-projektet (Andersson m.fl., 1993) finns det all anledning att fler aktörer än SKB aktivt deltar i MKB-processen. En tänkbar modell är att de kommuner som blir berörda tillsätter en grupp med representanter från olika intressent- och aktörsgrupper inom kommunen, men andra former kan tänkas. SKI vill också uttala sitt stöd för tanken att de ingående aktörerna ges faktiska (ekonomiska) möjligheter att delta i arbetet framförallt för att bygga upp självständig kompetens att sätta sig in i de tekniska och samhällsliga frågeställningarna. Det är uppenbart rimligt att sådant stöd ges till berörd kommun, men utformningen av sådant stöd och frågan om även andra aktörer skall ha stöd behöver utredas.

SKI deltar nu i ett myndighetssamarbete om miljökonsekvensbeskrivningar. Vidare kommer SKI att ytterligare engagera sig i MKB-arbetet runt lokalisering av djupförvar och inkapslingsstation. Till en början kommer detta att ske genom diskussioner med SKB om uppläggning av avgränsningar i de MKB-analyser som planeras. SKIs erfarenheter från Dialog-projektet blir här viktiga.

5.4.2 Innehållet i en MKB

Innehållet i en MKB kommer delvis att bestämmas av den process som pågår när den tas fram. Även om det finns få formella krav på innehållet i en MKB kan viss ledning redan nu erhållas från förordningen till NRL (SFS 1992:445) och den s.k. Esbo-konventionen (SÖ 1992:1) som Sverige har skrivit under. Av dessa framgår att en MKB skall redovisa alternativa lösningar samt ett s.k. noll-alternativ.

Boverket påpekar att en MKB skall ge en allsidig beskrivning av anläggningens effekter under såväl byggtid, drifttid och förslutningsskede. Med tanke på de långa tidsrymder under vilka anläggningen ska fungera och de särskilda säkerhetsfrågor som finns bör MKBns tyngdpunkt ligga vid dessa frågor. I MKBn måste ingå bedömningar kopplade till de erforderliga transporterna och val av transportsätt.

Statens naturvårdsverk framhåller att det är väsentligt att helheten bedöms, och att riskbedömningar och värderingar görs av de samlade effekterna av såväl radiologisk som kemisk påverkan och av effekterna på naturmiljön. En MKB skall behandla miljö, hälsa och hushållningen med naturresurser och skall även omfatta de delar av säkerhetsaspekterna som kan ha direkt inverkan på detta. Naturvårdsverket framhåller vidare att en MKB ska redovisa alternativ, i förekommande fall både på översiktlig och mer detaljerad nivå med motsvarande behandling av miljökonsekvenserna. Ett noll-alternativ skall alltid redovisas och bedöms i detta fall vara särskilt viktigt eftersom detta illustrerar om de sökta anläggningarna behöver byggas nu eller om besluten kan vänta.

Svenska Kommunförbundet framför att det är naturligt att berörd kommun kommer att ha ett väsentligt inflytande i frågan om vilka krav som skall ställas på en MKB. Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn framför att negativa effekter i form av oro inte kan bortses ifrån, och att en balanserad bild av positiva och negativa effekter för regionen krävs. Om effekter betraktas som övervägande negativa kommer en lokalisering troligen att ifrågasättas. Varbergs kommun påpekar att även det korta tidsperspektivet måste beaktas.

Kungliga tekniska högskolan framför, bland annat, att noll-alternativet också skall omfatta konsekvenserna för miljön där slutförvaringen skulle ha lokaliserats. Vidare ska MKB redovisa hur olika konsekvenser värderats i relation till varandra, som osäkerheter och förslag till kontrollprogram.

SKI vill först betona att MKB-dokumentet inte skall ses som ett tillrättalagt dokument för allmän information, utan ska utgöra den huvudhandling som väger samman olika konsekvenser och aspekter. Dokumentet skall vara vetenskapligt kontrollerbart och med referenser till allt underliggande arbete. Dokumentets huvudhandling måste samtidigt kunna förstås av allmänheten. Detta kan leda till avvägningsproblem som behöver tas upp tidigt i MKB-processen.

Vidare ser SKI det som självklart att de säkerhetsanalyser som utförts utgör tyngdpunkten i dokumentet, även om alla andra faktorer som remissinstanserna ovan diskuterar eller vad som i övrigt framkommit under MKB-processen, också måste redovisas. The Federal Environmental Assessment Review Panel i Kanada har nyligen angivit riktlinjer för miljökonsekvensbeskrivningar för kärnavfallsanläggningar och slutförvar

(FEARO, 1992). Av dessa framgår klart en fokusering till säkerhetsanalys och långsiktig säkerhet. SKI eftersträvar vidare en samordning mellan de krav som kan komma att ställas på en MKB enligt NRL och de föreskrifter om MKB enligt KTL och SSL som SKI och Statens strålskyddsinstitut kan utfärda. Vid prövning av MKB enligt NRL för kärntekniska anläggningar borde stor vikt fästas vid den planerade anläggningens inverkan på säkerhet och strålskydd.

Fullständiga säkerhetsanalyser är mycket viktiga även i ett tidigt skede i MKB-processen (se kapitel 6 Säkerhetsanalys). Återkopplingen mellan insamlad information och fortsatt uppläggning av lokaliseringsarbetet är central. SKI inser att säkerhetsanalyser av en plats vilken görs i ett tidigt skede, kan innehålla stora osäkerheter om platsens lokala förhållanden. Detta är naturligt och acceptabelt under förutsättning att SKB kan göra troligt att vidare undersökningar (fortsatta förundersökningar, eller detaljundersökningar) kommer att lösa upp de osäkerheter som har betydelse för ett kommande förvars säkerhet. SKI vill speciellt betona att syftet med säkerhetsanalys under dessa tidiga skeden inte främst är ett sätt att visa att man har ett säkert slutförvar utan är en metod för att prioritera och strukturera kommande insatser.

SKI vill också stryka under att MKBn måste redovisa alternativ. Frånsett de formella kraven är detta viktigt för att det kan leda fram till bättre lösningar och till bättre förståelse för varför ett val har gjorts. I fråga om lokalisering gäller till exempel att viss alternativbredd är nödvändig i början. Om någon av de undersökta platserna befinns vara mindre lämplig kan den platsen överges utan prestigeförlust. Seriös alternativredovisning är också i hög grad kopplad till trovärdighet. Även om SKB bygger sin lokaliseringsstrategi på frivillighet, kan sena bakslag inte uteslutas. Vidare är det rimligt att anta att offentligheten, djupet och bredden i SKBs MKB kommer att påverka aktuell kommuns inställning i veto-frågan. Slutligen kan SKB behöva räkna med risken att samhällets formella krav på redovisning skärps framöver.

I FUD-92 redogör SKB för sina planer för den MKB-process som blir kopplad till lokaliseringen av slutförvaret. Detta och lokaliseringsprocessen i övrigt diskuteras i nästa avsnitt. SKI konstaterar dock att SKBs egna initiativ avseende miljökonsekvensbeskrivningar utgör en konstruktiv grund för de mer detaljerade diskussioner om innehåll, alternativbredd och avgränsningar som SKI tillsammans med andra aktörer behöver föra med SKB.

5.4.3 Information

SKB planerar omfattande informationsinsatser. Rikstäckande information genomförs för att bredda och fördjupa kunskaperna i samhället. Lokal information syftar till att sprida kunskap om avfallshanteringen, förståelse för lösningarna och visa på möjligheterna att samverka.

Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn anser att kraftindustrin ska ta ett löpande ansvar för information till "icke-expert", men också att kommunen skall tillställas resurser. Man menar att ett forum skall etableras där kommunen löpande ges information om grundläggande säkerhetsprinciper. Lokala säkerhetsnämnden i Forsmark påpekar att säkerhetsanalysen måste kunna förklaras så att den förstås även av icke experter. Statens

naturvårdsverk noterar med tillfredsställelse att SKB avser att ta fram ett program för lokal medverkan, information och socioekonomiska studier. Länsstyrelsen i Uppsala län framför att det är viktigt att allmänhet och andra berörda får en fullständig information, men även en mer lättillgänglig information av konsekvenser, säkerhetsåtgärder m.m.

Uppsala universitet ställer frågan vad som avses med information och undrar om vad skall informeras och på vilket sätt. Mer forskning föreslås. Svenska Naturskyddsföreningen och Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen anser att SKB inte ska få bekosta informationsinsatser med medel från avfallsfonden. Naturskyddsföreningen föreslår att dessa medel istället tas till oberoende kritisk forsknings- och utredningsverksamhet. Folkkampanjen och Avfallskedjan menar vidare att SKB inte har alla parter förtroende och därför bör fräntas sitt uppdrag.

Chalmers tekniska högskola menar att SKBs material har fått en tendensiös och tillrättalagd karaktär, att trovärdigheten skulle öka med en ödmjukare ansats och att det är svårt att tränga igenom det glacerade språket för att finna bakomliggande svårigheter. Göteborgs universitet har uppfattningen att utredningsmaterialet förefaller vara mer utformat som ett försäljningsmaterial än som en vetenskaplig redovisning.

Allmänheten och i synnerhet invånarna i de aktuella kommunerna skall ha möjlighet att själva ta ställning till olika frågor i samband med slutförvaringen. Sådana ställningstaganden bör vara baserade på information från olika parter. SKI bedömer att SKB har ett ansvar att informera om sin verksamhet och att allmänheten har rätt att ställa krav på att denna information håller hög kvalitet. Men även om SKB har ambitioner att informera på ett objektivt och sakligt sätt, är informationen från SKB ändå *en* parts inlägga. För att komplettera och balansera den bild som SKB ger har allmänheten ett berättigat intresse att ha tillgång till information också från andra parter.

SKI, liksom många remissinstanser, menar att frågor om insyn, kommunikation och information är en viktig del av MKB-processen. Genom att, som SKI föreslår, berörda kommuner och eventuellt andra aktörer ges ekonomiska möjligheter att själva delta i MKB-processen och självständigt bygga upp sin kompetens kommer också dessa aktörer få bättre möjligheter att själva informera allmänheten. En grupp sammansatt av olika aktörer inom berörd kommun är ett tänkbart sätt att åstadkomma en tvåvägs kommunikationssluss mellan kommunens invånare och övriga aktörer. Allmänhetens behov av allmän information från olika parter förstärker motivet för att utreda frågan om stöd till olika aktörer. Även myndigheterna kan komma att behöva ökade resurser till information för att kunna möta kraven från allmänheten.

SKI vill också framhålla vikten av att den information som sprids inte bara är saklig och objektiv utan begriplig också för icke-expert. För att inte brista i trovärdighet är det också nödvändigt att öppet redovisa inte bara positiva resultat och slutsatser utan också osäkerheter och frågetecken. Det gäller såväl tekniska rapporter som informationskrifter. Det är inte alltid det som sägs utan snarare det som inte sägs som gör att trovärdigheten ifrågasätts.

Tekniska rapporter och ställningstaganden, kan vara svåra att förstå för personer utanför en relativt liten expertkrets. Det är dock möjligt att göra svår teknisk information mer lättillgänglig utan att pruta på den vetenskapliga exaktheten. SKI menar att detta är

möjligt att åstadkomma genom att använda ett tydligt språk och förse rapporter med genomarbetade sammanfattningar och förklarande ordlistor. Det betyder inte att resonemang skall förenklas eller referenser till underliggande arbete inte skall tas med.

Intresserade personer i de berörda kommunerna skulle också kunna erbjudas stödjande utbildningsmaterial som hjälp för att bättre förstå tekniskt besvärliga frågor. Sådana åtgärder skulle öppna möjligheter även för icke-expertter att hämta in den kunskap som är en nödvändig förutsättning för egna ställningstaganden. För att kunna nå en ännu bredare allmänhet finns det naturligtvis behov av översiktliga informationsskrifter med ett mer lättillgängligt språk.

5.5 LOKALISERINGSPROCESS OCH TIDSPLAN

SKB har delat in arbetet med att lokalisera och uppföra djupförvaret i fyra olika etapper. Etapp 1 avser förundersökningar och leder till en ansökan att genomföra detaljundersökningar av en viss plats. Etapp 2 avser detaljundersökningar, etapp 3 bygge av djupförvar och etapp 4 driftsättning och start för deponering.

5.5.1 Etapp 1: Översiktsstudier, förstudier och förundersökningar

Inom etapp 1 sker bland annat genomgång av allmänna förutsättningar, val av två kandidater, geovetenskapliga förundersökningar och socioekonomiska studier. I kommuner, som t.ex. genom egna initiativ visar sig vara intresserade av att närmare låta undersöka förutsättningarna för ett djupförvar, genomförs förstudier. I inledningen av etapp 1 presenteras en preliminär MKB, etappen avslutas med en ansökan, ca 1997, enligt NRL om att påbörja detaljundersökningar vid en plats. Ansökan baseras på en MKB som omfattar konventionell miljöpåverkan och en platsspecifik säkerhetsanalys av ett slutförvar.

Kommunförbundet menar att SKB borde redovisa de översiktsstudier som planeras bli genomförda under de närmaste åren innan någon kommun kan ta initiativ till förstudier. Man understryker också behovet av en preliminär MKB på varje plats, utformade så att den leder till kunskapsuppbyggnad hos både kommun, myndigheter och SKB.

Boverket framför att innan det första urvalet görs är det lämpligt att ytterligare vaska fram möjliga områden utifrån de kriterier som bör sättas upp. Olika lokaliseringsfaktorer bör grupperas efter tyngd. Säkerhetsfrågan har stor tyngd, hur denna påverkar transportfrågan bör därvid närmare preciseras. Detta bör skapa en större förståelse hos allmänhet och kommuner för att vissa områden väljs ut. Att enbart grunda urvalet på en kommuns positiva inställning, ger för stor insnävning av lämpliga områden och ger inte tillräcklig grund för att ge tillstånd enligt NRL. Översiktsstudierna bör resultera i att de 5 - 10 lämpligaste platserna tas fram. Utredningen bör sedan ut på en bred offentlig remissomgång till berörda kommuner och länsstyrelser. Utifrån det samlade materialet väljs sedan två platser ut.

Folkkampanjen menar att det beskrivna handlingssättet definitivt inte är förenligt med vare sig allsidighet eller öppenhet, och inte kommer att leda till något verkligt

godtagande. Man yrkar att urvalet av kandidatplatser skall genomgå en offentlig granskning med lång remisstid, i enlighet med det förslag som SKN framförde (SKN, 1990) i samband med granskningen av FoU 89.

SKI anser att SKBs strategi att bygga valet av kandidatorter på frivillighet och initiativ från olika kommuner har stora fördelar. Detta stöds av erfarenheter från andra länder (SINTAB/BERGAB). Frivillighet och dialog borde vara de främsta förutsättningarna för att hantera olika lokaliseringsfaktorer och åstadkomma en avvägning som främst betonar säkerhetsfrågorna. En väl utformad MKB-process (se föregående avsnitt) borde vara det bästa sättet att åstadkomma detta.

SKI vill dock starkt betona (se ovan om lokaliseringsfaktorer) att vissa regioner i Sverige kan vara mindre lämpade för slutförvar både ur säkerhetssynpunkt och ur byggbarhetssynpunkt samt att andra kan vara mindre lämpliga ur samhällelig synpunkt. Det är därför viktigt att SKB redovisar detta innan diskussionerna med olika kommuner har gått för långt. SKI vill också betona att de inledande förundersökningarna av en tänkbar kommun kan visa att det inte finns någon lämplig plats inom denna kommun. SKB bör därför ha beredskap att bedriva omfattande förundersökningar på fler än två orter i landet.

SKI vill starkt betona att omfattande förundersökningar inte kan påbörjas förrän en godtagbar plan för dessa utarbetats (se nedan). Den beskrivning som ges i SKBs FUD-program är inte ett tillräckligt underlag. En mycket viktig uppgift är vidare att ta fram en plan för hur detaljundersökningar skall utföras samt om dessa negativt kan påverka säkerheten för ett kommande förvar. Övergripande frågor, som drivningsteknik, principiell förvarsutformning och injekteringsteknik måste (se avsnitt 5.7 nedan) vara lösta redan innan detaljundersökningarna påbörjas. Som framgår av andra delar av SKIs granskning (främst avsnitt 7.8) saknas idag tillräckligt kunskapsunderlag för att formulera en plan för detaljundersökningar. Här krävs samordning och resultatöverföring med bland annat Äspöprojektet.

Etapp 1 avses leda fram till en ansökan enligt NRL att påbörja detaljundersökningar av en viss plats. Boverket framför att vid NRL-prövningen av detaljundersökningarna måste en totalprövning ske av alla de frågor som är relevanta för en försöksdeponi, även om prövningen i detta skede måste bli översiktlig. I annat fall kan platsen visa sig lämplig ur geologiska m.fl. liknande faktorer medan den ur andra hushållningsaspekter som NRL anger är mindre lämplig. Kommunförbundet påpekar att översiktsplaneförfarandet enligt Plan- och Bygglagen (PBL) är viktigt. Tillstånd om detaljundersökningar enligt NRL 4:e kap. bör lämpligen vara förankrad i antagen översiktsplan. Statens naturvårdsverk framför att MKBn, i ansökan, måste omfatta påverkan på grundvattenflödet, sprängmassor m.m. och att det är viktigt att belysa den eventuella låsning av platsen för slutförvar som valet av plats för demonstrationsanläggningen kan innebära.

Statens strålskyddsinstitut framför att valet av plats för detaljundersökningarna i realiteten innebär ett val av plats för slutförvaret. Detta betyder att en omfattande utvärderingsinsats behövs efter genomförda förundersökningar. I särskilt brev till regeringen påpekar Strålskyddsinstitutet också att SKI, Strålskyddsinstitutet och andra myndigheter snart kommer att ha tillsynsuppgifter inom lokaliseringsprojektet som kan

komma att kollidera med granskningen av SKBs kommande forskningsprogram. Det är därför angeläget att övergången till en ren tillsynsgranskning klargörs.

SKI instämmer i Strålskyddsinstitutets resonemang såtillvida att många frågor som nu är en del av SKBs forskningsprogram längre fram kommer att bli frågor i tillståndsärenden. Det hindrar inte att SKB för lång tid framåt kommer att behöva ett forskningsprogram, för att studera och lösa de frågor som bland annat kommer upp i tillståndsärendena. Tillsynen av detta forskningsprogram bör kunna ske på samma sätt som idag.

SKI vill understryka att påbörjade detaljundersökningar innebär en stor låsning till platsen och att en ansökan därför sannolikt endast kan tillstyrkas om de avgörande osäkerheterna om slutförvarssystemet är lösta och om det finns en ändamålsenlig plan för detaljundersökningarna. System för kontinuerlig utvärdering och avstämning med myndigheter och andra aktörer behöver tas fram. Frågor om slutförvarets långsiktiga kärntekniska säkerhet måste därmed väga tungt redan vid prövningen av lokalisering av detaljundersökningar. Det innebär å andra sidan inte att alla frågor måste vara utredda vid denna tidpunkt. Själva syftet med detaljundersökningarna är ju att ta fram mer information.

5.5.2 Etapp 2: Detaljundersökningar

Om SKB får tillstånd enligt NRL fortsätter arbetet med slutförvaret med detaljundersökningar som innebär att man bygger tunnel och/eller ett schakt ner till den del av berget där man tänker bygga förvaret. I första hand görs dessa undersökningar bara på en plats. Djupförvaret projekteras. Säkerheten såväl under drift som efter förslutning analyseras och beskrivs i en preliminär säkerhetsrapport (PSR) som ingår i en uppdaterad MKB och som bildar underlag till en ansökan, ca 2003, om lokaliseringstillstånd enligt naturresurslagen (NRL) och kärntekniklagen (KTL).

Boverket framför att för att kunna styrka att det inte finns annan lämplig plats i en kommun som samtycker och att det inte finns annan plats som är lämpligare för förvaret krävs ett väsentligt bredare underlag än två detaljstudier. SKIs konsult SINTAB/BERGAB föreslår att förutom detaljundersökningar av en plats en annan av kandidatplatserna borde undersökas vidare med olika borrhål och andra ytundersökningar.

SKI menar att frågan om vilken alternativbredd som kommer att behövas vid den slutliga lokaliseringsansökan enligt NRL och KTL måste uppmärksammas redan nu. SKI anser att det inte verkar rimligt att lägga ner omfattande resurser på att detaljundersöka mer än en plats, om detta inte blir nödvändigt p.g.a. att den första platsen skulle visa sig olämplig. Detta synsätt ställer, å andra sidan, mycket stora krav på den urvalsprocess som leder fram till kandidatorter och val av plats för detaljundersökningar. Dessa frågor behandlas lämpligen inom ramen för MKB-arbetet. SKIs och remissinstansernas begäran om redovisning av urvalskriterier och öppen process framstår dessutom som speciellt viktiga i detta sammanhang.

SKI vill understryka att senast under detaljundersökningsfasen måste SKBs planer för utformning av djupförvaret läggas fast i stor detalj. Alla återstående säkerhetsfrågor

måste lösas. Vidare vill SKI framföra att lokaliseringsprövningen enligt NRL och KTL bör samordnas i största möjliga utsträckning.

5.5.3 Etapp 3 och 4: Bygge och deponering

SKI har i nuläget inget att invända mot SKBs beskrivning av planerna för bygge av djupförvaret eller avseende planerna för deponering (för mer tekniska frågor, se avsnitt 5.7).

5.5.4 Tidsplan för lokalisering

SKB har presenterat en preliminär tidsplan för genomförandet av de 4 etapperna enligt ovan. Följande preliminära tider för de olika etapperna har redovisats: Etapp 1 (1993-1997), etapp 2 (1997-2003), etapp 3 (2003-2007) och etapp 4 (2007-2015).

Kommunförbundet menar att SKBs tidsplan nu är mer konkret och att de allmänna förutsättningarna för lokalisering har breddats, men ser det som anmärkningsvärt att planer för sammanvägning av olika lokaliseringsfaktorer inte har presenterats trots att arbetet skall starta redan 1993. Göteborgs universitet menar att tidsplanen är forcerad och att man bör invänta resultaten av forskning bl.a. vid Äspö och utifrån dessa definiera kriterier för berggrundsbarriären. Först därefter bör lokaliseringsprocessen starta med full kraft enligt en i förväg specificerad metod.

Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamn menar att de återstående stegen i lokaliseringsarbetet måste tas med obegränsad öppenhet och den takt som medges med hänsyn till politiska beslut och acceptans i kommunen. En tidsvinst på några få år är av liten betydelse med tanke på frågans långsiktighet. Enbart driften beräknas pågå i 50 år. Tidsplanen innehåller inte utredningar av positiva och negativa samhällseffekter. Tid för detta syns inte tillräcklig.

SKIs konsult SINTAB/BERGAB menar att erfarenheterna från Äspö samt lokaliseringen och platsundersökningarna inför KBS-3 rapporten visar att den tidspress som flera parallella undersökningar och aktiviteter ger är mindre bra och bör undvikas. Man menar att motiven till brådska är svårförståeliga medan det däremot finns starka motiv för kvalitet, integrering och noggrann utvärdering. SINTAB/BERGAB ifrågasätter också om Sverige har resurser i form av kompetens att optimalt driva både Äspö och detaljundersökningar parallellt.

SKIs bedömning är att SKBs tidsplan verkar väl optimistisk. SKI avstår dock från att komma med detaljerade kommentarer i denna fråga, utan vill istället fästa uppmärksamheten på det underlagsmaterial SKB måste ha framme vid olika beslutstidpunkter i framtiden. Denna fråga kommenteras på flera ställen i SKIs granskning. SKB får dock själva avgöra om dessa, möjliga, klargöranden föranleder omprövning av tidsplanerna.

5.6 PLANER FÖR PLATSUNDERSÖKNINGAR

En viktig del av lokaliseringsprocessen är de geovetenskapliga undersökningarna av olika kandidatplatser. Kunskapsläge, forskning och metodik för sådana undersökningar kommenteras främst i andra delar av SKIs granskning (se kapitel 7 Stödande FoU). Vissa frågor behöver dock tas upp även i detta sammanhang. SKB planerar även att genomföra tekniska och socioekonomiska studier. SKIs granskning av de senare täcks dock in av SKIs och remissinstansernas synpunkter under avsnitten 5.4 (MKB) och 5.5 (Lokaliseringsprocess).

5.6.1 Förundersökningsprogram

När ett kandidatområde identifieras kommer SKB att påbörja ett geovetenskapligt förundersökningsprogram. I ett första steg syftar dessa undersökningar till att identifiera en potentiellt lämplig plats inom ett tidigare valt kandidatområde. I ett nästa steg syftar undersökningarna till att ta fram platsspecifika data för säkerhetsanalys, byggbarhetsanalys och projektering inför ansökan om detaljundersökningar.

Sveriges Geologiska Undersökning framför att när två områden med lämplig bergart och miljö för slutförvaring valts ut måste regionalt, modernt geologiskt undersökningsmaterial över områdena och regionerna upprättas, speciellt om tidigare underlagsmaterial är föråldrat eller ofullständigt. Uppsala universitet menar att det tycks som om det geologiska programmet skurits ner. FUD-92 innehåller inga detaljerade planer på nya kandidatplatser som SKB vill undersöka.

SKI menar att SKB har samlat in ett omfattande datamaterial från olika områden i Sverige. Däremot har relativt få analyser gjorts av det insamlade materialet. Olika tolkningar av data, olika konceptuella modeller borde ha prövats för att illustrera precisionen i de gjorda mätningarna. Fältmätningar karakteriserar inte en plats helt - man får viss information vars tolkning är osäker. Inte heller i Äspö kommer man automatiskt att få svar på de gjorda förundersökningarnas värde. (Se vidare SKIs kommentarer under avsnitt 7.7 och kapitel 8). SKIs konsult SINTAB/BERGAB menar också att SKBs tidigare platsundersökningar är av begränsat värde, eftersom de inte är insatta i ett regionalt sammanhang och inte fullt utförda i den stegvisa process som krävs för att man ska kunna bilda sig en uppfattning om hur platsen ser ut.

Enligt SKIs bedömning tycks SKBs planer för geovetenskapliga förundersökningar av kandidatplatser i stort överensstämma med de undersökningar SKB har utfört vid typområden och vid förundersökningsdelen av Äspöprojektet. Utvärderingen av förundersökningarna från Äspö har dock ännu inte genomförts (Se kapitel 8) och det är inte säkert att den metodik som hittills använts är tillräckligt bra. SKI vill framhålla att resultatet av förundersökningarna skall bilda underlag för ansökan om detaljundersökningar. En fullständig karaktärisering av bergmassan är inte möjlig, vare sig vid förundersökningar eller detaljundersökningar. Det är därför nödvändigt att SKB redovisar vad som går att mäta och med vilken precision liksom vad som inte går att mäta. Kommer de planerade undersökningarna att ge svar på de frågor som behöver ställas innan man går vidare med detaljundersökningar? En viktig del av ett förundersökningsprogram borde vara att formulera hypoteser om hur platsen ser ut, identifiera var

osäkerheter finns och redovisa dessa. Ur säkerhetssynpunkt finns viktiga storheter, främst avseende bergets förmåga att fördröja radionuklider, som med idag utnyttjad teknik endast kan bestämmas med stor osäkerhet (se vidare avsnitt 7.7).

SKIs konsult SINTAB/BERGAB trycker på att ett program för kvalitetssäkring av undersökningarna definieras redan från starten. Kvalitetsprogrammet får dock inte koncentreras kring de frågor som är relativt lätta att kontrollera, t.ex. spårbarhet av dokumentation, utan måste utformas så att de verkligen ger hög kvalitet. Kvalitetsprogrammet måste vara detaljerat med klara prioriterade målsättningar för undersökningarna, klar organisations- och ansvarsfördelning, god dokumentation, löpande integrering, samt systematiskt och kompetent från den direkta verksamheten *oberoende* granskning av de resultat som tas fram. SKI instämmer i SINTAB/BERGABs förslag, och avser att föra en kontinuerlig dialog med SKB om dessa frågor.

SKB konstaterar att förundersökningarna kommer att generera stora datamängder. Stockholms universitet påpekar att tillgänglighet till SKBs tekniska information är en viktig fråga, och att uppföljning och möjligheter till sökning i materialet skulle underlättas enormt om alla tekniska rapporter i framtiden också var tillgängliga på CD-skivor. SKI instämmer och kan bara stryka under att de data SKB samlar in kommer att behöva användas av andra än SKB. Framförallt gäller detta vid kommande myndighetsgranskningar.

En annan generellt viktigt synpunkt är att förundersökningarna inte får skada platsen så att goda förvaringsfunktioner förstörs. Det kan finnas en konflikt mellan god karaktärisering och bibehållna ostörda förhållanden.

Den regionala karaktäriseringen är viktig, ur strukturgeologisk synpunkt, för att hitta mönster i bergmassan. Det är viktigt att identifiera horisontella sprickzoner, men den undersökningsmetodik SKB föreslår (reflektionsseismik och VSP) är osäker och behöver utvecklas. Lokalisering av flacka zoner måste initieras redan i de regionala undersökningarna (SINTAB/BERGAB).

Det är bra att SKB planerar att några borrhål skall gå ända ner till 1000 m djup. Undersökningarna måste leda till ökad förståelse för hur bergmassan ser ut mot djupet. Eventuellt behövs fler djupa undersökningshål. Borring bör vidare inte bara göras för att lokalisera sprickzoner. Egenskaperna i berget mellan sprickzoner är mer intressanta, eftersom det är där som förvaret skall förläggas. Rent allmänt får undersökningarna inte begränsas till geologiska och hydrogeologiska egenskaper. Platsens bergmekaniska och kemiska egenskaper är också viktiga för säker slutförvaringsfunktion.

Förundersökningarna syftar också till att möjliggöra en projektering av slutförvaret. Byggbarhetsanalyser och prognoser för att undvika obehagliga överraskningar som till exempel smållberg måste också göras. Byggbarhet är visserligen, rent principiellt, underordnad säkerhet, men dålig byggbarhet borde i praktiken också vara en indikation på tveksam säkerhet. Byggbarhetsprognoser kan därför vara viktiga för att på ett tidigt skede avgöra om det är meningsfullt att fortsätta undersökningarna på en viss plats.

Slutligen bör SKB omgående påbörja planering för långtidsförsök, både på kandidatorter och på Äspö. Långtidsförsök utsträckta över flera år kan visserligen inte utnyttjas för

att demonstrera bergets långsiktiga egenskaper, men det är tänkbart att bl.a. spår försök utförda över 5 - 10 år på ett annat sätt än hittills varit möjligt, kan utnyttjas för att t.ex. bestämma bergets effektiva retardationsegenskaper.

5.6.2 Detaljundersökningar

SKB redovisar ingen preciserad plan för hur detaljundersökningar av en plats skall genomföras utom att dessa skall ske från en tunnel eller ett schakt som drivs ner till nivån för det tänkta förvaret.

SKBs kunskapsläge avseende detaljundersökningar diskuteras i avsnitt 7.7 och kapitel 8 i SKIs granskning. Det framgår där att det finns många återstående frågor som behöver lösas. Framförallt gäller att detaljundersökningarna måste kunna ge svar på de frågor (minskade osäkerheter etc.) som kommer att ställas under förundersökningarna. Vidare måste frågan om detaljundersökningen kan skada ett framtida förvar utredas. Det gäller, t.ex., tunneldrivning, injekteringsmetodik och utnyttjande av betong i slutförvaret. Det verkar uppenbart att tillräcklig tid måste avsättas för att få den nödvändiga resultatöverföringen från Äspöprojektet, där dessa frågor bör utredas.

5.7 BYGGE AV ETT DJUPFÖRVAR

För att åstadkomma slutförvaringen behöver SKB bland annat bygga en inkapslingsstation, ett djupförvar och ett transportsystem. Inkapslingsstationen samt SKBs utredningar om olika system för djupförvaret diskuteras i andra delar av SKIs granskning (kapitel 3 och 4). I det följande diskuteras det forsknings- och utvecklingsprogram som behövs för att bygga ett djupförvar i enlighet med SKBs huvudalternativ, KBS-3. I LOK ger SKB en mycket översiktlig redovisning om vilka anläggningar som behöver byggas för att åstadkomma ett sådant djupförvar. Mer information ges i FUD och stödjande FoU. SKI har dock valt att diskutera bygget av djupförvaret inom detta kapitel.

5.7.1 Ovanjordsanläggningar och transporter

Enligt SKB behöver flera ovanjordsanläggningar byggas. Dessa omfattar bland annat anläggningar för mottagning av kapslar, hantering och lagring av buffert och återfyllnadsmaterial, hantering och eventuellt upplag för sprängmassor m.m., teknisk service, administration samt tunnelpåslag med hiss och ventilationsbyggnader.

Bentonithantering

SKI har som en förberedelse för föreliggande granskning låtit göra en särskild konsultstudie över SKBs FoU-arbete inom buffertområdet (Lagerblad, 1993b). Mot bakgrund av resultaten från denna studie har SKI inga tyngre invändningar mot SKBs FoU-arbete avseende bentonitlera. Detaljkommentarer återfinns i avsnitt 7.4. Däremot vill SKI ta upp vissa frågor kring de tekniska aspekterna kring bufferten.

De metoder som SKB kommit fram till i sitt systemval förutsätter användande av förkompakterad bentonit runt kapseln. Som diskuteras i nästa avsnitt kan det vara av intresse att studera om kompakterade block bestående av en blandning av bentonit och sand kan utnyttjas för utfyllnad även i tunnlarna. En annan metod, som beskrivs översiktligt i SKBs FUD-program 92, innebär att en blandning av bentonit och sand kompakteras på plats i tunnlarna, varefter översta delen fylls med hjälp av att en pulverblandning sprutas på plats.

SKI konstaterar att de ovan skisserade processerna innebär en avsevärd pulverhantering samt att ett antal frågor kring pulverteknik behöver bearbetas och finna sin tekniska lösning. Bland annat behöver SKB bearbeta följande frågeställningar:

- Vilka egenskaper skall bentonitblocken ha och hur skall de appliceras för att man skall undvika lokalt förhöjda temperaturer på kapselytan och därmed sammanhängande risk för torrkokning och saltanrikning?
- Hur säkerställs bentonitens homogenitet med hänsyn till risken för lokal korrosion på kapselytan?
- Hur säkerställs bentonitens homogenitet vid pulverhantering på plats i tunneln? (Sand som har separerat ut kan ge upphov till en hög hydraulisk konduktivitet. Alternativt kan inhomogenitet ge upphov till sprickbildning)
- Skall blocken isostatpressas med därmed sammanhängande högre kostnad samt behov av avverkning till önskad dimension?
- Skall blocken pressas enaxligt med därmed sammanhängande högre behov av goda "kollaps-egenskaper", eventuell tillsats av inre smörjmedel samt smörjmedel för presscylindern?
- Vilken förbehandling skall pulvret genomgå, t.ex. homogenisering, spraytorkning, rivning etc. ?
- Vilka tillsatsmedel kan användas med hänsyn till risken för oönskade kemiska reaktioner i slutförvaret efter förslutning?

Det är tänkbart att SKB, när ovanstående frågor har besvarats, kommer fram till att man behöver en särskild anläggning för förbehandling av pulver och för pressning av block. Det förefaller angeläget att pressade block med sådana egenskaper som de kan tänkas få i en verklig process kan provas i Äspölaboratoriet. Det förefaller önskvärt att denna provning kan försiggå under en tid av åtminstone några år, innan deponering av använt bränsle kommer till stånd. SKI vill därför rekommendera SKB att närmare gå igenom de tekniska aspekterna av bentonithantering för att sätta sig in i hur beredning, pressning och applicering av pulver bör kunna gå till.

Transporter

Från inkapslingsstationen behöver kapslarna med använt kärnbränsle transporteras till djupförvaret. Det är ännu inte klarlagt var dessa anläggningar kommer att vara lokaliserade och transportsättet (fartyg, tåg, särskilt transportfordon etc. eller en kombination av dessa) är därför inte heller inte bestämt. Allmänt kan SKI dock konstatera att SKB har en omfattande erfarenhet av transport av kärnavfall och använt kärnbränsle liksom av tillämpningen av de transportregler som IAEA givit. SKI och Statens strålskydds-institut är ansvariga myndigheter vad gäller säkerhet respektive strålskydd.

5.7.2 Teknik för djupförvaring

SKB menar att teknik för tillredning av djupförvaret, deponering av kapslar samt återfyllnad av bentonit runt kapslarna bygger på känd teknik eller alternativt anpassning av känd teknik enligt etablerad ingenjörsexpraxis. SKI instämmer bara delvis i detta resonemang, eftersom det inte bara gäller att fysiskt konstruera orter och deponeringshål och placera kapslar med återfyllnad. Arbetet måste dessutom utföras så att de kvalitetskrav som ställs utifrån den långsiktiga säkerheten kan tillgodoses. Dessa krav är idag dels ofullständigt kända, dels av annan karaktär än de krav som normalt ställs på bergrumsanläggningar. Ett kvalitetsprogram behöver utvecklas.

SKB framför vidare att detaljlokaliseringen av slutförvaret kan göras med stor flexibilitet och att lägen för tunnlar och deponeringshål kan anpassas efter lokala förhållanden. Rent principiellt anser SKI att sådan flexibilitet skall eftersträvas. Omfattande förändringar av tunnarnas placering kan dock i praktiken visa sig bli relativt komplicerat. Under alla förhållanden kräver ett flexibelt arbetssätt kriterier för när utformningen skall förändras eller deponeringshål användas. Sådana kriterier måste baseras på praktiskt mätbara storheter och måste samtidigt belysa väsentliga egenskaper hos förvaret.

SKB diskuterar att utnyttja fullortsborrning i stället för konventionell sprängteknik vid drivning av delar av slutförvaret. SKI och SKIs konsulter (SINTAB/BERGAB och Hermansson m.fl., 1993) menar att fullortsborrning verkar erbjuda flera fördelar. Både drivningstekniken i sig och ortens cirkulära form borde ge en betydligt mindre utvecklade störd zon. Borrade tunnlar skulle också kunna ge andra möjligheter till återfyllnad. Kunskaperna om olika drivningsmetoders inverkan på berget är dock ofullständiga och de försök om den störda zonen, som planeras inom Äspöprojektet, är därför viktiga. Vidare kan flexibiliteten i den geometriska förläggningen av förvarets orter förändras om fullortsborrning används. Hermansson m.fl. (1993) har i detta sammanhang ställt frågan om lokaliseringen av deponeringsorter i ett plan skulle utgöra en tänkbar brottsanvisning i samband med en istid. Genom att sprida tunnarna i rummet skulle denna möjlighet kunna minskas.

SKB påpekar att konventionell teknik för bergförstärkning där betong ofta används kan vara olämplig i en slutförvarsmiljö. Istället krävs beredskap för att använda andra metoder. SKI instämmer i detta. SKB bör utreda dessa frågor, framförallt inverkan av betong i slutförvaret (Hermansson m.fl. 1993). Om teknikutveckling behövs måste praktiska prov genomföras. Dessa kan utföras på Äspö men också i samband med andra

bergbyggen. Förstärkningarnas beständighet måste vara klarlagd. Det är inte acceptabelt att orter "rasar igen" under deponeringsfasen.

SKB framhåller att injektering används regelbundet för avtätning av vattenflöde till berggrum och att det finns stor erfarenhet om olika injekteringsmedel. SKI vill dock först framhålla att kunskapen om injekteringens mekanismer trots allt är bristfälliga och de som finns är dåligt förankrade bland praktiska byggare. Vidare måste slås fast att injektering inte kan användas för att förbättra bergets långsiktiga egenskaper, vilket även Chalmers tekniska högskola konstaterar. Injekteringen har dock stor praktisk betydelse, dels av säkerhetsskäl för personal och dels för att möjliggöra viktiga arbeten i förvaret, framförallt inplacering av buffert och återfyllnad.

För att täta stora sprickzoner med höga vattentryck krävs utveckling av injekteringsmetoder kombinerad med god planering av byggandet. Å andra sidan finns det en konflikt mellan injektering och prognostiserbarhet. Vidare kan injekteringen ge kemisk påverkan, speciellt om cementbaserade material används. Utredning av dessa frågor och utveckling av nya injekteringsmetoder och injekteringsmedel är viktig.

Förutom de frågor SKB själva tar upp vill SKI fästa uppmärksamheten på några andra frågor.

- Den kemiska miljön i förvaret kan bli störd under bygg- och deponeringsskedet. Vid dräneringen av förvaret blir grundvattenomsättningen betydande. Ytliga grundvatten kan därför komma i förvarets närhet (Hermansson m.fl., 1993).
- Rutiner för att hindra kemisk påverkan orsakad av slarv (utspilda oljor, kvarglömda persedlar) behöver utvecklas.
- Naturskyddsföreningen undrar om 500 m djup för slutförvaret räcker med tanke på landhöjning och istid. SKI saknar en diskussion om på vilket djup förvaret skall placeras.
- En utbyggnad av ett slutförvar (eller ett demonstrationsförvar) får inte påverka det redan deponerade avfallet.
- Försvarets forskningsanstalt framför att system för långsiktig övervakning av förvaret behövs fram till förslutning. SKI instämmer. Den långsiktiga säkerheten kan visserligen inte demonstreras, men förvarets långa drifttid (och Äspö som redan är igång) ger unik möjlighet att utföra mätningar och experiment under mycket lång tid (10-tals år).

Dessa frågor utgör ingen komplett lista, och tar inte med säkerhet upp vad som är mest angeläget. Listan illustrerar dock att arbetet med att praktiskt utforma djupförvaret bara har börjat och att en mängd tekniska frågor, vissa små andra av högre dignitet kommer att dyka upp och kräva acceptabel lösning.

5.7.3 Deponering och återtagande av använt bränsle

Under perioden 1993 - 1998 planerar SKB att utveckla utrustning för återtagande av kapslar parallellt med utrustningen för deponering. Olika tester, eventuellt i prototypskala, genomförs. Utveckling av teknik för framställning och hantering av bentonitblock påbörjas.

Naturskyddsföreningen menar att avfallet måste kunna gå att återta under demonstrationsfasen. Efter förslutning måste däremot återtag aktivt förhindras av framförallt safeguardskäl. Föreningen tror inte att detta kan åstadkommas i ett förvar av KBS-3 modell.

Statens strålskyddsinstitut pekar på behovet av dosberäkningar även under driftperioden. Man menar vidare att återtagbarhet garanterat genom förvarskonstruktion och informationsbevarande i och för sig är av värde, men kan tänka sig ge avkall på återtagbarheten om ett annat förvarssystem, t.ex. djupa borrhål, skulle visa sig innebära ett ytterligare skydd för människa och miljö.

SKI menar att redan inför beslut om detaljundersökningar är det viktigt att SKB övertygande visar att den praktiska hanteringen i djupförvaret kan lösas med normal ingenjörsmässig utveckling. Exempel på frågor som kan behöva belysas är beständighet i bergsäkring och injektering under den tid som återtag är aktuellt, samt tillverkning och hantering av förkompakterade bentonitblock. Planer för omhändertagande av de återtagna kapslarna måste också tas fram.

5.7.4 Återfyllnad, pluggning och förslutning

SKB planerar återfylla förvaret med en sand-bentonitblandning. God återfyllnad krävs för att hindra tunneldeformationer. I detta sammanhang framför Chalmers tekniska högskola att hålrummen i berget kommer att på sluta sig på sikt, och man menar att jämfört med vår kunskap om berget är osäkerheterna beträffande återfyllnadens beständighet och uppträdande i tunnel och schaktssystem fundamental. Stockholms universitet frågar hur olika former av återfyllnad och pluggar klarar sådana glaciation-deglaciationeffekter som tryck och termiska gradienter.

SKI vill stryka under att mer studier krävs. Fullortsborrning kan ge nya möjligheter för återfyllnad, eftersom den skarpa toleransen hos tunnelns form då skulle kunna möjliggöra återfyllnad med förkompakterad bentonit (Hermansson m.fl., 1993)

SKB påpekar också att när deponeringen avslutas måste borrhål, tunnlar och schakt förslutas på strategiska ställen - annars blir grundvattenomsättning, och också påverkan på grundvattenkemin - så hög att förvarets egenskaper äventyras. Baserat på faktiskt gjorda försök i Stripa anger SKB att pluggar som effektivt tätar själva tunneln kan byggas av betong och bentonit. Förutsättningarna att beständigt täta berget närmast kapseln är mindre klara men förutses kunna ske genom att slitsar fräses ut i bergväggen eventuellt kombinerat med injektering i bergmassan.

SKI vill framhålla att pluggningen av förvaret är en mycket viktig fråga. Ett icke-förslutet förvar är inte acceptabelt. Det finns i dag vissa frågetecken kring möjligheterna att effektivt försluta förvaret. Problemen är främst kopplade till svårigheterna att göra prognos över den störda zonen samt till osäkerheter om pluggningens beständighet. SKB behöver utreda dessa frågor, inte minst avseende pluggningens beständighet vid klimatförändringar (permafrost) och andra scenarier.

5.7.5 Safeguard

SKB tar inte upp safeguardfrågor i samband med djupförvaring. Försvarets forskningsanstalt menar att safeguard av ett slutförvar är enklare och mindre väsentlig än vid annan kärnteknisk hantering, men safeguardaspekter bör i alla fall nämnas vid anläggningarnas utformning, hanteringskedjor etc. Även Statens strålskyddsinstitut betonar safeguardfrågor. Naturskyddsföreningen menar att KBS-3 metoden har stora brister ur långsiktig safeguardsynpunkt och kommer att kräva ständig övervakning. Alternativ förvarsutformning behövs.

SKI menar, som framgår av avsnitt 2.10, att safeguardfrågorna behöver utredas vidare. Detta innebär dock knappast att KBS-3 metoden kommer att visa sig olämplig ur safeguardsynpunkt. Fördelarna med djupa borrhål i detta sammanhang är inte heller uppenbara.

5.7.6 Samlad bedömning

Sammanfattningsvis ser inte SKI de praktiska problemen med att bygga djupförvaret som så stora att de i detta läge skulle göra principlösningen olämplig. De måste å andra sidan framhållas att många av de problem och frågeställningar som ovan belysts måste vara klarlagda redan innan slutgiltig ställning kan tas till ansökan om detaljundersökningar.

5.8 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

SKI anser att de planer som SKB redovisar kan tas som utgångspunkt för vidare planering av djupförvarsprojektet. Som de redovisas behöver dock SKBs planer vidareutvecklas innan ett konkret djupförvarsprojekt kan påbörjas.

Information som kan inhämtas från undersökningar av tänkbara lokaliseringssorter ger viktigt underlag för hur slutförvarssystemet skall utformas. Det är därför rimligt att påbörja förundersökningar på platser för att erhålla sådant underlag. Samtidigt måste framhållas att helt andra krav på underlagsmaterial och genomarbetade systemlösningar gäller när undersökningarna blir så omfattande att bindningen vid en viss plats blir betydande. SKI menar att detta inträffar när detaljundersökningar påbörjas.

Ordet demonstrationsdeponering verkar olämpligt, och till och med vilseledande. Den långsiktiga säkerheten kan inte demonstreras och bindningen till platsen för demonstrationsförvaret blir betydande. Flera viktiga, och kapitalintensiva, delar av systemet måste

byggas i fullskala, oavsett hur mycket använt bränsle som ska deponeras. Däremot anser SKI att det är naturligt att bygga ut slutförvaret i etapper, med återkommande myndighetsprövning. Under byggtid och deponeringsfas bör SKB fortsätta utredandet av förvarets långsiktiga säkerhet. För att detta skall vara meningsfullt är det viktigt att det finns reella möjligheter, både praktiskt och ekonomiskt, till återtagande.

SKI menar att Sverige sannolikt har förutsättningar för att ta hand om det använda bränslet, men SKB har inte konsekvent redovisat vilka kunskapsluckor och frågor som återstår att lösa. SKB har inte heller visat att det finns goda geologiska förutsättningar att lokalisera ett djupförvar i de flesta delarna av landet.

Det är SKIs bedömning att en sammanvägning av de allmänna tekniska, geovetenskapliga och samhällseliga lokaliseringsfaktorerna skulle visa att vissa delar av landet är mindre lämpade för ett slutförvar. SKB bör därför redan nu, och innan omfattande förundersökningar av kandidatområden påbörjas, genomföra en analys av lokaliseringsfaktorerna och redovisa områden i Sverige som i den första urvalsomgången förefaller mindre lämpliga för slutförvaring.

SKI vill å andra sidan framhålla att det inte är meningsfullt att rangordna platser med syftet att hitta den bästa platsen. Flera viktiga egenskaper, främst avseende den lokala grundvattenomsättningen och bergets retardationsförmåga kan förmodligen inte bestämmas utan omfattande undersökningar. SKI inser därför att SKB måste grunda sin lokalisering på ett delvis ofullständigt beslutsunderlag. Detta innebär att SKB måste ha flexibilitet i utvärderingen av olika platser. Kommande förundersökningar och detaljundersökningar av en viss plats kan resultera i att platsen måste överges. Ju längre SKB har undersökt en plats desto större blir bindningen till den. Det är därför viktigt att SKB så tidigt som möjligt undviker platser med dålig prognos att ge säker slutförvaring.

En väl utformad MKB-process kommer att vara ett viktigt verktyg både för att åstadkomma ett bra beslutsunderlag och för att få acceptans för en lokalisering. Olika aktörer behöver delta i MKB-processen, inte bara de som formellt är beslutsfattande. Ett viktigt inslag i MKB-processen är diskussioner med aktörerna om vad som skall ingå i en MKB och en återkommande analys av de frågor som de ingående aktörerna bedömt behöver utredas. SKI vill också uttala sitt stöd för tanken att de ingående aktörerna ges faktiska (ekonomiska) möjligheter att delta i arbetet. Det är uppenbart rimligt att sådant stöd ges till berörd kommun, men utformningen av sådant stöd och frågan om även andra aktörer skall ha stöd behöver utredas.

MKB-dokumentet skall utgöra den huvudhandling som väger samman olika konsekvenser och aspekter. Dokumentet skall vara vetenskapligt kontrollerbart och med referenser till allt underliggande arbete. Vidare ser SKI det som självklart att de säkerhetsanalyser som utförts utgör tyngdpunkten i dokumentet, men andra aktörers synpunkter måste beaktas om processen skall vara meningsfull. MKB-dokumentet måste redovisa alternativ avseende plats och metod samt ett noll-alternativ.

SKI vill starkt betona att omfattande förundersökningar inte kan påbörjas förrän en godtagbar plan för dessa utarbetats. Den beskrivning som ges i SKBs FUD-program är inte ett tillräckligt underlag.

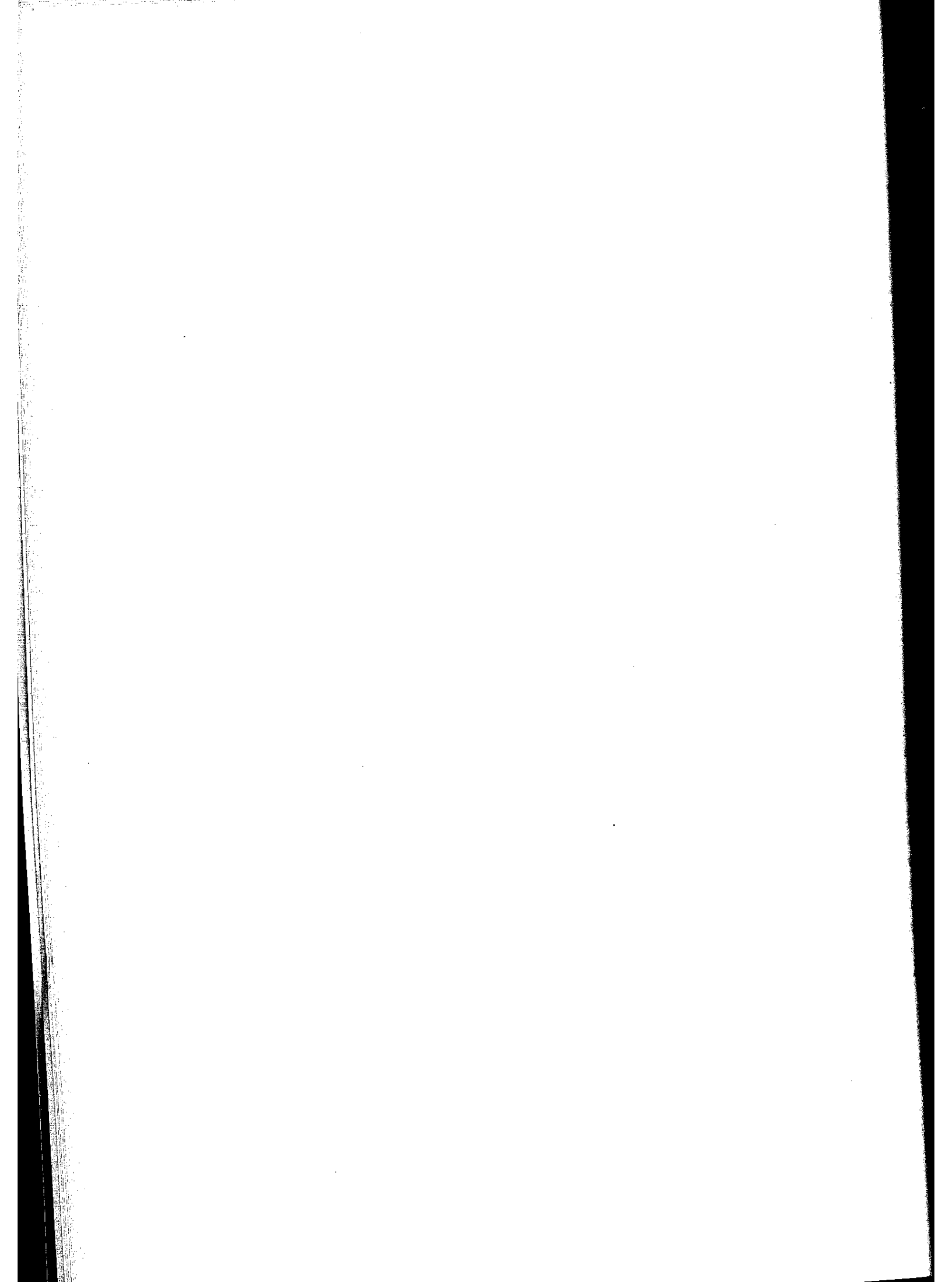
Påbörjade detaljundersökningar innebär en stor låsning till platsen vilket innebär att SKI sannolikt endast kan tillstyrka en ansökan om detaljundersökningar om avgörande osäkerheter om slutförvarssystemet är lösta, och om det finns en ändamålsenlig plan för detaljundersökningarna.

Frågan om vilken alternativbredd som kommer att behövas vid den slutliga lokaliseringsansökan enligt NRL och KTL måste redan nu uppmärksammas inom ramen för MKB-arbetet. SKI anser att det inte verkar rimligt att lägga ner omfattande resurser på att detaljundersöka mer än en plats, om detta inte visar sig nödvändigt p.g.a. att den första platsen skulle visa sig olämplig. Detta synsätt ställer, å andra sidan, mycket stora krav på den urvalsprocess som leder fram till kandidatorter och val av plats för detaljundersökningar.

De praktiska problemen med att bygga djupförvaret är knappast så stora att de i detta läge skulle göra principlösningen olämplig. Det finns dock flera problem och frågeställningar som måste vara klarlagda redan innan slutgiltig ställning kan tas till ansökan om detaljundersökningar. Ovanjordsanläggningen för bentonithantering, förvarsdjup, drivningsteknik, betong i slutförvaret, injektering, system för långsiktig övervakning, återtagande av deponerat avfall, förslutning av förvaret samt safeguard behöver uppmärksammas.

SKIs bedömning är att SKBs tidsplan för djupförvarsprojektet verkar väl optimistisk. SKI avstår dock från att komma med detaljerade kommentarer i denna fråga, utan vill istället fästa uppmärksamheten på det underlagsmaterial SKB måste ha framme vid olika beslutstidpunkter i framtiden.

Djupförvarsprojektets framgång beror slutligen också på andra delar av SKBs verksamhet. Viktiga kunskaper om undersökningsmetodik och utformning av slutförvaret planerar SKB att ta fram inom ramen för Äspöprojektet. För att i ett tillståndsärende övertygande kunna visa förvarets säkerhet krävs framsteg inom säkerhetsanalys och övrig stödjande FoU. Vidare kan frågan ställas om tillstånd till lokalisering av djupförvar kan behandlas oberoende av ansökan om lokalisering av inkapslingsstationen. Djupförvarets säkerhet kan inte bedömas utan kännedom om kapslarnas egenskaper, omvänt kan knappast SKI tillstyrka tillverkning av kapslar utan att veta om dessa kan förvaras som avsett. Djupförvarets praktiska egenskaper behöver vara kända. Ovanstående resonemang innebär att stora krav kommer att ställas på SKBs organisation och planering av olika insatser. I dagsläget kan det vara väl motiverat att splittra upp verksamheterna i olika projekt. Verksamheterna behöver dock samordnas och de olika projektens karaktär av beställare (t.ex. djupförvarsprojektet) och leverantörer (t.ex. Äspöprojektet) klaras ut. Till slut måste också de olika projekten integreras.



6 SÄKERHETSANALYS

6.1 INLEDNING

SKB har valt att beskriva verksamheten inom säkerhetsanalys i separata kapitel (Kapitel 10 i FUD-programmet och kapitel 2 i Stödande FoU). SKB konstaterar där att den kärntekniska verksamheten måste genomföras på ett acceptabelt sätt med hänsyn till säkerhet och strålskydd. Bedömning av säkerheten görs med hjälp av funktionsanalyser och säkerhetsanalyser. Resultaten skall uttryckas i termer som överensstämmer med acceptanskriterier som fastställs av myndigheterna.

6.1.1 Allmänt kunskapsläge

SKB hänvisar till den s.k. "Collective-Opinion", som NEA/IAEA/EG har gett ut, där det bland annat konstateras att det idag finns metoder för att bedöma säkerheten hos ett slutförvar. SKB framför också att materialet i den nyligen avslutade säkerhetsanalysen SKB 91 till en stor del utgör en redovisning av dagens kunskapsläge.

Chalmers tekniska högskola påpekar att verifiering av säkerhetsbedömning eller skattningar av sannolikheter inte kan erhållas. Den erfarenhetsåterföring, som fungerar i annan industri, kan inte göras och SKB borde framhålla detta grundläggande problem, som inte kan lösas. Kungliga tekniska högskolan har flera invändningar mot SKBs sätt att beskriva säkerhetsanalyser, se nedan, men menar att det mesta dock tyder på att SKB på ett rimligt sätt utnyttjat tillgängliga data och teknisk vetenskaplig kunskap för att planera och genomföra säkerhetsanalyserna. Folkkampanjen påpekar att "Collective Opinion" inte säger att det finns säkra metoder för slutförvaring utan berör metoder för utvärdering av säkerhet, det finns ingen uttalad bred enighet bland den internationella expertisen att slutförvaringsmetoderna klarar höga säkerhetskrav.

SKI deltog i arbetet med "Collective Opinion". Dokumentet berör frågor om metoder för säkerhetsanalys och SKI ställer upp på dess slutsatser. I dokumentet framhålls dock att en korrekt och tillräcklig förståelse för det studerade systemet är förutsättningen för att meningsfulla analyser ska kunna genomföras. För detta krävs mera forsknings- och utvecklingsinsatser.

SKI har genomfört en granskning av SKB 91 (SKI, 1992) och kan utifrån denna konstatera att SKB 91 uppvisar stora brister avseende redovisning av dagens kunskapsläge eftersom bland annat analys av närområdet och bergets långsiktiga stabilitet saknas. Vidare är kopplingen till platsspecifika data i SKB 91 svag och en diskussion om tolkningens giltighet/validitet saknas. I SKB 91 konstateras att ett förvar är säkert om de tekniska barriärerna är långtidsstabila, men detta påstående är i det närmaste självklart och därav följer inte att ett verkligt förvar är säkert.

Kungliga tekniska högskolan konstaterar att SKB 91 inte utgör en komplett säkerhetsanalys. SKIs konsultgrupp (Hermansson m.fl. 1993) påpekar att det inte är självklart att kapseln är långtidsstabil och att SKB 91 dessutom bygger på en koppar-bly kapsel som kan ha andra egenskaper än den nu föreslagna kompositkapseln (se vidare avsnitt

7.3). SKIs konsult Apted (1993) menar att det är långt ifrån bevisat att grundvattenkemin är långtidsstabil.

SKI vill starkt framhålla att SKB 91 *inte har visat* att alla nödvändiga frågor är lösta eller att ett stort antal platser skulle klara kraven. Dessa frågor studerades inte i SKB 91 och SKI *vänder sig starkt emot* att SKB redovisar SKB 91 på detta sätt. Trots detta vill SKI samtidigt framföra att SKBs faktiska kompetens inom området ligger på hög internationell nivå.

6.1.2 Säkerhetsanalysens syfte

SKB påpekar att säkerhetsanalyser kan göras med olika syften under olika faser av utvecklingen av ett slutförvar. SKI instämmer i detta synsätt och vill poängtera att säkerhetsanalyser bör vara viktiga instrument för integrering och prioritering av forsknings- och utvecklingsinsatser och inte bara utgör underlag för olika tillståndsansökningar. En säkerhetsanalys primära syfte är dock att klarlägga den sammanvägda säkerhetseffekten av ett slutförvar, vilket innebär krav på att inte avgränsa analyserna för mycket.

SKI och SKIs konsult Intera (Chapman m.fl., 1993) kan i detta sammanhang inte undgå att kommentera att inriktningen på SKBs forskningsprogram, som bland annat innehåller stora satsningar på grundvattenströmning i berg, inte tycks överensstämma med de slutsatser SKB drar från SKB 91. Med tanke på de alltför snäva avgränsningarna i SKB 91 är detta inte en invändning mot SKBs forskningsprogram utan pekar på SKBs problem att avgränsa och prioritera forskningsprogrammet på ett försvarbart sätt. Sådan avgränsning och prioritering är nödvändig. Även detta skäl talar därför för behovet av en vid omfattning av säkerhetsanalysen.

6.1.3 Omfattning och avgränsningar

Ett flertal remissinstanser kommenterar säkerhetsanalysens omfattning och avgränsningar.

Kemikalieinspektionen saknar en redovisning av kemiska risker och påpekar att sådan krävs. Statens naturvårdsverk menar att samma krav bör ställas på redovisning och bedömning av spridning och effekter av kemotoxiska ämnen som för de radioaktiva komponenterna, åtminstone de närmaste 100 000 åren.

Kungliga tekniska högskolan framför att säkerhetsanalysen är fundamental, men att det är svårt att i FUD-92 finna en plan för hur säkerhetsanalysen av hela systemet skall genomföras. En komplett säkerhetsanalys måste ange systemavgränsningarna i tid och rum, möjliga samband mellan systemets delar, data och kunskap om delsystem och komponenter, analysmetod samt osäkerheter p.g.a. av modellosäkerhet och fel respektive brister i datakvaliteten. KTH framför vidare att ett slutförvar inte enkelt kan delas upp i komponenter. Det finns ingen självklar orsak/verkan utan det kan bli frågan om beroenden mellan flera delar och processer. Det är viktigt att ange vilka beroenden som kan förekomma och vilka man väljer att ta hänsyn till.

Naturvetenskapliga forskningsrådet framhåller att säkerhetsanalysen är mycket viktig och noterar att den innefattar bl.a. analyser av förvarets olika funktioner samt bedömningar av radionuklidernas frigörelse och transport och deras konsekvens i form av dosbelastningar till biosfären. Man framför att det vore värdefullt att i säkerhetsanalysen närmare studera förutsättningarna och sannolikheterna för att andra betingelser än motsvarande normalfallet skall erhållas. Flera oberoende angrepp bör göras för att studera resultatens känslighet med avseende på modellval, behandling av osäkerhet m.m.

SKI vill också starkt framhålla att en säkerhetsanalys inte begränsas till att koppla ihop modeller för källterm, barriärfunktioner, grundvattentransport och dos. Alla processer som påverkar förvarets funktion måste analyseras och den underliggande kunskapsbasen måste redovisas. Beskrivningen av säkerhetsanalys i FUD-92, ger dessvärre intrycket att SKB har valt en alltför snäv avgränsning. Till exempel, har SKB valt att infoga den hydrogeologiska beskrivningen av berget i säkerhetsanalysen, men diskuterar inte geokemisk miljö eller bergmekaniska förhållanden. Detta är speciellt märkligt, eftersom SKB själva framhåller att bergets viktigaste funktion är att garantera en stabil kemisk miljö och ge mekaniskt skydd. På samma sätt kan analyser av närområdet inte begränsas till beräkningar av bränsleupplösning och nuklidfrigörelse utan måste omfatta alla väsentliga processer som påverkar kapselns långsiktiga egenskaper.

En mycket viktig uppgift i en integrerad säkerhetsanalys är vidare hanteringen av osäkerheter. Att strukturera dessa osäkerheter, som alltid kommer att finnas kvar mer eller mindre, är av vital betydelse för att man rätt skall kunna bedöma om doskonsekvenser eller andra framräknade säkerhetsindikatorer är relevanta. Hur mätbara (kvantifierbara) osäkerheter ska sammanvägas med ej kvantifierbara kunskapsbrister måste belysas.

6.1.4 Acceptanskriterier

SKI och Statens strålskyddsinstitut arbetar med att utveckla principer och acceptanskriterier för den långsiktiga slutförvaringen av högaktivt radioaktivt avfall. Arbetet har, bland annat, skett i samarbete med de nordiska länderna (Nordiskt kriteriedokument, 1989) och den schweiziska myndigheten HSK (SKI/HSK/SSI, 1990). SKB förutsätter att arbetet fortsätter så att säkerhetskraven har fastslagits innan lokaliseringsarbetet kommer in i ett formaliserat licensieringsskede.

Statens strålskyddsinstitut framför att det finns en allmän praxis för granskning av slutförvar i Sverige, som baseras på tidigare granskningar och på samarbetet om kriterier. Däremot saknas detaljkriterier för hur en formell granskning skall utföras. Detta kan innebära fördelar genom att myndigheterna kan arbeta med en vetenskaplig grundsyn och flexibilitet men nackdelen är att det kan tänkas bli svårt att särskilja vilka beslut som är tekniskt-vetenskapliga och vilka som är mer politiska. En fastare ram för beslutsprocessen behövs och kan också ges via myndighetssamarbete om krav för miljökonsekvensbeskrivningar (MKB). Strålskyddsinstitutet kommer att engagera sig i detta arbete.

SKI instämmer i Strålskyddsinstitutets ståndpunkter. Föreskrifter och allmänna råd för MKB enligt KTL och SSL kommer att utarbetas i samarbete med Strålskyddsinstitutet.

SKI kommer dessutom att engagera sig för en samordning mellan säkerhets- och strålskyddskrav och de övriga krav som kan komma att ställas på en MKB enligt NRL. (Se kapitel 5 för vidare diskussion). SKI vill i detta sammanhang också betona att granskningen av säkerhetsanalyser inte begränsas till att kontrollera om framräknade utsläpp överensstämmer med satta acceptanskriterier. Huvuddelen av granskningen ägnas åt att utreda om alla väsentliga processer och deras inbördes kopplingar har tagits med samt om dessa beskrivits korrekt ur teknisk/vetenskaplig synvinkel. Frågan är kopplad till redovisning av kunskapsläge, scenarier, hantering av osäkerheter och validering. För närvarande utarbetar SKI riktlinjer för validering tillsammans med säkerhetsmyndigheten i USA, U.S. Nuclear Regulatory Commission. SKI kommer att lägga stor vikt vid dessa frågor i det kommande arbetet med allmänna råd och föreskrifter. SKIs syn på dessa frågor utvecklas i nästa avsnitt, metodik för säkerhetsanalys.

6.1.5 Samlad bedömning

SKIs samlade bedömning är att SKB bör ompröva sin syn på säkerhetsanalysens omfattning, avgränsning och syfte. Vidare är det angeläget att SKB snarast genomför en samlad fullständig säkerhetsanalys för att göra en riktig avvägning mellan olika problem och kunskapsluckor. Först därefter blir det riktigt meningsfullt att formulera det långsiktiga forskningsprogrammet med dess prioriteringar.

6.2 METODIK FÖR SÄKERHETSANALYS

En säkerhetsanalys baseras på modeller och kunskaper om systemet. För att sätta samman denna information krävs dessutom övergripande systemanalytiska metoder och angreppssätt.

6.2.1 Scenarier

SKB planerar att utveckla den metod för systematisering av scenario-utveckling som för flera år sedan inleddes med ett projekt tillsammans med SKI. (Idag bedriver SKI oberoende utveckling av scenariometodik). Tyngdpunkten i arbetet, som redan påbörjats, blir att beskriva länkarna mellan de olika grundläggande processer och yttre händelser FEPs, (Features, Events and Processes) som påverkar förvarssystemets utveckling. FEPs och länkar dokumenteras i en databas.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) framför att det är avgörande vilka scenarier som tas med. Proceduren för scenarieval är mycket viktig och måste visas fram tydligare. Vid urvalet av scenarier är det väsentligt att inse att den mest troliga händelseutvecklingen inte nödvändigtvis är den mest intressanta. Riskpotentialen för mindre troliga scenarier kan vara betydligt högre. Ett sätt att hantera urvalet av scenarier skulle kunna vara att utnyttja två oberoende grupper.

SKI instämmer i KTHs synpunkter. Det är också väsentligt att arbetet med scenarier inte utförs isolerat och i efterhand tas fram som bevis för att man gjort de rätta analyserna. Scenarierna bör istället styra uppläggningsen av säkerhetsanalysen.

SKI stöder SKBs förslag att fortsatt utveckla scenario-metodiken. Det bör framhållas att scenario-metodik för närvarande är ett område med stark internationell utveckling och att någon bästa metod inte är etablerad för närvarande. SKI delar dock SKBs uppfattning att en beskrivning av de inbördes beroendet mellan olika FEP är en bra ansats. Denna ansats är värdefull eftersom den ger en möjlighet att identifiera nya beroenden och kritiska händelsekedjor. Beskrivningen lämpar sig också för oberoende kontroll och kan lätt uppdateras med ny information. Metoden löser dock inte helt det grundläggande problemet hur man ska välja ut ett fåtal scenarier som väl beskriver ett spektrum av kommande händelser. För det senare krävs alltid ett visst mått av bedömning och SKB behöver utveckla metodik för detta. Det är vidare viktigt att tidigt dokumentera och redovisa scenario-arbetet så att utomstående, SKI eller andra aktörer, ges möjlighet att påverka vilka scenarier SKB till slut kommer att analysera. (Se även diskussion om MKB i avsnitt 5.4).

SKB framhåller att listan över FEPs och beskrivningen av deras relationer kommer att uppdateras när arbetet med inkapsling, djupförvar m.m. kommit längre. Stockholms universitet framför att det är absolut nödvändigt att en integrerad säkerhetsanalys som ingår redan i en förprojekteringsfas för byggande av ett slutförvar baserar sig på en systematiserad scenario-analys. SKI konsult SINTAB/BERGAB påpekar att scenarier kan styra platskaraktäriseringsarbetet. Data för att analysera scenarier och motivera scenarieval kan behövas. En liknande synpunkt framförs av Chalmers tekniska högskola.

SKI vill starkt tillstyrka att SKB löpande uppdaterar scenariobeskrivningen och vill framhålla att dessa dokument är levande och att man ska känna stor frihet att ändra i dem utan att känna en alltför stor prestigemässig bindning till gamla bedömningar. En sådan öppen process, som visar hur ny kunskap tas om hand borde på sikt vara ett effektivt instrument för SKB att övertygande visa att man har tillräcklig kompetens. SKB bör, å andra sidan, redan i tidiga analyser sträva efter att analysera så fullständiga scenarier som möjligt.

SKB har i tidigare insatser behandlat inverkan av flera olika yttre händelser, inklusive klimatpåverkan (glaciation), fel i förvaret och viss mänsklig påverkan. SKB avser stödja upprättandet av en internationell FEP-data bas inom OECD/NEA. Vidare planerar SKB att även fortsättningsvis följa OECD/NEAs arbete med att behandla frågor om mänsklig påverkan och intrång. Flera remissinstanser har synpunkter på vilka scenarier och FEP som SKB bör behandla.

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) framför att man måste ta hänsyn till de komplicerade hydrogeologiska förloppen i samband med en nedisning och frågan om isen är bottenfryst eller ej. Man framför vidare att det idag inte går att förutsäga var eventuellt nya förkastningsrörelser kommer att uppträda i samband med nedisningar, eller oberoende av sådana, men att sannolikheten att ett förvar skulle träffas eller skadas allvarligt bedöms som liten. SGU menar också att det kanske är mindre sannolikt att strömningsbild, redoxförhållanden och kemisk sammansättning hos berggrundvattnet skulle hålla sig stabila kring ett förvar under hundratusentals år och att omfattande modelleringsarbete, med olika scenarier som utgångspunkt, behövs.

Försvarets forskningsanstalt menar att insikten om platttektoniken ökat väsentligt under senare tid och att detta kan leda till reviderade uppfattningar om troliga påkänningar på förvaret och om kriterierna för platsvalet. Naturskyddsföreningen i Bohuslän menar att glaciationseffekter och neotektonik behöver utredas. Naturvetenskapliga forskningsrådet framför att man möjligen finner att en fysisk nedbrytning av förvaret krävs för kortslutning eller genombrott, vilket ökar betydelsen av platsvalet liksom att långtids-scenarier beaktas där dynamiska rörelser i jordskorpan och genomgripande klimatförändringar kan äga rum.

Kommunförbundet framför att förvaret måste klara "force majeure", t.ex. krig, social oro, terrorism, naturkatastrofer och klimatförändringar som en istid. Man menar dock att det blir omöjligt att fortvarigt uppfylla de extremt höga krav som måste ställas. Chalmers tekniska högskola menar att framtida brunnsborrning utgör ett hot mot säkerheten. Kungliga tekniska högskolan noterar en styvmoderlig behandling av samhällsförändringar och intrång. Svenska Naturskyddsföreningen diskuterar mänskligt intrång med motivet att hitta klyvbart material för vapenframställning.

KASAM har tidigare uttalat principen att avfallet skall förvaras på ett sätt som inte kräver övervakning men heller inte omöjliggör återtagande. Statens strålskyddsinstitut framför att synen på intrång, återtagande och reparerbarhet är särskilt viktig för valet mellan ett övervakat förvar, respektive huvudalternativet KBS-3 och alternativet djupa borrhål. Ämnet diskuteras intensivt och bör ges en klar struktur. Strålskyddsinstitutet bedömer återtagbarheten som öppen. För samtliga moment gäller att information om förvaret, dess läge, utformning och innehåll är av vikt att bevara till eftervärlden samt att denna information kan vara av nytta under mycket lång tid. Detta är ett nytt problem och SKB kan inte direkt utnyttja andra erfarenheter i samhället. Strålskyddsinstitutet anser det angeläget att frågan utreds och finns med i programmet. SKI instämmer.

SKI instämmer i KASAMs principiella syn på mänskligt intrång. Bedömningen om vilka former av mänsklig påverkan som bör analyseras och vilka som kan hanteras med mer filosofiska resonemang är komplicerad. Förvaret måste absolut klara av viss påverkan, t.ex. fel och misstag vid deponeringen eller brunnar. Det är dock orimligt att på förhand förhindra alla s.k. medvetna intrång. SKI menar att frågor om mänskligt intrång lämpar sig väl för internationellt samarbete. Det bör å andra sidan framhållas att framgångsrikt internationellt arbete förutsätter eget engagemang. Hantering av frågor om intrång och annan mänsklig påverkan kan förväntas engagera fler svenska aktörer än de som intresserar sig för rent tekniska frågor, vilket också kan ses från remissinstansernas synpunkter. SKB bör se till att de resonemang om mänskligt intrång som förs internationellt också förankras bland dessa svenska aktörer. Att enbart hänvisa till slutsatser från en internationell expertgrupp är förmodligen föga övertygande. Även SKI måste i samarbete med Statens strålskyddsinstitut och andra aktörer fortsätta att engagera sig i denna fråga.

SKI vill allmänt påpeka att listan över tänkbara scenarier som kan behöva analyseras kan göras lång. Remissinstanserna har visat på några områden där ytterligare insatser kan motiveras. SKI avstår från att här komma med ytterligare detaljerade synpunkter men den stora mängden tänkbara scenarier illustrerar ytterligare behovet av dokumentation och strategi för urvalet av scenarier. Rent allmänt vill dock SKI starkt framhålla att SKB skall analysera scenarier som ger information om hur förvaret skulle komma

att fungera i olika situationer - även om dessa scenarier bedöms ha mycket låg sannolikhet. Till exempel, är det intressant att studera fall med allvarligt skadad kapsel eller ingen buffert eftersom konsekvensen av sådana fall ger information om betydelsen av om dessa delar fungerar. Även om doskonsekvensen för dessa fall blir hög behöver detta inte hindra att förvaret accepteras och godkänns. Den intressanta frågan är här istället hur trovärdigt SKB lyckas visa att scenariet inte inträffar i kombination med konsekvensen av scenariet om det inträffar.

6.2.2 Hantering av osäkerheter

SKB anger att även om säkerhetsanalyserna har uppnått en hög grad av förfining och realism är analyserna trots allt behäftade med osäkerheter av kvalitativ, konceptuell art såväl som kvantitativ, numerisk art. Olika försök att kategorisera osäkerheterna förekommer, men SKB menar att gränserna är flytande och påpekar att all osäkerhet bottnar i de kunskapsbrister som fortfarande finns. Avseende metoder för att hantera osäkerheter hänvisar SKB i FUD-92 till programpaketet PROPER och de probabilistiska analyserna i SKB 91. Eventuell utveckling av synen på osäkerheter diskuteras inte.

Stockholms universitet framför att probabilistiska beräkningar med PROPER-paketet med fördel kan kombineras med deterministiska variationsberäkningar i en integrerad säkerhetsanalys. Man menar att probabilistiska verktyg kan användas oberoende av hur man representerar sina osäkerheter. Otto Brotzen menar att det som ett första steg behövs en översikt över länkarna i nuvarande säkerhetsanalyser, vilken redovisar i vilken utsträckning de representerar antaganden, teoretiska samband, laboratedata eller allmänna, alternativt platspecifika, fältdata och tester. Detta behövs för att lättare att se luckor och svagheter i analysens underlag

Statens strålskyddsinstitut menar att när det gäller ingenjörsmässiga konstruktioner finns det ingen bred enighet om möjligheten att göra prognoser långt in i framtiden. Kvantitativa beräkningar för ett slutförvars funktion kan ha en trovärdighet under den period där ämnen med kortare halveringstid utgör större delen av den totala radioaktiviteten. Kriterier för förvar av radioaktiva ämnen bör avse perioden fram till nästa förväntade istid.

SKI konstaterar att beskrivning och hantering av osäkerheter är en fråga av övergripande betydelse. Rent principiellt ökar naturligtvis osäkerheten ju längre tiden går efter förslutning. Samtidigt minskar emellertid farligheten hos avfallet genom dess radioaktiva sönderfall, varför också kraven på precision minskar med tiden. Det vore däremot felaktigt att se mindre allvarligt på avfallets risker efter långa tider med det enda argumentet att prognoserna då är svåra att göra. Man kan tvärtom hävda att det kan vara svårare att tolerera en händelse med en viss konsekvens om det råder en stor osäkerhet kring hur stor konsekvensen egentligen är.

Fullständig och absolut säkerhet kan aldrig garanteras för någon mänsklig verksamhet. För utveckling av ett ändamålsenligt och säkert slutförvar behöver osäkerheter kunna hanteras. Detta kan tänkas ske dels genom hur förvaret konstrueras, dels genom hur säkerhetsanalysen genomförs. SKI menar att SKB tillämpar båda dessa principer även om detta inte redovisas klart i FUD-92. SKBs syn kan dock behöva utvecklas.

Genom att förse förvaret med multipla barriärer kan konsekvensen av en felfunktion hos en barriär tänkas nedbringas till en tolerabel nivå. Det kan också vara av stor säkerhetsmässig betydelse om barriärerna kan visas vara oberoende av varandra i förhållande till en given felorsak, d.v.s. om "*common cause failures*" kan uteslutas. Ett annat sätt att reducera eller eliminera risken för en viss konsekvens kan vara att ge förvaret en robust utformning med goda marginaler till sådana förhållanden där det kan finnas risk för att en felfunktion kan tänkas uppstå. Strategin minskar dock inte behovet av en säkerhetsanalys, men den kan inriktas på frågor om barriärerna verkligen är oberoende och för att pröva om de goda marginalerna verkligen finns. Behovet av mer exakta prediktioner minskar, vilket har betydelse för problemet med att beskriva och hantera osäkerheterna.

Det är fruktbart att separera olika typer av osäkerheter som förekommer i en säkerhetsanalys. Viss osäkerhet är övergripande och kan inte kvantifieras, som t.ex. vilka scenarier som ska studeras och om alla relevanta processer och inbördes kopplingar är medtagna. Här är metoden för att ta fram systembeskrivningen (jämför scenarier ovan) av avgörande betydelse för bedömningen. Andra osäkerheter är mer specifika och åtminstone delvis kvantifierbara, som t.ex. frågan om en viss process är riktigt beskriven eller hur mätdata ska tolkas. Dessa osäkerheter kan i vissa fall beskrivas som olika konkurrerande modellbeskrivningar (konceptuell osäkerhet) eller som ett osäkert dataintervall. I andra fall kan kunskapsbristen vara mer fundamental. Dessa frågor är nära kopplade till validering (se nästa avsnitt). Till slut varierar vissa egenskaper i tid och rum. Denna variabilitet utgör ingen osäkerhet och skall inte sammanblandas med det, men variabiliteten kan, å andra sidan, vara en orsak till kunskapsosäkerhet, eftersom den försvårar uppmätning och tolkning.

Den kvantifierbara osäkerheten beskrivs ofta med hjälp av probabilistiska metoder. SKI menar att detta kan vara illustrativt. Probabilistiska koder, som PROPER, är dessutom värdefulla vid känslighetsanalyser. SKI vill å andra sidan samtidigt också varna för att hantera alla osäkerheter enbart på detta sätt. För det första kan probabilistiska metoder inte hantera de ej kvantifierbara osäkerheterna. Detta är en stor brist, eftersom det framförallt är dessa, som skulle kunna dölja någon avgörande invändning mot förvarssystemets säkerhet. För det andra är tolkningen av begreppet sannolikhet i samband med kunskapsosäkerhet inte självklar.

SKI menar att SKB bör redovisa vilka kunskapsbrister som föreligger i form av osäkerheter. Vidare behöver SKB fortsatt utveckla metodik för hur olika osäkerheter skall beskrivas och sammanvägas. (En motsvarande utveckling krävs även inom säkerhetsmyndigheterna.)

6.2.3 Redovisning av kunskapsunderlag och validering

SKI finner det mycket anmärkningsvärt att SKB vid beskrivningen av säkerhetsanalys inte diskuterar försvarbarheten för de samband, modeller och data som analysen grundas på. SKIs uppfattning är att en sådan redovisning utgör en väsentlig del av en säkerhetsanalys. Problematiken kan samordnas under begreppet validering. SKI ger här några allmänna synpunkter på validering, baserat på SKIs arbete inom internationella samarbetsprojekt, främst INTRAVAL, och myndighetssamarbetet med U.S. Nuclear

Regulatory Commission. Mer detaljerade synpunkter på validering ges i kapitlen 7 och 8.

Rent allmänt gäller att förutsägelser om framtiden (prediktioner) inte kan bevisas. Framförallt får en extrapolation aldrig vara baserad enbart på empiriska data. För extrapolation krävs att man har förståelse, det vill säga kunskap om de olika mekanismer som kan tänkas ha betydelse samt tillräckligt väl bestämda parametrar. Detta hindrar inte att viktig kunskap kan nås genom att med olika modeller och hypoteser analysera experiment eller s.k. "naturliga analogier". Uttalanden om validitet måste baseras på vetenskapliga resonemang och utgången av sådana analyser. Speciellt gäller att plats-specifika data snarare skall ses som resultat av olika experiment och inte som uppmätning av specifika egenskaper. Validering är vidare inte bara att jämföra modellprediktioner med mätta data. Den väsentliga frågan är varför ett modellresultat avviker från data och om denna avvikelse inverkar på resultat som har betydelse för säkerheten. Inom INTRAVAL har olika kvantitativa metoder utvecklats för att göra sådan jämförelse. Det måste också slås fast att olika osäkerheter har olika inverkan. Extrapolation av olika modellresultat inom ramen för en integrerad säkerhetsanalys är ett sätt att ge perspektiv på frågan om tillräcklig validitet. SKB uppmanas att uppmärksamma dessa frågor.

6.2.4 Kvalitetssäkring

Avseende kvalitetssäkring hänvisar SKB till erfarenheter från SKB 91. SKB har dock inte redovisat sina erfarenheter i SKB 91-rapporten. Rent allmänt vill SKI stryka under behovet av kvalitetssäkring och att en kvalitetsplan tidigt läggs fast och integreras med SKBs organisation. Kvalitetsprogrammet får dock inte koncentreras kring de frågor som är relativt lätta att kontrollera, t.ex. spårbarhet av dokumentation, utan måste utformas så att det verkligen ger hög kvalitet. Kvalitetsprogrammet måste vara detaljerat med klara prioriterade målsättningar för olika uppgifter (beräkningar, framtagande av data etc.), klar organisations- och ansvarsfördelning, god dokumentation, löpande integrering, samt systematiskt och kompetent från den direkta verksamheten *oberoende* granskning av de resultat som tas fram. SKI avser föra en dialog med SKB om dessa frågor.

6.3 SÄKERHETSANALYS AV BYGG- OCH DRIFTSSKEDE

SKB framhåller att säkerhet även måste visas för den operativa fasen omfattande t. ex. behandling, lagring, transport och deponering av avfallet. Vidare gäller att den operativa säkerheten är kopplad till den långsiktiga säkerheten via erhållen kvalitet för de tekniska barriärerna eller sannolikhet och omfattning av eventuellt icke upptäckta brister vid tillverkningen. Analysen av den operativa säkerheten skall även omfatta den hantering som erfordras för ett eventuellt återtagande och mellanlagring av det avfall som deponeras under den s.k. demonstrationsfasen.

SKB menar att det idag finns väl utvecklade och uttestade metoder och rutiner för säkerhetsanalys av system i aktiv drift inom kärnkraftindustrin. SKB bedömer att dessa metoder är tillräckliga för att bedöma den operativa säkerheten hos de anläggningar som

planeras inom kärnavfallsprogrammet. Viss vidareutveckling krävs dock för ett antal operationer som planeras vid inkapslingsstationen.

Statens strålskyddsinstitut framhåller att strålskyddsproblemen före och kring förslutningen är viktiga och inte försumbara i förhållande till sena stråldoser från förvaret. Resurserna SKB använder för att bedöma sena doser måste vägas mot resurserna som används för att bedöma de tidiga doserna. Strålskyddsinstitutet menar att det förefaller som om otillräckliga resurser satsas på att minimera tidiga stråldoser som t.ex. personalstråldoser från rivningsarbete, inkapsling, transporter och deponering.

SKI delar SKBs bedömning att det sannolikt inte finns några speciella svårigheter att utvärdera säkerheten under bygg- och deponeringsskede. Avseende kopplingen mellan operativ och långsiktig säkerhet vill SKI också framhålla att denna koppling inte bara gäller vilken kvalitet som kan uppnås under den operativa fasen. Rent principiellt kan det också uppstå en konflikt mellan operativ säkerhet och långsiktig säkerhet. Till exempel skulle en situation kunna uppstå då en tillverkad kapsel å ena sidan inte uppfyller alla krav men där det å andra sidan skulle ge hög dospåverkan på personalen i avfallsanläggningen om den felaktiga kapseln åtgärdades. Vid eventuellt återtagande av redan deponerat bränsle förstärks denna frågeställning ytterligare.

SKIs konsulter Hermansson m.fl. (1993) trycker speciellt på problemet att störningar under anläggningskedet kan ha långsiktig påverkan på slutförvaret. Den kemiska miljön påverkas när förvaret är öppet. Grundvattenomsättningen är då betydande. Det finns risk för kemisk påverkan i form av skräp och annat anläggningsspill. SKI instämmer och uppmanar SKB att göra analyser av detta skede som hittills varit något försummat.

6.4 ÖVRIGT LÅNGLIVAT AVFALL

SKB menar att säkerhetsanalysen av slutförvaret för övrigt långlivat avfall (hårdkomponenter, bränsleboxar, styrtstavar m.m.) till viss del kan baseras på samma metodik som förvaret för använt bränsle samt den metodik som utvecklats för SFR, men att viss ytterligare forskning krävs.

Statens naturvårdsverk betonar vikten av den kemiska karaktäriseringen och de kemo-toxiska riskerna med framförallt detta avfall. En redovisning krävs även om bedömningen är att risken är liten. Statens strålskyddsinstitut framhåller att SKB måste redovisa alternativ för omhändertagande i Sverige av det långlivade avfall som förvaras i Studsvik. Övriga kategorier, som radiumnålar m.m., kräver särskilda studier.

SKI instämmer i att tekniken för säkerhetsanalys som beskrivs i bland annat avsnitt 6.2 är generellt tillämpbar även för det övriga långlivade avfallet. De tekniska frågeställningarna kan dock bli annorlunda. Speciellt intressant är att detta avfall har en mer sammansatt kemi än det använda bränslet samt att avfallsformen i övrigt inte kan förväntas ha samma beständighet som kopparkapslarna. Kopplade kemiska fenomen blir av betydelse. SKIs mer detaljerade synpunkter framförs i kapitel 9, men rent allmänt är SKBs redovisning av forskningsbehovet för detta avfall alltför knapphändig.

6.5 MODELLER FÖR BERÄKNING AV FRIGÖRELSE OCH TRANSPORT AV RADIONUKLIDER

SKB har valt att redovisa planer för vidareutveckling av ett antal modeller som ingår i säkerhetsanalysen inom säkerhetsanalysavsnittet. Redovisningen avser modeller för frigörelse och transport av radioaktivitet i närområdet, analyser av kemiska processer i närområdet samt grundvattenströmning i fjärrområdet.

Som framgår ovan vill SKI först framhålla att säkerhetsanalys omfattar betydligt mer än att utveckla ett (dator)programpaket av kopplade modeller. En av de viktigaste frågorna vid granskningen av en säkerhetsanalys är om alla väsentliga processer och deras inbördes kopplingar har tagits med. De urval av modeller SKB valt att presentera under avsnittet säkerhetsanalys representerar på inget sätt en fullständig analys. Det kunskapsunderlag, inklusive modeller, som SKI efterfrågar redovisar SKB i andra delar av programmet (Åspöprojektet och Stödjande FoU) och SKIs granskning av detta återfinns där. I det följande lämnas dock några övergripande kommentarer till de modeller som SKB valt att presentera under avsnittet säkerhetsanalys.

6.5.1 Närområdet

SKB har utvecklat en datormodell (TULLGARN) för att beräkna frigörelse och transport av radionuklider från närområdet. Ingen vidare utveckling av modellen planeras, utan man menar att de nuvarande modellerna uppfyller de krav som kan komma att ställas under programperioden.

SKI finner detta förvånande. Dels planerar SKB att utföra omfattande experimentella försök avseende bränsleupplösning och nuklidfrigörelse, och dels är många processer och kopplingar i närområdet behäftade med stora osäkerheter. Det kan också förväntas att analyserna av kompositkapseln kommer att föranleda krav på förändringar. SKI menar därför att det hade varit rimligt att SKB planerade för vidareutveckling av närömrådesmodellerna.

SKB planerar att snarast analysera kompositkapselns funktion och säkerhet. Man avser vidare att studera kemiska processer i närområdet med speciellt inriktning på bentoniten och dess föroreningar samt inverkan av cement i förvaret. Slutligen planeras en förnyad funktionsanalys av närområdet under 1996 i den säkerhetsanalys som tas fram för NRL-ansökan om tillstånd att påbörja detaljerade undersökningar vid en tänkt djupförvarsplats.

SKI stöder starkt att SKB snarast analyserar bl.a. kompositkapselns egenskaper. En sådan analys skulle dessutom kunna leda till omvärderingar av vilka kemiska och fysikaliska processer som behöver studeras i närområdet. Analysen av de kemiska processerna i närområdet är också viktiga och behöver integreras i säkerhetsanalysen.

SKI vill också fästa uppmärksamheten på gas som alternativ till transportväg. Frågan om geogas eller den gas som uppstår vid korrosion av kompositkapseln utgör ett problem härvidlag kan behöva utredas.

Avseende säkerhetsanalys måste framhållas att en fullständig säkerhetsanalys med alla väsentliga processer medtagna bör göras långt före 1996. Bland frågor som behöver belysas hör störningar på den mekaniska och geokemiska miljön i närområdet. Det bör återigen poängteras att analys av detta kräver integration mellan olika kunskaper och att enbart modellverktyg för att beräkna nuklidtransport inte är tillräckliga för detta ändamål.

6.5.2 Fjärrområdet

I beskrivningen av fjärrområdet anger SKB att det är säkerhetsanalysens uppgift att knyta samman modellerna för olika väsentliga processer till beräkningsmodeller för transport i fjärrområdet. SKI menar, som redan torde ha framgått, att detta synsätt är alltför begränsat. Berget har andra viktiga egenskaper än grundvattenflöde. Till exempel måste den mekaniska och geokemiska miljö som inverkar på närområdet beskrivas. Vidare förstår SKI inte varför SKB lägger så stor vikt vid grundvattenflödet i fjärrområdet utan att diskutera osäkerheten i övriga transportparametrar. Osäkerheterna beträffande kemiska sorptionsegenskaper, matrisdiffusiviteter och effektiv kontaktyta mellan strömmande grundvatten och bergmatrisen är t. ex. väl så stora som osäkerheten om grundvattenflödet (se även avsnitt 7.5).

SKI vill poängtera att ett av de grundläggande problemen med att beskriva berget i en säkerhetsanalys är de stora osäkerheter som beror på att platsspecifika data endast ger mycket ofullständigt information. SKB anger visserligen att man avser att validera grundvattenmodeller i det kommande programmet. Detta är lovvärt, men SKI ställer sig frågande till SKBs strategi för validering (se även kapitel 7 och 8).

SKB planerar att studera alternativ till den s.k. stokastisk kontinuum-beskrivningen av berget. SKI stöder detta. SKI vill också påpeka att det finns olika föreslagna konceptuella modeller för heterogent berg (se även avsnitt 7.5). Detta förhållande skall dock inte förväxlas med det faktum att det finns olika numeriska datorprogram som utgår från samma konceptuella beskrivning.

6.5.3 Biosfären

SKIs och remissinstansernas synpunkter om biosfären är samlade i avsnitt 7.9.

6.6 SÄKERHETSANALYSER INOM DJUPFÖRVARSS- OCH INKAPSLINGSPROJEKTEN

6.6.1 Allmänna överväganden

SKB planerar olika säkerhets- och funktionsanalyser i samband med de stora projekten inkapsling och djupförvaring som planeras under 1990-talet. SKI framhåller redan i kapitel 2 behovet av integrering mellan dessa projekt och de kunskaper som tas fram i den stödande verksamheten inklusive Äspöprojektet.

SKI vill här speciellt framhålla att återkommande säkerhetsanalyser, som inkluderar analyser av inkapsling, bygg- och deponeringsskede, är en viktig metod för att åstadkomma integration mellan djupförvars- och inkapslingsprojekten och kommer att ge information om var vidare utvecklingsinsatser behövs. SKI vill också fästa uppmärksamheten på att en funktionsanalys av inkapslingsstationen kan komma att påverkas av säkerhetsanalysen för djupförvaret och omvänt. Analyser av inkapslingstationen ger, bland annat, svar på frågan om kapslar av tillräcklig kvalitet kan tillverkas, analyser av djupförvaret ger svar på frågan vilken kvalitet som kommer att behövas för att ge säkerhet.

6.6.2 Säkerhetsanalyser av specifika kandidatplatser

SKB anger några moment som planeras ingå i en säkerhetsanalys baserad på förundersökningar av en kandidatplats. Man betonar översiktlig regional hydrogeologisk modellering samt analys av flödesvägar för grundvatten som underlag för inplacering av tänkt förvar på kandidatplatsen.

SKI har intrycket att SKBs planerade analyser är alltför inriktade på hydrologi. Modellering måste i väsentligt högre grad än tidigare inriktas på att studera förändringar hos bergets kemiska och bergmekaniska miljö. Med tanke på de osäkerheter man kommer att ha om bergets hydrogeologiska egenskaper är det inte tillrådligt att inplacera ett tänkt förvar enbart på basis av beräknade flödesvägar. I det heterogena system som berget utgör är grundvattenströmningens riktning i förvarsskala mycket svår att förutsäga (se t.ex. Projekt-90, SKI, 1991). Den hydrologiska analysen bör, istället, inriktas dels på det regionala strömningsmönstret och dels på grundvattenomsättningen i förvaret.

Slutligen måste SKI åter stryka under att även tidiga säkerhetsanalyser måste göras med vid avgränsning. Alla potentiellt viktiga faktorer och kopplingar med osäkerheter måste ingå. En helt annan sak är att kunskapen om vissa fenomen (speciellt platsspecifika) i tidiga lägen är begränsad. Detta kan leda till stora osäkerheter i säkerhetsanalysens resultat. SKI vill här starkt påpeka att detta är *naturligt* och acceptabelt under förutsättning att SKB kan göra troligt att vidare undersökningar (fortsatta förundersökningar, eller detaljundersökningar) kommer att lösa upp de osäkerheter som har betydelse för ett kommande förvars säkerhet. SKI vill speciellt betona att syftet med säkerhetsanalys under dessa tidiga skeden inte främst är ett sätt att visa att man har ett säkert slutförvar utan är en metod för att prioritera och strukturera kommande insatser.

6.7 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

En säkerhetsanalys primära syfte är att klarlägga den sammanvägda säkerhetseffekten av ett slutförvar, men den är också ett viktigt instrument för integrering och prioritering av forsknings- och utvecklingsinsatser. SKI menar att SKB i ökad omfattning borde utnyttja säkerhetsanalyser också för sådan prioritering.

SKI vill framhålla att säkerhetsanalysen SKB 91 inte utgör en bra redovisning av kunskapsläget inom området. Dessutom gäller att SKB 91 *inte har visat* att alla nödvändiga frågor är lösta eller att ett stort antal platser skulle klara kraven. Trots detta vill SKI samtidigt framföra att SKBS faktiska kompetens inom säkerhetsanalysområdet ligger på hög internationell nivå och att SKB här aktivt bidrar till internationellt samarbete och utveckling.

Säkerhetsanalysens användning som instrument för att klarlägga den sammanvägda säkerhetseffekten och för prioritering av forsknings- och utvecklingsinsatser innebär att analyserna inte får avgränsas för mycket. Alla processer som påverkar förvarets funktion måste analyseras och den underliggande kunskapsbasen måste redovisas. SKIs samlade bedömning är att SKB bör ompröva sin syn på säkerhetsanalysens omfattning, avgränsning och syfte. Vidare är det angeläget att SKB snarast genomför en samlad fullständig säkerhetsanalys för att göra en riktig avvägning mellan olika problem och kunskapsluckor. En sådan analys kan påbörjas utan att en specifik plats har valts, eftersom en stor del av det kunskapsunderlag som behöver sammanvägas inte är platsspecifikt. Först efter genomförd analys blir det riktigt meningsfullt att formulera det långsiktiga forskningsprogrammet med dess prioriteringar.

SKI kommer, bland annat i samarbete med Statens strålskyddsinstitut, att utveckla acceptanskriterier, ta fram riktlinjer för säkerhetsanalyser och ta fram föreskrifter och allmänna råd för utformning av MKB enligt KTL och SSL. SKI vill här betona att granskningen av säkerhetsanalyser inte begränsas till att kontrollera om framräknade utsläpp inte står i strid med satta acceptanskriterier. Huvuddelen av granskningen ägnas åt att utreda om alla väsentliga processer och deras inbördes kopplingar har tagits med samt om dessa beskrivits korrekt ur teknisk/vetenskaplig synvinkel. Detta ställer krav på redovisningen och SKBs säkerhetsanalyser bör anpassas efter detta.

SKI stöder SKBs förslag att fortsatt utveckla scenario-metodiken. SKB behöver dock vidareutveckla och redovisa en tydligare metodik för hur scenarier skall väljas. SKB bör vidare analysera hypotetiska scenarier som ger information om hur förvaret olika delar fungerar - även om dessa scenarier bedöms ha låg sannolikhet.

SKI stöder att SKB deltar i internationellt samarbete (OECD/NEA) om mänskligt intrång. SKB kan dock inte enbart förlita sig på detta utan måste föra en dialog om intrångsfrågor med en relativt vid krets aktörer i Sverige. SKI instämmer i KASAMs principiella uppfattning att avfallet skall förvaras på ett sätt som inte kräver övervakning men heller inte omöjliggör återtagande. Förvaret måste absolut klara av viss påverkan, t.ex. fel och misstag vid deponeringen eller borring av brunnar, det är dock orimligt att på förhand förhindra s.k. medvetna intrång.

SKB måste utveckla sin metodik för hur olika osäkerheter skall beskrivas och sammanvägas. Endast en mindre del av alla de osäkerheter som ingår i en säkerhetsanalys låter sig beskrivas med probabilistiska, eller andra kvantitativa, metoder. En motsvarande utveckling krävs även inom säkerhetsmyndigheterna.

SKI finner det anmärkningsvärt att SKB vid beskrivningen av säkerhetsanalys inte diskuterar försvarbarheten för de samband, modeller och data som analysen grundas på. SKIs uppfattning är att en sådan redovisning, som kan samordnas under begreppet validering, utgör en väsentlig del av en säkerhetsanalys. SKB uppmanas utveckla sin syn på validering.

SKI delar SKBs bedömning att det sannolikt inte finns några speciella svårigheter att utvärdera säkerheten under bygg- och deponeringsskede. Störningar under anläggningskedet kan dock ha långsiktig påverkan på slutförvaret, och SKI uppmanar SKB att göra analyser av detta skede.

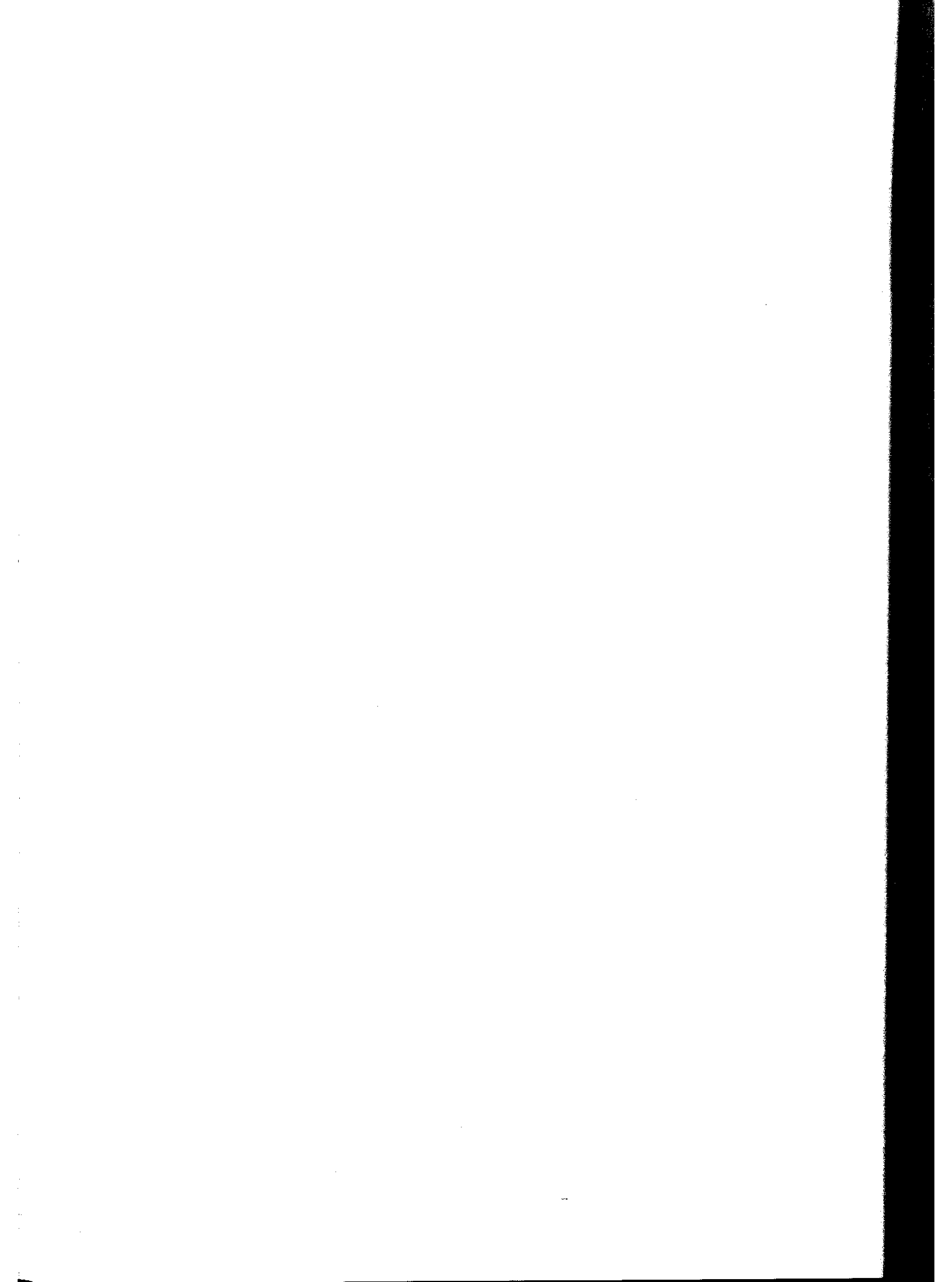
SKI instämmer i att tekniken för säkerhetsanalys är generellt tillämpbar även för det övriga långlivade avfallet. De tekniska frågeställningarna kan dock bli annorlunda och SKBs redovisning av forskningsbehovet för detta avfall är alltför knapphändig.

SKI menar att SKB måste utveckla sin modellbeskrivning av närområdet. SKI stöder starkt att SKB snarast analyserar kompositkapselns egenskaper liksom kemiska och fysikaliska processer i närområdet. Kompositkapselns egenskaper är långt ifrån utredda. SKI vill också fästa uppmärksamheten på gas som alternativ transportväg.

SKI menar att SKB måste utveckla sin beskrivning av fjärrområdet. SKBs nuvarande beskrivning är ensidigt inriktad på hydrologifrågor. Dessa är viktiga, men den mekaniska och geokemiska miljö som inverkar på närområdet är ännu viktigare och behöver ingå i beskrivningen. Vidare behöver alla processer som påverkar retardationen i fjärrområdet ingå, d.v.s. kemiska sorptionsegenskaper, matrisdiffusiviteter och effektiv kontaktyta mellan strömmande grundvatten och bergmatrisen.

Återkommande säkerhetsanalyser, som inkluderar analyser av inkapsling, bygg- och deponeringsskede, är en viktig metod för att åstadkomma integration mellan djupförvars- och inkapslingsprojekten och kommer att ge information om var vidare utvecklingsinsatser behövs. SKI vill också fästa uppmärksamheten på att en funktionsanalys av inkapslingsstationen kan komma att påverkas av säkerhetsanalysen för djupförvaret och omvänt. Analyser av inkapslingstationen ger, bland annat, svar på frågan om kapslar av tillräcklig kvalitet kan tillverkas, analyser av djupförvaret ger svar på frågan vilken kvalitet som kommer att behövas för att ge säkerhet.

Även de tidiga säkerhetsanalyserna inom djupförvarsprojektet måste göras med vid avgränsning. SKI har intrycket att SKBs planerade analyser är alltför inriktade på hydrologi. Alla potentiellt viktiga faktorer och kopplingar behöver ingå. Modelleringen måste inriktas på att bestämma kemisk och bergmekanisk miljö. Med tanke på de osäkerheter man kommer att ha om bergets hydrogeologiska egenskaper är det inte tillrådligt att inplacera ett tänkt förvar enbart på basis av beräknade strömbanor. Den hydrologiska analysen bör istället inriktas dels på det regionala strömningsmönstret och dels på grundvattenomsättningen i förvaret.



7 STÖDJANDE FORSKNING OCH UTVECKLING

7.1 INLEDNING

Programmet för stödjande forskning och utveckling är enligt SKB främst ägnat åt ge ett ökat kunskapsunderlag för att kunna lokalisera slutförvar och för att genomföra säkerhetsanalyser. Arbetet planeras så att sammanställningar av tillgänglig kunskap skall vara framtagna inför:

- ansökan enligt NRL om detaljerade platsundersökningar
- ansökan om tillstånd att få bygga inkapslingsstation
- ansökan om lokalisering och koncession för ett djupförvar för demonstrationsdeponering ca 2001.

Detta program beskrivs i en separat underlagsrapport till FUD-programmet, **Detaljerat FoU-program 1993-1998**. Av de ämnesområden som där behandlas i separata kapitel har dock SKI brutit ut "Säkerhetsanalys" (FoU 2), som behandlas i kapitel 6, och "Övrigt avfall" (FoU 12), som behandlas i kapitel 9. Avsnittet "Teknik för djupförvaring" (FoU 11) kommenteras i kapitel 6.

Det bör observeras att de olika ämnesområden som kommenteras i det följande har mycket varierande bredd. I vissa fall finns också många kopplingar till andra områden och verksamheter som är viktiga att belysa. Av dessa anledningar varierar längden på de olika avsnitten. Detta förhållande innebär alltså inte i sig en värdering från SKIs sida av hur viktiga de olika områdena är.

I det sista avsnittet av detta kapitel, 7.10, ges ett sammanfattande omdöme av SKBs FoU-program i sin helhet. Sammanfattande omdömen för de olika ämnesområdena återfinns normalt i slutet av respektive avsnitt.

7.2 ANVÄNT BRÄNSLE

7.2.1 Inledning

Det använda bränslet kan i sig själv anses utgöra den innersta barriären i ett slutförvar för direktdeponerat kärnbränsle. Detta sammanhänger med att bränslet i form av urandioxid är en keram med mycket hög beständighet i de miljöer som är tänkbara i slutförvaret. Bilden kompliceras dock av en rad faktorer varav särskilt kan nämnas:

- Bränslets ursprungliga sammansättning förändras i och med utbränningen; exempelvis bildas fissionsprodukter och transuraner, varav många av de förstnämnda bildar nya faser, vissa med lägre stabilitet än bränslematrisen. Sådana faser kan ge snabbar frigörelse av radionuklider än från matrisen, vilket måste beaktas i de modeller som används i säkerhetsanalysen.

- Bränslematrisens urandioxid är termodynamiskt stabil endast i reducerande miljö. Oxiderande förhållanden leder till en snabbare upplösning.
- Strålningen från använt bränsle leder till radiolys av vatten, vilket därvid kan spjälkas i relativt inert väte och starkt oxiderande species i form av radikaler och väteperoxid. Detta innebär att även i en i övrigt reducerande miljö kan bränslet omvandlas (korroderas) med en oxidativ mekanism.

Beskrivningen av hur bränslet påverkas efter ett genombrott av kapselväggen och hur olika radionuklider frigörs är en i dubbel bemärkelse central del av säkerhetsanalysen för ett slutförvar. Man måste dock hålla i minnet att det använda bränslet är mycket komplext, såväl kemiskt som fysikaliskt. Dessutom gör bränslets höga specifika radioaktivitet att experiment med detta material måste utföras med fjärrstyrd utrustning i s.k. hotcells, vilket både försvårar och fördyrar arbetet betydligt. Dessa svårigheter kan sätta en gräns för hur långt man kan komma med kunskapsuppbyggnaden inom rimlig tid. Internationellt samarbete är en förutsättning för att uppnå de utsatta målen, vilket också från början beaktats av SKB.

SKB framhåller att Sverige, Kanada och USA i över ett decennium varit ledande när det gäller studier av det använda bränslets stabilitet i förvarsmiljö. De svenska undersökningarna inleddes i mindre skala redan 1977 som en del av arbetet med KBS-2.

I programmet för 1993-1998 har SKB inriktat sig på experimentella studier av bränslets egenskaper, korrosionsstudier, modellutveckling och studier av naturliga analogier. Det övergripande målet är ta fram modeller för radionuklidernas frigörelse ur bränslet under de förhållanden som kan komma att råda i ett slutförvar.

7.2.2 Karaktärisering av använt bränsle

Experimentella undersökningar av utbränt bränsle, både i ursprunglig form och efter lakningsförsök, utgör en väsentlig del av SKBs satsningar på området. Målsättningen är bl.a. att fastställa fördelningen av viktiga nuklider mellan olika faser. Enligt SKB har området hög prioritet.

SKI instämmer i detta och vill understryka betydelsen av att studierna inriktas specifikt på mekanismer som kan vara viktiga att ta hänsyn till vid utarbetandet av modeller för bränslets upplösning och frigörelsen av radionuklider. Det är bara att beklaga att just dessa studier kommit igång förhållandevis sent.

Det framgår inte klart av SKBs program, men SKI förutsätter att arbetet givetvis bör ta hänsyn till och i möjligaste mån också utnyttja den kunskapsbas som tagits fram i samband med de talrika studier av utbränt bränsle som gjorts för att karaktärisera dess uppträdande under reaktordrift.

7.2.3 Korrosionsstudier och tolkning av experimentella data

SKB hänvisar i stor utsträckning till utförda lakningstudier av utbränt bränsle både i Sverige och utomlands. SKBs beskrivning (FoU 3.3.1) är visserligen ganska detaljerad, men ger tyvärr ingen logiskt sammanhållen bild av kunskapsläget. Enligt SKIs uppfattning avspeglar detta förhållandet att de experimentella studierna ännu inte i tillräcklig omfattning integrerats med teoribildning och modellutveckling. En tolkning och beskrivning av de experimentella resultaten mot modellhypoteser hade varit att föredra. (Se vidare kommentarer i nästa avsnitt.)

I de tolkningsförsök som redovisas nämns löslighetskontroll för frigörelse av vissa grundämnen, t.ex. från rena oxidfaser. SKI menar att utbränt bränsle utgör ett så komplext system att det vore förvånande om enkla modeller av detta slag skulle kunna förklara experimentella resultat. Blandfaser och återsorption diskuteras inte heller som förklaringar till observerade diskrepanser för t.ex. neptunium. Det är en annan sak att de förenklade och pessimistiska modeller som så småningom kan behöva användas i säkerhetsanalysen mycket väl kan bygga på ansatser som inte tar hänsyn till mer än en bråkdel av alla tänkbara faktorer. Enligt SKI är det dock nödvändigt att använda de mer sofistikerade modellerna vid kunskapsuppbyggnaden i samband med experimentella studier och, inte minst, som ett underlag för validering av de säkerhetsanalytiska modellerna.

Den bekräftade snabbare "korngränsfrigörelsen" för t.ex. cesium och teknetium är en viktig iakttagelse som understryker behovet av det experimentella program som SKB förutser under perioden.

Korrosionsstudierna kommer att fortsätta och SKB avser att utföra mer fokuserade experiment i syfte att klarlägga betydelsen av bl.a. redoxförhållanden, grundvattenkemi och bränslets utbränning. SKI vill här inskjuta att behovet av särskilda studier på s.k. MOX-bränsle fortfarande behöver utredas. Dessutom kommer av allt att döma den kemiska miljön för bränslet att vara annorlunda i en kompositkapsel än i en kopparkapsel med blyfyllnad, främst p.g.a. närvaro av stora mängder järn i systemet. Järnet torde ju bl.a. leda till ändrade redoxförhållanden i systemet bränsle-kapsel-bentonit. SKI anser att denna fråga måste få hög prioritet, eftersom den kan komma att ändra förutsättningarna för det experimentella programmet. Överhuvudtaget är det hög tid att förvissa sig om att de kemiska miljöer som används experimentellt och som förutsätts vid modellbeskrivningen är mer relevanta för betingelserna i slutförvaret än vad som tidigare varit fallet.

SKB planerar också särskilda insatser för att klarlägga radiolysens roll vid korrosion av bränsle. SKI vill understryka betydelsen av dessa undersökningar som är grundläggande för modellutvecklingen. SKI menar också att en möjlig bildning av nya faser med starkt alfa-aktiva nuklider på bränslets yta därvid kan utgöra ytterligare en faktor att ta hänsyn till.

Naturvetenskapliga forskningsrådet påpekar att stålet i den inre kapseln bör vara en mycket effektiv reduktant och betonar vikten av att osäkerheterna i korrosionsmekanismerna klarläggs.

Även om fenomenet som sådant inte har någon betydelse för bränslets korrosion, kan det här nämnas att Stockholms universitet tar upp frågan om gamma-radiolys. Denna faktor kan behöva belysas på nytt i och med att tunnare kapselväggar blivit aktuella.

Också SKIs konsult Apted (1993) anser att förekomsten av blandfaser bör beaktas vid tolkningen av experimentellt bestämda halter av t.ex. uran och plutonium. Vidare anser Apted att redoxbetingelserna bör karaktäriseras bättre vid försöken liksom de nybildade faserna med fissionprodukter.

Hermansson m.fl. (1993) understryker behovet av en karaktärisering av bränslet i olika lakningssituationer för att kunna förstå lakningsmekanismerna.

Chalmers tekniska högskola menar att SKB borde undersöka hur typ och mängd av avfall påverkas av en eventuellt fortsatt drift efter 2010, användning av andra bränsletyper och andra driftförhållanden.

7.2.4 Modellutveckling

De modeller som använts för frigörelse av nuklider från bränslet i studier såsom SKB 91 och Projekt-90 byggde bl.a. på en mekanism med oxidativ omvandling av bränslets oxidmatris. Syftet med den fortsatta modellutvecklingen anges av SKB vara att kunna prediktera denna korrosion av bränslet under långa tidsperioder. SKB säger också att detta bara är möjligt om upplösningmekanismerna är kända både i det korta och det långa tidsperspektivet.

SKI instämmer i detta, men med det förtydligande tillägget att endast en fördjupad förståelse av mekanismerna såsom de kan studeras experimentellt under kort tid kan utgöra en rimligt hållfast grund för extrapolation till långa tider. En annan förutsättning för validering sådana extrapolationer är studier av naturliga analogier (se nästa avsnitt).

För det längre tidsperspektivet anger SKB att när alfa-aktiviteten klingat av finns en möjlighet att frånga den oxidativa, kinetiskt betingade, modellen och istället beskriva bränslets upplösning (och nuklidfrigörelsen) med en modell grundad på löslighetsbegränsning. Denna mekanism är enligt SKI ett exempel på sådana processer som borde kunna undersökas närmare i samband med studier av naturliga analogier.

SKB anger som övergripande mål för bränslestudierna

- att successivt utveckla modellerna inför den säkerhetsanalys som planeras till 1996
- att ta fram en realistisk modell till början av 2000-talet inför ansökan om tillstånd för lokalisering och koncession för djupförvaret.

Enligt SKIs uppfattning är en sådan beskrivning av målsättningen inte tillfredsställande. Arbetet med en *realistisk* modell måste påbörjas omedelbart och ges hög prioritet för att kunna användas för en effektiv tolkning och styrning av det mycket kostnadskrävande experimentella programmet. I detta sammanhang bör observeras att SKB under perioden avser att satsa så mycket som 35 % av de totala resurserna inom det

stödande FoU-programmet på bränslestudier. Detta understryker ytterligare behovet av omsorgsfull planering och prioritering. Enligt SKI kan detta bara åstadkommas dels genom en väl genomförd integrering av de teoretiska och experimentella insatserna och dels genom att både "realistiska" modeller av forskningskaraktär och förenklade säkerhetsanalytiska modeller finns tillgängliga och utnyttjas på ett tidigt stadium.

Den beskrivning av modellutvecklingen som SKB presenterar under målsättningen för perioden (FoU 3.3.4) är vag och ger inte intryck av en medvetenhet om de problem som nämnts ovan. Dessutom är denna beskrivning ofullständig då endast mekanismerna för bränslets korrosion berörs. SKI förutsätter att utvecklingen av modeller givetvis också måste omfatta andra frigörelsemekanismer än från den korroderande bränslematrisen, främst frigörelsen från de separata och under drift nybildade faserna (s.k. korngränsfrigörelse).

SKIs konsult Apted (1993) tar också upp frågan om behovet av mer realism vid beskrivningen av betingelserna i slutförvaret i modellarbetet liksom användningen av säkerhetsanalytiska (system-) modeller för att rättfärdiga experimentella studier av enskilda processer.

Hermansson m.fl. (1993) anser bl.a. att påståendet om ett tröskelvärde för dosratens inverkan på bränsleupplösningen behöver underbyggas. Det behöver också fastläggas hur ett sådant tröskelvärde påverkas av systemets övriga kemiska och fysikaliska parametrar. Hermansson påpekar också möjligheten av att elektrokemiska element skulle kunna bildas i en skadad kapsel med kolstål, koppar, zirkalloy etc. Sådana element skulle i sin tur kunna bidra till bränslets upplösning.

7.2.5 Naturliga analogier

SKB har låtit utföra omfattande studier av naturliga uraninitförekomster som ett led i att öka förståelsen för omvandlingsprocesser i använt bränsle. Tolkningen av dessa undersökningar har utförts med hänsyn till skillnader i miljö och andra förhållanden mellan de naturliga analogierna och det använda bränslet i ett slutförvar.

Studier av naturliga analogier till bränslet kommer att fortsätta under perioden 1993-98 och inriktas mot att öka förståelsen för olika uranoxidens struktur och omvandlingsreaktioner. Vid tolkningen kommer också variationerna i den geokemiska miljön att beaktas.

SKI anser att de planerade insatserna är av stort värde och att de hittills utförda arbetena håller en hög vetenskaplig nivå. SKI vill dock påpeka att även för tolkning av naturliga analogier behövs modeller. Bland de analogier som verkar mest lovande i detta sammanhang bör kanske i första hand nämnas Cigar Lake (se avsnitt 7.7).

7.2.6 Sammanfattande omdöme

De experimentella delarna av SKBs program för bränslestudier håller god standard och genomförs i samarbete med bästa tillgängliga internationella expertis på området. Denna bild störs dock av att planering och tolkning av experimenten inte skett utifrån ett motsvarande kunskapsläge på den teoretiska sidan. I den beskrivning som lämnas i programmet framgår inte hur den nödvändiga integreringen av modellarbete och experimentella studier kommer att ske. SKBs program måste förbättras i detta avseende. Detta är av särskilt stor vikt med tanke på de stora resurser som SKB avser att satsa på området.

7.3 KAPSELN

7.3.1 Inledning

I SKBs FUD-program 92 tas kapsel frågor upp i FoU 4 och till en del även i FUD 6. I FoU 4 redovisar SKB att huvudinriktningen bl.a. är:

- att visa att kapseln är kemiskt beständig i slutförvarsmiljö under mycket lång tid
- att visa att kapseln är mekaniskt beständig i förhållande till de belastningar som den utsätts för under hantering och slutförvaring
- att ta fram metoder för tillverkning
- att ta fram metoder för verifiering och kontroll av den tillverkade kapsels egenskaper.

Till följd av dispositionen av föreliggande yttrande återfinns studier av alternativa utformningar av kapseln i avsnitt 3.4.2 och frågor kring tillverkning och förslutning av kapseln i kapitel 4. I föreliggande avsnitt tas i första hand upp frågor kring kapsels långtidsbeständighet, dvs. materialfrågor, korrosion, spänningskorrosion och mekaniska egenskaper.

Vid genomgången av FoU 4 har SKI noterat att det ofta är svårt för läsaren att spåra grunden för olika utsagor. SKB bör därför i kommande program göra tydligare hänvisningar till sådant material som är publicerat. Vidare uppmanas SKB att i större utsträckning än tidigare publicera de resultat som erhållits i allmänna vetenskapliga tidskrifter eller i vart fall i SKBs tekniska rapportserie.

7.3.2 Alternativa kapselmaterial

SKB anger att koppar har varit referensmaterial sedan i slutet av 1970-talet (men nämner ingenting om reservalternativ till koppar). Enligt SKB har koppar valts därför att kopparkapseln har bedömts ha en mycket lång livslängd under förvaringsförhållanden, bl.a. ur korrosionssynpunkt.

Vissa studier har dock genomförts av alternativa material. För de keramiska materialen identifierade SKB tidigt fördröjt brott som en möjlig och svåröversäglig brottmekanism och drar därav slutsatsen att det förefaller vanskligt att med säkerhet fastställa en minsta livslängd för en keramikkapsel.

SKB anger vidare att det även för titan finns risker för fördröjt brott genom väteförspredning. Vidare är spaltkorrosion möjlig i kloridhaltiga vatten. SKB drar slutsatsen att jämfört med koppar tycks inte titan kunna erbjuda några klara fördelar som kapselmaterial för svenska förhållanden.

I sitt yttrande över SKBs FoU-Program 89 tillstyrkte SKN SKBs inriktning mot kapslar av koppar och kombinationer av koppar och andra material. Övriga material kunde studeras genom uppföljning av den internationella utvecklingen med kompletterande egna insatser.

SKI konstaterar att den jämförelse mellan olika kapselmaterial som SKB redovisar inte stöds av någon referens till någon rapport i vilken SKB systematiskt jämfört olika material t.ex. enligt den metod som använts i PASS.

SKI ser det emellertid som viktigt att olika tänkbara material jämförs på ett sådant systematiskt sätt och vill uppmana SKB att göra en mera genomarbetad jämförelse. I en sådan kan presenteras vilka egenskaper som är viktiga, i vilken mån olika tänkbara material har dessa egenskaper, överväganden beträffande vilka aspekter som SKB lägger störst vikt vid samt SKBs slutsatser om hur olika material kan användas.

SKI vill också påpeka att även om koppar f.n. synes ha de egenskaper som SKB prioriterar så kan frånvaron av ett reservalternativ öka sårbarheten i programmet. SKBs olika studier av kapslar är ännu långt ifrån avslutade. Att utvecklingsarbete pågår innebär att man tar fram ny kunskap. Det kan därför inte uteslutas att resultat kan komma fram som pekar på att koppar inte har fullt så goda egenskaper som SKB hittills haft anledning att utgå från. SKI vill därför uppmana SKB att överväga om ett reservmaterial kan ingå i programmet (t.ex. genom samarbete med någon annan organisation som föredrar ett annat material eller genom att påvisa eventuella goda egenskaper hos bly som fyllnadsmaterial).

Alternativa kapselmaterial diskuteras även i avsnitt 3.4.2. Frågor kring val av koppar-kvalitet diskuteras nedan i samband med mekaniska egenskaper.

7.3.3 Korrosionsfrågor - koppar

Inledning

SKB redovisar (FoU 4.1.2) olika tänkbara anledningar till korrosion av koppar i grundvattenmiljö:

- Reaktion mellan koppar och vätesulfidjoner som föreligger i låg halt i grundvattnet.

- Reaktion mellan koppar, tvåvärt järn och sulfatjoner (varvid bl.a. kopparsulfid kan tänkas bildas).
- Reaktion mellan koppar, organiskt material och sulfatjoner (varvid bl.a. kopparsulfid kan tänkas bildas).
- Reaktion mellan koppar och syre (som enligt SKB kan finnas kvar i slutförvaret under en tid av något hundratal år efter förslutning).
- Spänningskorrosion (samverkan mellan mekaniska dragspänningar och kemiska reaktioner i en spricka).

SKB har nyligen avslutat en förnyad genomgång av korrosionsfrågorna (Werme m.fl., 1992) och bl.a. dragit slutsatsen att ingen snabb korrosionsprocess, som skulle kunna leda till tidigt kapselbrott har kunnat identifieras.

I beskrivningen av kommande insatser inom korrosionsområdet (FoU 4.3.1) drar SKB slutsatsen att korrosionsegenskaperna för koppar är relativt väl utredda och att de därför endast kommer att kräva mindre insatser under de närmaste åren.

Enligt SKB kan dock vissa frågor kring lokal korrosion på kopparkapseln under milt oxiderande förhållanden komma att behöva utredas ytterligare. Med motiveringen att sådana förhållanden inte kan förväntas råda i förvaret annat än under en kort tid efter deponering och förslutning prioriterar SKB inte dessa insatser högt. SKB räknar där-
emot med att förutsättningarna för spänningskorrosion kommer att kräva ytterligare belysning.

Några av remissinstanserna har lämnat allmänna synpunkter kring frågan om kapselns korrosions- och långtidsbeständighet:

Naturvetenskapliga forskningsrådet anför att kapseln är den viktigaste tekniska barriären samt att SKB inte har identifierat några korrosionsprocesser som kan leda till kapselgenombrott på kortare tid än miljontals år. Om detta påstående kan verifieras, fortsätter forskningsrådet, är slutsatsen att inga avfallskomponenter kan lämna förvaret under motsvarande tid. Mot denna bakgrund finner rådet att ingen som helst oklarhet i kunskapsläget bör tillåtas när det gäller tänkbara korrosionsmekanismer i förvarsmiljön.

Studsvik AB noterar att SKB i sin säkerhetsanalys lägger större vikt vid de tekniska barriärerna och närområdet (jämfört med bergets funktion samt tidigare analyser) och anser detta befogat. Studsvik anser dock att denna större vikt inte i tillräcklig utsträckning avspeglas i fördelningen av insatser i SKBs FUD-program 92 och anger som exempel på detta miljöns betydelse för uppkomsten av eventuell lokal korrosion.

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen har gått igenom vad forskarna inom SKBs program själva tagit upp beträffande kapselns långtidsegenskaper och har härvid funnit att osäkerhet råder bl.a. på följande punkter:

- kopparskiktets stabilitet mot lokal korrosion (gropfrätning)

- kopparskiktets stabilitet mot spänningskorrosion (under de milt oxiderande förhållanden som kan råda under den tid då syre finns kvar i förvaret)
- spänningsförhållandena i den slutliga och fullstora kapseln
- koppars stabilitet i närvaro av vissa svavelföreningar
- koppars stabilitet i närvaro av sulfat
- radiolytiskt inducerad spänningskorrosion på stålkapselns insida.

Folkkampanjens slutsats är att det råder en anmärkningsvärd osäkerhet beträffande kapselns förmåga att kvarstå intakt under lång tid. Folkkampanjen påminner även om att Gunnar Hultquist vid Kungliga tekniska högskolan för flera år sedan rapporterat att koppar korroderar i rent och syrefritt vatten.

Statens Provningsanstalt konstaterar att korrosionsfrågor har naturligt spelat en central roll inom programmet och pekar på att tidsperspektivet gör att även tillsynes osannolika processers betydelse behöver utredas noggrant. Provningsanstalten nämner också att den på uppdrag av SKI (tidigare av SKN) utför en undersökning som bl.a. syftar till att söka klarlägga huruvida koppar kan korrodera i rent vatten.

SKI anser att viss osäkerhet kvarstår på viktiga punkter beträffande kapselns korrosions- och långtidsegenskaper. Höga krav bör ställas på SKBs bevisföring beträffande dessa egenskaper. SKI anser vidare att SKBs syn på kapseln som den komponent i slutförvarssystemet som har de bästa förutsättningarna att ge en absolut och långsiktig inneslutning av radionuklider inte i tillräcklig grad återspeglas i fördelningen av insatser i programmet.

SKI har uppfattningen att det långa tidsperspektivet och den därmed sammanhängande osäkerheten bör innebära att även mindre sannolika processers betydelse skall prövas noggrant.

Dessa synsätt kommer att närmare utvecklas i det följande. Se även Hermansson m.fl. (1993), Sjöblom (1993) och Amcoff (1992).

Kapselns miljö

SKB räknar med att förvarets miljö är reducerande. Under en tid av högst några hundra år kan betingelserna emellertid vara milt oxiderande till följd av närvaro av syre, som kan tänkas bli instängt i samband med förslutningen av förvaret (FoU 4.1.2).

Studsvik AB påpekar att det inte bara är väsentligt att fastställa att förvarets betingelser blir reducerande efter en viss tid, utan också att kunna beskriva miljöns förändring med tiden och särskilt dess oxiderande förmåga. Detta är viktigt, framhåller Studsvik, för att bedöma kapselns integritet vad gäller lokal korrosion och förordar att tillräckliga resurser avsätts för detta.

Sveriges Geologiska Undersökning, SGU, anför att det är kanske mindre sannolikt att strömningsbild, redoxförhållanden och kemisk sammansättning hos berggrundvattnet skulle förhålla sig stabila kring ett förvar under hundratusentals år med upprepade stora nedisningar. SGU ser här behov av ett omfattande modellarbete. SGU befarar att osäkerheten vid prognosticeringen av den geologiska barriären i det aktuella tidsperspektivet kommer att förbli mycket stor och framhåller därför starkt vikten av att förvarskapslar tillverkas med mycket korrosionsresistent material.

Korrosionen av en kapsel beror i första hand på miljö och material samt - när det gäller spänningskorrosion - även på de mekaniska förhållandena. Korrosion på koppar kan vidare få mycket olika förlopp beroende på bl.a. om miljön är oxiderande eller reducerande samt om angreppet är lokalt eller likformigt över hela ytan.

En viktig fråga är hur lång tid det tar för restsyret att förbrukas efter det att förvaret förslutits. I FoU 4.1.2 anges att "reaktioner mellan syret och pyrit i bentoniten leder" ... "till att de mildt oxiderande förhållanden, som kan underhålla gropfrätning, är begränsad till några hundratal år". Utsagan stöds inte genom att referens anges, men SKB har i sin rapport (Werme m.fl., 1992, Appendix 1), redovisat en uppskattning av hur lång tid det kan tänkas ta innan restsyret förbrukats till följd av oxidation av pyrit (järnsulfid, finns bl.a. i bentoniten) med hjälp av vissa mikroorganismer.

SKI har visserligen inte gjort någon ingående analys av mekanismerna för pyritoxidation och andra syreförbrukande processer, men bedömer ändå att kinetiken för sådana reaktioner i ett tekniskt system beror av ett antal parametrar, vilket innebär att den ofta är svår att förutsäga. SKI uppfattar således SKBs resultat som kvalitativt och uppmanar SKB att söka kvantitativt beskriva syrehaltens utveckling som funktion av tiden efter förslutning. I denna analys bör även beaktas de variationer som kan tänkas komma i fråga beträffande halten av reducerande ämnen samt deras oxidationsegenskaper. Hän-syn bör även tas till de variationer som kan förekomma hos närzonskemin. Grundvattnets möjliga roll som bärare av reducerande species (främst tvåvärt järn) bör också beaktas.

Avsevärda volymer vatten - i vart fall i jämförelse med förhållandena efter förslutning - kan förväntas perkolera genom berget under den tid förvaret hålls öppet. Detta vatten är syresatt och har även i övrigt en sammansättning som avviker från det djupare grundvattnet. Perkolationsvattnet kommer därför att reagera med sprickmineralen i berget och skulle till följd av detta kunna ge upphov till förändringar i grundvattnets sammansättning även efter förslutning. Det kan heller inte uteslutas att bergets redoxbuffrande förmåga försämras. Det senare kan vara av intresse i samband med bedömning av kapselkorrosion, t.ex. i samband med en inträngning av syresatt glacialt vatten. Hithörande frågor diskuteras också i avsnitt 7.6.2.

Även andra kemiska förändringar kan tänkas påverka korrosionsförhållandena till följd av ändrade vattenflöden under en glaciation. Det skulle t.ex. vara av intresse att studera möjligheten av tillförsel av djupvatten med en väsentligt högre salthalt (och därmed ökade förutsättningar för bildning av kopparkloridkomplex). Se Voss och Andersson (1992), Lagerblad (1993a) samt 7.6.2.

Det finns även andra tänkbara variationer i den framtida miljön i slutförvaret som rimligen behöver beaktas i korrosionsarbetet. En viktig sådan nämner SKB i FoU 5.3. Under vissa förhållanden kan temperaturgradienten över bentoniten tänkas leda till saltanrikning på kopparytan. Som nämnts tidigare gynnas bildning av kopparklorid-komplex av höga salthalter. Reaktionen fordrar emellertid tillgång till en reducerbar species. Vid förhöjd salthalt kan emellertid species i kapselns närhet med svag förmåga att låta sig reduceras få ökad betydelse.

Det bör uppmärksammas att kemin i grundvattnet och i kapselns närområde sannolikt inte enbart styrs av rent kemiska förlopp utan även påverkas av mikrobiell aktivitet.

Kapselns långtidfunktion bestäms till stor del av dess kemiska närmiljö. SKI anser därför att det är av väsentlig betydelse att kartlägga även inverkan av förändringar i denna miljö samt den osäkerhet som kan föreligga i prognosticeringen. SKB bör därför kvantitativt beskriva kapselns framtida miljö samt de förändringar i miljön som kan komma att uppstå. En sådan kunskap bör ligga till grund för SKBs fortsatta arbete med modellering av bl.a. korrosionsförlopp.

Ytskikt på kapseln

En omständighet som ofta har en avgörande betydelse för om ett korrosionsangrepp blir lokalt eller jämnt fördelat är vad som bildas på ytan och vilka egenskaper ett sådant skikt kan ha. Ett skikts sammansättning och egenskaper beror dessutom ofta inte enbart av den aktuella miljön utan av ytans "historia".

På kopparytor som kontaktas med grundvatten bildas ett skikt av "oxidtyp" under oxiderande betingelser och av "sulfidtyp" under reducerande betingelser. I skikt av oxidtyp kan vissa anjoner förekomma, t.ex. hydroxid-, klorid-, sulfat- och karbonatjoner. Oxidskikten är vanligen relativt täta och elektriskt isolerande eller halvledande medan sulfidskikten vanligen är genomsläppliga - t.ex. vad gäller migration av kopparjoner - samt elektriskt halvledande eller ledande.

SKI har under sin genomgång av SKBs FUD-program 92 med underlagsrapporter inte funnit någon närmare redovisning av sammansättning och egenskaper hos de ytskikt som kan bildas på koppar i grundvattenmiljö. SKB bör därför söka öka sin bakgrunds-förståelse genom studier av vad som kan tänkas bildas på kopparytan under olika be-tingelser. Sådana studier innebär också att SKB får tillfälle att ytterligare analysera om det kan finnas någon korrosionsaspekt som hittills inte uppmärksammas (t.ex. om det kan bildas någon fas som tidigare inte beaktats).

Gropfrätning i svagt oxiderande miljö

SKB har angivit (FoU 4.1.2) att det är under den tidsperiod som syret finns kvar i förvaret som det finns förutsättningar för gropfrätning. SKB har även uppskattat effekten baserat på arkeologiska prover och avser att vidareutveckla sin modell för gropfrätning under de närmaste åren.

SKI har inga invändningar mot denna plan men ber samtidigt SKB beakta att gropfrätningförloppet kan bero såväl av ytskiktets egenskaper (och förhistoria) som av de ämnen som finns lösta i grundvattnet (t.ex. sulfat, karbonat och klorid).

Reaktioner med reducerat svavel

Med reducerat svavel avses här i första hand sulfid, polysulfider och elementärt svavel.

Som beskrivs bl.a. i FoU 4.1.2 har SKB analyserat möjligheterna till reaktioner mellan koppar och reducerat svavel som kan föreligga vid låga halter i grundvattnet under reducerande betingelser. SKB har härvid utgått från att angreppet på kopparytan styrs av följande faktorer:

- tillgång till vätesulfidjoner i vattnet
- diffusion av vätesulfidjoner genom bentoniten
- hela kopparytan är tillgänglig för reaktionen.

Med dessa utgångspunkter kommer SKB fram till att ett eventuellt kapselbrott till följd av denna mekanism kan inträffa först efter mer än några miljoner år.

SKI instämmer med SKB i att det ovan angivna händelseförloppet förefaller vara det mest troliga.

Förutsättningarna för transport av kopparjoner genom sulfidskiktet har emellertid inte utretts närmare av SKB. Om rörligheten för kopparjoner i någon av de kopparsulfider som kan tänkas bildas under slutförvarsbetingelser skulle vara större än den för vätesulfidjon genom bentonit kan det inte utan vidare uteslutas att andra faktorer än de ovan nämnda blir hastighetsbestämmande för korrosionsförloppet. En tänkbar sådan mekanism (där koppar diffunderar genom s.k. sulfidwhiskers och på detta sätt når korn av pyrit) diskuteras av Hermansson m.fl. (1993).

Det bör understrykas att SKI inte har någon grund för att påstå att en sådan mekanism skulle bli dominerande. Det anmärkningsvärda är i stället att SKBs inventering över tänkbara mekanismer för lokalt angrepp inte innefattat eventuella möjligheter till transport av kopparjoner genom sulfidfaser. SKB uppmanas därför att komplettera sina korrosionsstudier på denna punkt.

Reduktion av sulfatjon

SKB anger att sulfidering av koppar genom reaktion med sulfatjon och tvåvärt järn är termodynamiskt möjlig i slutförvarsmiljö men att reaktionen blir ytterst långsam av kinetiska skäl. Även reduktion av sulfatjon genom inverkan av mikroorganismer sker långsamt bl.a. beroende på att hastigheten begränsas av tillgången till nedbrytbart organiskt material vilket endast föreligger i låga halter.

Sveriges lantbruksuniversitet ser det som motiverat att prioritera undersökningar av hur kemiska förändringar orsakade av bakterier kan påverka kapselkorrosion.

Uppsala universitet konstaterar att SKB både i det detaljerade FoU-programmet och i huvudrapporten nämner att man vid studier gjorda efter KBS-3 påträffat mikrober i grundvattnet, bl.a. sulfatreducerande mikroorganismer. Mot bakgrund av att närvaro av sulfid i grundvattnet innebär påtagliga korrosionsrisker för koppar understryks därför vikten av att SKB bedriver vidare undersökningar av bakteriellt betingade kemiska processer i berggrunden.

Chalmers tekniska högskola påpekar att koppar kan korrodera utan närvaro av syre om miljön är sur, kloridhalterna höga och om anaeroba sulfatreducerande bakterier finns närvarande. Chalmers anger att många mikroorganismer, men ej alla, förgiftas av koppar. Enligt Chalmers framgår det inte klart av SKBs underlagsrapport i vad mån detta beaktats. Chalmers tar också upp frågan om korrosionsangrepp begränsas av tillgången på organiskt material. Om inte denna fråga är utredd så är det nödvändigt att det görs, eftersom det enligt Chalmers kan visa sig att farhågorna för bakteriell korrosion är försumbar vid det aktuella pH-värdet.

SKI finner SKBs slutsatser rimliga men vill dock samtidigt ansluta sig till remissinstansernas uppfattning att vissa ytterligare insatser kan vara motiverade.

I SKBs underlagsrapporter, t.ex. (Werme m.fl., 1992) och (SKB, 1983), antas - sannolikt pessimistiskt - att sulfatjoner med hjälp av sulfatreducerande bakterier kan reagera med allt organiskt material i grundvattnet och bilda sulfidjoner. Detta antagande ifrågasätts i viss mån i andra SKB-rapporter. Å ena sidan anges i (Pedersen, 1990, avsnitt 4.1.6) - åtminstone för de fall där halterna organiskt material är låga - att huvuddelen av detta består av relativt högmolekylära fulvosyror som sulfatreducerande bakterier har svårt att bryta ner. Å andra sidan hävdas i (Pedersen m.fl., 1991, avsnitt 4.4.1), att det måste föreligga ytterligare organiskt nedbrytbart material, för att förklara den konstaterade snabba tillväxten hos bakterierna.

Vidare antas - kanske optimistiskt - att angreppet på kapseln inte är ett lokalt angrepp. I Pedersen m.fl. (1991), avsnitt 4.7, framgår att bakterierna huvudsakligen förekommer i form av biofilm och endast i liten utsträckning som fritt kringsvävande i grundvattnet. Om sådan biofilm bildas i form av kolonier kan detta tänkas leda till en förändring av kemin lokalt och således möjligen till ett lokalt korrosionsangrepp på kopparkapseln.

Enligt SKIs uppfattning bör en modell av hur sulfatreduktionen går till också ta hänsyn till de rent geokemiska betingelserna. De idag uppmätta halterna av reducerat svavel är mycket låga, vilket i princip skulle kunna bero på att eventuellt nybildad sulfid snabbt binds i fast fas. Annars skulle de uppmätta låga halterna tyda på att sulfatreduktionen är obetydlig och inte utgör något problem.

Mot denna bakgrund vill SKI föreslå att SKB sammanställer en "state of the art" rapport beträffande förutsättningarna för bakteriellt inducerad sulfatreduktion och lokal korrosion av koppar.

Spänningskorrosion

SKB framför (FoU 4.1.2) att sprickbildning till följd av spänningskorrosion bedöms vara en mycket osannolik process, men att den kommer att utredas ytterligare i samband med att kapselkonstruktionen preciseras och då spänningstillstånden i kapseln under olika scenarier blir bättre kända.

Några av remissinstanserna har uttalat sig beträffande spänningskorrosion:

Uppsala Universitet påpekar att mekanisk deformation av kapseln kan tänkas leda till spänningskorrosion, och finner därför att de ytterligare forskningsinsatser som aviseras av SKB är väl motiverade.

Även Statens provningsanstalt delar SKBs uppfattning att spänningskorrosion är ett område som behöver studeras mera ingående.

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) hänvisar till att representanter för högskolan deltagit i den expertgrupp om kapslars mekaniska integritet som refereras till i FUD-program 92. Där har bristerna i kunskapen om spänningskorrosion hos kopparkapselns betong mer än i SKBs program. Expertgruppen rekommenderar mätningar på sprickutbredningshastigheter för att få fram data, som bättre lämpar sig för extrapolering till andra tider och belastningar än de som används vid provningar. Vidare uppmärksammades av gruppen en tidigare okänd (eller tidigare oidentifierad) mekanism för spänningskorrosion. Denna kan vara aktuell för ren kopparkapsel och eventuellt också vid mycket låga angreppshastigheter. Enligt KTH bör därför undersökningar av dessa problem prioriteras.

SKI delar SKBs uppfattning om att spänningskorrosion hos kopparkapsel i slutförvarsmiljö förefaller vara en osannolik process. SKI finner samtidigt att ytterligare studier är motiverade. Spänningskorrosion kan uppträda på ett "förrädiskt" sätt genom att fenomenet vanligen visar sig först efter en viss, ofta lång, initieringstid samt för vissa kombinationer av material, mekaniska spänningar och miljö. SKB rekommenderas därför att särskilt beakta behovet av förutsägelser beträffande kapselns stabilitet mot spänningskorrosion under lång tid och under olika miljöförhållanden.

7.3.4 Korrosionsfrågor - stål och bly

Korrosion hos stålkapseln i samband med skada på kopparkapseln

SKB anger i FoU 4.3.1 att korrosionsförloppet för stålkapseln i samband med en skada på kopparkapseln är ofullständigt utrett.

Kungliga Tekniska Högskolan och Stockholms universitet har i sina remissvar tagit upp frågan om korrosion hos stålkapseln efter det att en skada uppstått på kopparkapseln. De pekar på att denna korrosion kan komma att bli relativt snabb och att den kanske också kan föra med sig att kopparkapseln skadas.

SKI anser att stål kapselns korrosion i samband med en skada på kopparkapseln behöver studeras. SKI ser detta som särskilt betydelsefullt mot bakgrund av konsekvensen av tidiga kapselskador, som t.ex. tillverkningsdefekter. Det tänkbara förloppet efter en första (initial) skada är sannolikt mycket snabbare och annorlunda än det som förutsattes för koppar/bly-kapseln i SKB 91.

Övriga korrosionsfrågor

SKB planerar enligt FoU 4.3.1 ytterligare utredningar beträffande riskerna för radiolytiskt inducerad spänningsskorrosion på stål kapselns insida.

Av FoU 2.4.3 framgår vidare att den blyfyllda kapselns barriärfunktion hittills har försumrats trots att den kan ha en mycket stor positiv inverkan, särskilt i samband med en tidig kapselskada. Ytterligare studier kommer därför enligt SKB att genomföras.

SKI tillstyrker de insatser som planeras av SKB.

7.3.5 Mekaniska aspekter

Krypdeformation hos kopparkapseln

SKB sammanfattar i FoU 4.1.3 de hittills erhållna resultaten samt de slutsatser som dragits beträffande kapselns mekaniska egenskaper.

SKB konstaterar att det under arbetets gång har visat sig att ren syrefri koppar har oacceptabelt låg krypduktilitet vid förhöjd temperatur. Mot bakgrund av dessa resultat har SKBs expertgrupp (Nilsson, 1992) gjort bedömningen att ren syrefri koppar är en olämplig materialkvalitet. Gruppen har samtidigt rekommenderat fortsatta krypprov och kryprelaxationsprov för att ytterligare verifiera materialegenskaperna för de aktuella kopparkvaliteter, som inte visar upp nedsatt krypduktilitet.

SKB har även låtit göra beräkningar av restspänningar efter tillverkning. Samtliga restspänningar anges ligga på mellan 50 och 100 MPa och SKB räknar med att en stor del av dessa spänningar kommer att relaxera snabbt efter tillverkning till följd av krypdeformation. SKB anger också att spänningsnivåerna för samtliga studerade kapselalternativ är så låga att det inte föreligger någon risk för krypbrott under förutsättning att en fosforhaltig kopparkvalitet används.

Inga särskilda planer anges för det fortsatta arbetet annat än att SKBs insatser kommer att inriktas på att till 1996 välja lämplig kopparkvalitet med avseende på krypegenskaper och svetsbarhet.

Uppsala universitet understryker vikten av att kopparmaterialets mekaniska egenskaper vad beträffar krypdeformation och krypbrott får ytterligare belysning.

Krypdeformation förtjänar uppmärksamhet bl.a. därför att effekten ofta visar sig efter lång tids belastning samt genom att den är i högsta grad materialberoende.

Den krypning som kommer till stånd i en kopparkapsel beror på ett antal faktorer, t.ex. råmaterial, utformning av kapseln, tillverkningsmetod, förslutningsmetod samt externa påkänningar. Efter tillverkning och förslutning finns inbyggda spänningar i materialet, främst i och omkring svetsarna men också i ytan. Genom att kapseln är varm till följd av värmeavgivningen från det använda bränslet - vilket i mellanlagret för kapslar kan ge en materialtemperatur av ca 150 °C - sker en kryprelaxation, dvs kopparn deformerar och spänningarna reduceras.

Det fortsatta förloppet beror på ett antal faktorer. För koppar/stål kapseln blir spänningarna sannolikt beroende av storleken på spalten mellan koppar och stål, eller av friktionen mellan kapslarna. Beroende på vilka ytor som glider mot varandra respektive inte gör det uppstår olika spänningsbilder, vilka i sin tur kan ge upphov till olika krypförlopp. För koppar/bly kapseln kan eventuella anisotropier i bentonitens svällning och trycket mot kapseln leda till deformation av blyet, varvid olika spännings- och deformationstillstånd kan uppstå för kopparkapseln. Kapselns förmåga att motstå bergförskjutningar är sannolikt starkt beroende på val av kapselkonstruktion och tillverkningsmetod.

SKBs slutsats om att det inte föreligger någon risk för krypbrott (under förutsättning av att den fosforhaltiga kopparkvaliteten används) är baserade på beräkningar vilka utgår från att samma mekanismer dominerar under slutförvarsförhållanden som under den accelererade provningen i laboratoriet. SKI anser att ytterligare studier för att fastställa denna mekanism bör genomföras. Det förefaller vidare troligt att ytterligare faktorer av betydelse kommer att kunna identifieras när utvecklingsarbetet kring konstruktion och tillverkning av kopparkapseln hunnit längre.

Hållfasthet hos stålkapseln

SKI utgår från att SKB kommer att använda en väl beprövad stålkvalitet för vilket omfattande kunskaper finns angående dess egenskaper.

Stålet kommer att utsättas för en relativt hög dos av gammastrålning. Sådan strålning kan tänkas ge upphov till försprödning av materialet och även höja den temperatur vid vilken omslag sker mellan det spröda (vid låg temperatur) och det mera deformerbare (vid rumstemperatur och högre) området. En beräkning av den ackumulerade dosbelastning som stålet utsätts för bör därför redovisas.

SKI vill också påminna om betydelsen av att på ett tidigt stadium söka fastställa vilka krav på mekanisk hållfasthet (t.ex. på grund av istryck) som skall ställas på koppar/stål kapseln.

7.3.6 Sammanfattande omdöme

SKI tillstyrker SKBs ambition att ta fram en långlivskapsel och påpekar samtidigt att detta innebär att höga krav bör ställas på kapselns funktion.

SKI konstaterar att SKBs syn på kapseln som den komponent i systemet som har de bästa förutsättningarna att ge en absolut och långsiktig inneslutning av radionuklider inte i tillräcklig grad återspeglas i fördelningen av insatser i programmet. Det långa tidspektivet innebär att även till synes osannolika processers betydelse behöver utredas.

Kapselns långtidfunktion bestäms till stor del av dess kemiska närmiljö. SKB bör därför kvantitativt beskriva kapselns framtida miljö och dess variationer samt den osäkerhet som kan förekomma i prognosticeringen.

Kapselns långtidfunktion bestäms också av det ytskikt som utbildas. SKB bör därför öka sin bakgrundsförståelse beträffande hur detta ytskikt tillväxer och förändras i olika miljöer.

SKB kan sedan utnyttja denna kunskap om miljö och ytskikt i de fortsatta studierna beträffande bl.a. groppfrätning i milt oxiderande miljö, reaktioner med reducerat svavel, samt spänningskorrosion. Förutsättningarna för olika lokala korrosionsmekanismer behöver analyseras systematiskt. SKB uppmanas också att sammanställa "state of the art" beträffande förutsättningarna för bakteriellt inducerad sulfatreduktion och lokal korrosion.

Spänningskorrosion hos en kopparkapsel förefaller visserligen vara en osannolik process men kan uppträda på ett "förrädiskt" sätt. SKB uppmanas därför att beakta behovet av och möjligheterna till att förutsäga kapselns beständighet gentemot spänningskorrosion under lång tid.

SKI tillstyrker SKBs studier av stål-kapselns korrosion, särskilt mot bakgrund av den betydelsen sådan korrosion kan ha för konsekvensen av en postulerad tidig skada på kopparkapseln.

Krypdeformation förtjänar uppmärksamhet bl.a. genom att effekten ofta visar sig efter en lång tids belastning även vid låga laster. De krypfenomen som kan förväntas uppträda i en kopparkapsel är beroende av materialvalet samt kapselns konstruktion, tillverkningsförfarande och belastning i slutförvaret. SKI vill särskilt betona vikten av att SKB säkerställer att extrapolationer till långa tider kan baseras på samma mekanismer som förelegat vid den accelererade provningen i laboratoriet.

För stål-kapseln bör risken för strålningsförsprödning beaktas.

En allmän kommentar är att SKB i större utsträckning än tidigare bör publicera de resultat som erhållits, åtminstone i SKBs tekniska rapportserie. Detta gäller inte minst SKBs utredningar beträffande alternativa kapselmaterial.

7.4 BUFFERT OCH ÅTERFYLLNING

För detta område anger SKB följande huvudinriktning:

- karaktärisering av bentonitbaserade material samt utveckling av modeller för prediktering av sådana materials beteende och funktion i ett slutförvar
- storskaliga försök i Äspölaboratoriet för att demonstrera väsentliga funktioner, t.ex.
 - möjlighet till saltanrikning på kapselytan
 - spontan inträngning i sprickor
 - gasperkolering
 - kapseldeformation
 - fysikalisk och fysikalisk/kemisk samverkan mellan buffertar och berget i närområdet
- materialmodeller och beräkningsteknik för mekaniska processer m.m.
- karaktärisering av bentonit och bentonit/ballastblandningar som underlag för beräkningar samt val av material.

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen påpekar att SKB anger att bentonit vid vissa temperaturer cementeras så att dess förmåga att fylla ut håligheter och att dämpa berg-rörelser äventyras samt att SKB inte vet om sådana temperaturer uppkommer i slutförvaret. Folkkampanjen nämner också att SKBs forskare uppmärksammat att om grundvattnet har hög salthalt kan detta leda till att salt anrikas nära kapslarna. Ur detta drar Folkkampanjen slutsatsen att det råder osäkerhet om bentonitskiktet kommer att kunna fullständigt omsluta och skydda kapseln mot bergvatten utan att skada densamma genom alltför höga svällkrafter.

SKI har låtit en konsult särskilt gå igenom SKBs arbete med bentonit. Ur rapporteringen (Lagerblad, 1993b) har SKI dragit slutsatsen att SKBs program avseende buffert har haft en i allt väsentligt lämplig inriktning. SKI har heller inga invändningar mot de av SKB redovisade framtida insatserna. SKB rekommenderas dock att studera konsekvenserna för bentoniten vid frigörelse av järn i samband med korrosion av stålkapseln. (Av rapporten framgår att järn under vissa förhållanden kan reagera med bentonit varvid egenskaperna kan förändras.)

Beträffande transport av radionuklider i buffertmaterial, se avsnitt 7.6.3.

SKI har i SKBs FUD-program 92 inte funnit någon närmare redogörelse för det mera teknikinriktade utvecklingsarbetet. Många frågor förefaller att återstå kring pulverhantering, kompaktering av bentonit till block, återfyllnad av tunnlar samt tätning av sprickzoner.

SKI vill därför föreslå att SKB snarast analyserar vid vilken tidpunkt dessa insatser bör påbörjas. Detta bör göras bl.a. mot bakgrund av att långtidsprovning i Äspölaboratoriet kan tänkas ta avsevärd (kalender-)tid i anspråk. SKI rekommenderar att SKB snarast kompletterar sitt program med en plan för hur det teknikinriktade utvecklingsarbetet kring buffert och återfyllning skall bedrivas.

Kommentarer rörande anläggningen för pulverberedning m.m. återfinns i avsnitt 5.7.1.

7.5 GEOVETENSKAP

I det följande kommenterar SKI väsentliga frågor och insatser som SKB beskriver i kapitel 6 av underlagsrapporten "Detaljerat FoU program 1993-1998".

7.5.1 Allmänt

SKBs beskrivning av geovetenskapens roll i säkerhetsanalysen liksom av kunskapsläge och inriktning av fortsatta insatser är av hög kvalitet. Ur programbeskrivningarna för nästkommande period (1993-98) framgår dock inte vilka resurser (varken i tid eller kostnad) som SKB planerar för de olika delarna av denna verksamhet. Det är därför svårt för SKI att bedöma om de av SKB angivna projekten är tillräckliga. SKI kan således endast kommentera om föreliggande program i kvalitativ mening täcker de behov och de kunskapsluckor som i dag finns identifierade.

SKB synes nu ha kommit längre med samordningen av de olika geovetenskaperna än i tidigare FoU-program. Fortfarande saknas dock den integration som är nödvändig inför den slutliga analysen. För att uppnå en god förståelse för en plats egenskaper behöver SKB redan från början samordna insatserna på olika ämnesområden och ta hänsyn till de krav som ställs av säkerhetsanalysen (se kapitel 6). Detta borde återspeglas i hur forskningsprogrammet utformas. De nödvändiga kopplingarna mellan olika områden såsom geologi, kemi, hydrologi och bergmekanik framgår inte tydligt eller saknas i SKBs redovisning. SKI vill även framhålla betydelsen av återkommande utvärderingar under hela den tid en platsundersökning pågår. Detta innebär en iterativ process där varje sådan utvärdering måste föregå och styra de experimentella insatserna i påföljande fas av undersökningen.

7.5.2 Inledning

Bergets roll i djupförvaret beskrivs översiktligt av SKB och man menar att en eventuell transport av radionuklider från förvaret upp till biosfären enbart sker via grundvattnet. SKI anser dock att frågan om s.k. geogas kan fungera som transportmedium behöver belysas ytterligare (se vidare 7.6.3).

För första gången sedan KBS-3 presenterades nämns nu i FUD-program 92 uttryckligen att SKB tänker förlägga slutförvaret ca 500 m under markytan. SKI har vid ett flertal tillfällen sedan granskningen av KBS-3 framhållit vikten av att SKB undersöker hur förvarets placering på olika djup påverkar säkerheten. Det finns enligt SKIs åsikt ännu inte något tekniskt underlag som entydigt visar att just 500 m är det lämpligaste förvarsdjupet. SKI saknar i FUD-program 92 planer på en systematisk utredning om alternativa förvarsdjup och dess betydelse för förvarets säkerhet. Detta är en brist då SKB satt upp som ett mål att den principiella utformningen av slutförvarssystemet skall vara fastlagd 1995. SKI anser att även förvarsdjupet ska innefattas i denna utformning. Som exempel på andra frågeställningar som behöver belysas i detta sammanhang kan nämnas att

bristfällig kunskap om bergmassans egenskaper under ca 800 m kan försvåra utvärderingen av bergmassans egenskaper även om 500 m väljs som förvarsdjup.

Uppsala universitet framför i sitt remissyttrande behov av att undersöka möjligheterna till ett slutförvar betydligt djupare än 500 m p.g.a. framtida glaciationer. Naturskyddsföreningen samt Naturskyddsföreningen i Bohuslän framför även de liknande synpunkter och slår fast att förläggingsdjupet inte utretts tillräckligt. Naturskyddsföreningen i Bohuslän framför att det fortfarande saknas kunskap om eventuella fördelar med ett KBS-förvar på 750 eller på 1500 meters djup.

SKB anser att goda egenskaper hos berget är mekaniskt skydd, kemiskt stabil miljö och låg grundvattenomsättning. SKI instämmer i detta men vill tillägga att även retardationsförmågan är en viktig faktor i sammanhanget. Det gäller nu för SKB att visa att berget verkligen har de goda egenskaper man vill tillgodoräkna sig. SKI - liksom SKB - anser att det är viktigt att betona betydelsen av den kemiska miljön eftersom denna påverkar både kapselns integritet och bergets transportegenskaper.

SKB hävdar att grundvattenkemin till största delen bestäms av bergets mineralsammansättning, som är stabil under långa tidsrymder. SKI delar inte helt denna åsikt. Exempelvis återstår det fortfarande att utreda orsakssambanden mellan förekomsten av salta och söta grundvatten. Dessutom bör SKB även utreda på vilket sätt och under hur långa tidsrymder själva byggandet av ett förvar och dess senare existens påverkar bl.a. bergets mineralogi och grundvattenkemi, se vidare 7.6.2.

SKI instämmer med SKB om att olika processer i berget och deras växelverkan måste beskrivas men att samtidigt möjligheterna att göra detta alltid kommer att vara begränsade på grund av svårigheterna att karaktärisera berget. SKBs ansats att pröva olika modellens giltighet och begränsningar, dels teoretiskt dels genom analys av fältdata, är angelägen och måste bedömas vara en riktig ansats. SKI vill här understryka betydelsen av att SKB i samband med utvärdering av fältdata från olika platser analyserar osäkerheterna i utförda mätningar och resulterande data. SKB bör ta hänsyn till dessa osäkerheter vid planering av nya platsundersökningar.

7.5.3 Principer för undersökningar i kristallint berg

SKB menar att ett slutförvar för kärnbränsleavfall ställer stora krav på kvantifiering av geologiska processer och en detaljerad beskrivning av berggrunden och dess egenskaper. Det sistnämnda är nödvändigt för att kunna ta fram bergegenskapernas variabilitet. SKI anser att SKB hittills inte i tillräcklig utsträckning utnyttjat all den samlade kunskap eller analyserat alla de data som finns om bergmassans egenskaper på olika platser på det sätt som är nödvändigt inför lokalisering av ett slutförvar. Även Sveriges Geologiska Undersökning nämner detta i sitt remissvar.

SKB påstår att variationen i bergets hydrauliska konduktivitet är mindre mellan olika bergarter än inom samma bergart. Detta har betydelse dels för platsvalet och dels för vilka geologiska strukturer som bör identifieras vid en platsundersökning. SKI utesluter inte att detta skulle kunna vara en korrekt iakttagelse. Samtidigt undrar SKI dock om

SKB har tillräckligt stöd för ett sådant påstående, t.ex. genom en statistisk analys av insamlade data. SKI menar att en sådan statistisk utvärdering vore av stort värde.

SKI delar SKBs synpunkt att undersökning i berg bör ske stegvis och iterativt, där stegen successivt går mot mindre skalor. SKB inriktar sig på undersökningar från en regionalskala (1-10 km) ner till en detaljskala för närområdet (0-10 m). SKI vill här påpeka att för att erhålla den nödvändiga kunskapen om struktur- och berggrundsgeologin behöver en väsentligt större region (> 100 km) vägas in i analysen och utvärderingen av den bergmassa i vilken ett slutförvar ska placeras. Det är även väsentligt att utnyttja den sakkunskap och de data som finns tillgänglig litteraturen. En grundläggande förståelse av de storskaliga geologiska sammanhangen bör enligt SKIs åsikt innebära att arbetet i mer detaljerade skalor kan utföras mer målinriktat och underlätta tolkningen och förståelsen av exempelvis grundvattenledarnas geometri och grundvattenkemi. En förutsättning för ett lyckat utfall är att undersökningarna utförs stegvis i rätt ordning, ifrån stor mot lokal skala, och med mellanliggande utvärderingar.

Göteborgs universitet framför i sitt remissvar att de s.k. platsspecifika egenskaperna hos berget även har ett regionalt sammanhang som bör vara klarlagda innan de "plats-specifika" egenskaperna utreds. Universitetet anser att dessa samband hittills ej tillräckligt beaktats. Sveriges Geologiska Undersökning framför att en översikt saknas av de egenskaper hos olika typer av svenskt urberg som är relevanta för bedömningen av lämpliga platser för ett slutförvar.

SKI vill framhålla att det är viktigt att inte bara samla in data - utan att också analysera dessa. Alternativa modeller bör formuleras. När ytterligare data blir tillgängliga kan eventuellt vissa hypoteser förkastas. Det är förmodligen bättre att formulera flera alternativa (men ej så detaljerade modeller) än att lägga all kraft på en enda detaljerad modell redan från början. Det är svårt att visa att en sådan är riktig om man inte inledningsvis går fram med flera alternativa modeller som successivt kan reduceras i antal. SKI menar att en sådan strategi bör dokumenteras tydligt, så att utomstående kan förstå hur SKB går tillväga.

7.5.4 Geovetenskapliga verksamhetens omfattning och samordning

SKB betonar att det är viktigt att få en bred kunskapsuppbyggnad inom de olika geovetenskapliga ämnesområdena. SKI instämmer, men menar att det även är viktigt med mer djupgående kunskaper. Starka kopplingar finns mellan olika ämnesområden och det är därför av stor vikt att samordna verksamheten.

Samordningen mellan Lokaliseringsprojektet, Äspöprojektet och fortsatt utveckling av säkerhetsanalyser är speciellt viktig. SKI menar att SKB har gjort framsteg här sedan FoU-program 89 men att det ännu återstår en del att göra. Synpunkter på detta framförs i kapitlen 5 och 8. Även Göteborgs universitet har påpekat brister i utnyttjandet av de stora och unika datamängder som framtagits av SKB. Universitetet anser att SKB bör utnyttja dessa data till fullo.

7.5.5 Övergripande mål

SKB har presenterat ett ambitiöst programförslag för geovetenskaperna med ett väl formulerat övergripande mål. Att utveckla mätmetoder för djupförvaret är självklart viktigt och borde vara högprioriterat. SKI vill dock starkt betona att det är väl så viktigt att utarbeta en strategi för att ta hand om och utvärdera insamlade data med kvalificerade metoder. SKI efterlyser en konkret plan för denna utvärdering, som också ska innefatta en analys av osäkerheter. (Se även avsnitt 7.8.)

7.5.6 Grundvattenrörelser - konceptuell modellering

SKI anser att SKBs program inom området grundvattenrörelser i sin helhet är genomtänkt och väl fokuserat kring viktiga problemställningar. Det är tillfredsställande att kopplingen mellan SKBs olika verksamhetsområden uppmärksammas. Exempelvis har SKB identifierat kopplingen mellan grundvattenrörelser och geokemi. Geokemin kan ge stöd åt den hydrologiska utvärderingen, medan en förståelse av hydrologin kan vara viktig för att tolka grundvattendata. Kopplingen mellan de olika ämnesområdena måste dock åstadkommas i praktiken. I FUD-programmet hänvisas till olika kapitel som tar upp specifika problem. SKI saknar dock en konkret beskrivning över hur SKB avser att genomföra den nödvändiga samordningen och den integrerade analysen. (Se även 7.6.2.)

SKB presenterar en utförlig förteckning av mål för verksamheten 1993-98 och som omfattar ett antal komplicerade frågor. SKI delar SKBs uppfattning att man behöver ta fram ett bättre underlag för konceptuella modeller för grundvatten- och transportmodellering. SKI menar dock att SKB bör uppmärksamma möjligheten att grundvattnets preferentiella flödesvägar kan vara korrelerade till viss mineralogi/sprickmineralogi. Dessa förhållanden kan vara avgörande för bergets retardationsförmåga och SKB föreslås därför i sitt program inkludera en metodik för att kunna skatta dessa förhållanden. SKI saknar därför i detta sammanhang en plan för undersökning av den s.k. vätta ytan samt den eventuella korrelationen mellan vätta ytan, grundvattenflöde och förekomsten av olika sprickmineral. (SKB planerar dock studier av den vätta ytan inom Äspöprojektet, se avsnitt 8.6.)

SKB har tagit fram viktig information om den s.k. störda zonen, främst inom Stripaprojektet, men även till en viss del inom Äspöprojektet. Fortsatta insatser är dock nödvändiga. (Se kapitel 8.)

SKB refererar i FUD-program 92 till laboratoriestudier av fri konvektion i salt vatten. SKI vill dock påpeka att ett salt grundvatten inte nödvändigtvis behöver vara ett stagnant vatten. Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) tar upp frågan om på vilket djup salt grundvatten förekommer i olika områden och menar att detta kan få stor betydelse vid val av plats. SGU drar slutsatsen att ett stort djup till salt grundvatten skulle kunna indikera relativt högre omsättning och litet djup lägre omsättning. SKI vill dock påpeka att hög salthalt visserligen kan tyda på låg vattenomsättning men också på en högre omsättning kopplat till långa flödesvägar, se t.ex. Voss och Andersson (1992). SKB bör undersöka vad detta kan ha för betydelse för framtida projekt.

SKI noterar att SKB uppmärksammat betydelsen av regional grundvattenströmning och numera inser att den lokala topografin kan ha liten inverkan på flödet på förvarsdjup. Det är viktigt att detta synsätt nu på allvar återspeglas i exempelvis djupförvarsprojektet och att SKB genomför insatser som karaktäriserar grundvattenströmningen i regional och lokal skala. Djupborrhålet i Laxemar borde kunna bidra till att öka kunskapen om regionala flöden och SKI stöder denna insats. Däremot är det svårt att kommentera om ett enda sådant djuphål räcker för de analyser SKB bör genomföra, t.ex. för att öka förståelsen för de regionala hydrologiska och geokemiska förhållanden i samband med en platskaraktärisering. Det är viktigt att SKB dessutom ägnar vissa resurser åt att klarlägga hur känsligt grundvattensystemet är för regionala/lokala störningar.

SKB menar att i det långa tidsperspektiv som förvarets säkerhet ska bedömas, måste klimatförändringar med istidsscenarier beaktas. Detta synsätt delas helt av SKI som anser att det presenterade synsättet, som tagits fram tillsammans med det finska kärnkraftföretaget TVO, kan vara en bra utgångspunkt för fortsatt arbete. Det är enligt SKI viktigt att man uppmärksammat att glaciation kan innebära mer än förekomst av islaster, t.ex. förhöjda grundvattentryck och förändrad kemi. Det är även viktigt att få god kunskap om tids- och händelseförloppet under en klimatcykel. Paleohydrologiska data kan enligt SKI också ge värdefulla bidrag till en ökad insikt om tänkbara framtida händelseförlopp. SKB aviserar insatser på detta område men av föreliggande program framgår inte klart ambitionsnivå eller syfte. SKI ser med intresse fram emot en tydligare redovisning av hur SKB ämnar gå till väga för att utnyttja paleohydrologiska data i olika konkreta fall.

SKB nämner att ett klassificeringssystem har utvecklats för att översiktligt kunna bedöma ett förvarsområde för radioaktivt avfall ur hydrogeologisk synvinkel. SKI ställer sig tveksam till att ett standardiserat klassificeringssystem är en framkomlig väg att väga in osäkerheterna för de hydrologiska parametrarna i en förundersökning. SKB bör vara mycket försiktig i sina slutsatser. Det är enligt SKIs uppfattning svårt att välja och vikta lämpliga parametrar. Ett sådant angreppssätt kan istället förhindra nytänkande och den fysikaliska förståelsen för problemen riskerar att gå förlorad. SKI efterlyser en uttömmande analys av fördelar och nackdelar med föreslaget angreppssätt innan metoden används rutinmässigt.

SKB menar att det finns ett stort behov av att bättre förstå de hydromekaniska processerna i bergmassan såväl i översiktlig som i detaljerad skala. SKI instämmer i detta, men vill dessutom framhålla att hydromekaniska kopplingar är svåra att hantera och att nu använda modeller inte är väl validerade. Det är dock rimligt att börja med experiment i laboratorieskala. Valet av material (berg eller modellmaterial) för försöken är en viktig fråga. Om ett modellmaterial väljs blir det enligt SKI svårt att överföra resultaten till verkliga förhållanden. De numeriska modellerna bör användas för planering och utvärdering av experimenten. I verkligheten kommer dock utfallet att starkt bero på sprickytors geometri och spricknätverkets utseende. Eventuellt kan blockförsök i fält vara ett bättre alternativ och ge mer entydiga svar.

SKI vill understryka betydelsen av SKBs synpunkt att det finns ett stort behov att förstå olika mätmetoders beroende av skala, bergets heterogenitet, mätriktning, den bergvolym som omfattas vid mätning, de osäkerheter som är kopplade till respektive mätmetod etc.

Denna kunskap är viktig vid uppläggning och genomförande av detaljundersökningar i lokaliseringsprogrammet.

SKI vill dessutom påpeka att det fortfarande finns mycket att göra avseende analysen av insamlad hydrogisk information, exempelvis utnyttjande av alla insamlade data ifrån långtidspumptestet (LPT2) på Äspö. SKB bör formulera alternativa tolkningsmodeller för att testa och utnyttja den information som redan finns tillgänglig.

SKB anger ett antal faktorer som kan påverka de hydrauliska egenskaperna i berget och som man avser att utreda. SKI instämmer i detta och noterar att SKB uppmärksammat möjligheterna att utnyttja sprickmineral i den tektoniska analysen av ett område och därmed genom indirekta metoder påvisa förändringar i flöden och transportvägar (s.k. paleohydrologisk information). SKI anser vidare att det kan visa sig värdefullt att väga samman hydrologisk och geokemisk information, t.ex. genom studier av syreisotoper. Svårigheterna vid provtagning bör dock uppmärksammas (se även 7.8). SKI ser det som viktigt att SKB under innevarande period inte bara sammanställer den indirekta information som insamlas inom programmet utan även aktivt utnyttjar denna i kommande analyser.

Ett bra exempel på att en samordning av olika metoder och ämnesområden kan leda till ökad förståelse är den av SKB utförda jämförande studien av olika tekniker för åldersdatering. Denna studie har gett en god kännedom om åldern på vissa bergsrörelser men även i ett vidare perspektiv kan detta angreppssätt ge värdefulla bidrag till en god allmän förståelse av tidigare händelser. SKBs aktiviteter inom detta område kommer att följas av SKI med stort intresse.

SKI stöder SKBs planer att utreda transienta effekter i samband med jordbävningar, såsom momentana ändringar i hydrauliskt tryck och eventuella viskositetsförändringar i förvarets bentonitbuffert.

SKI förutsätter att en dialog startas mellan SKB och SKI som klarlägger de krav som behöver ställas på planering och genomförande av platsundersökningar. SKI menar att SKB bl.a. bör vara mycket observant på i vilken ordningsföljd man ämnar utföra olika undersökningar för att så lite som möjligt påverka de naturligt rådande förhållandena (se även avsnitt 7.8).

SKI ställer sig tveksam till om studier med enbart icke-sorberande spårämnen ger ytterligare kunskapsunderlag. SKB bör genom modellberäkningar förvissa sig om att t.ex. kanalströmning kan utvärderas med tillräcklig precision innan man satsar på experiment. SKI anser att det är mycket viktigt att integrera dessa aktiviteter med aktiviteterna inom området kemisk transport. Betydelsen av dispersion måste studeras i kombination med sorption, annars kommer resultaten, enligt SKIs mening, inte att bli speciellt intressanta. Dispersionsstudier med en stokastisk kontinuummodell måste dessutom göras för hög varians d.v.s. stor rumslig heterogenitet. Denna synpunkt understöds dessutom av att resultaten från tidigare teoretiska studier, som baserades på låg varians, inte uppvisar några kanaleffekter - dessa blir tydliga först vid hög varians. SKB bör enligt SKI studera olika modeller för hur högkonduktiva områden är förenade. Analyser som gjorts inom INTRAVAL Fas 2 kan möjligen tas som utgångspunkt för detta.

I en säkerhetsanalys liksom vid platskaraktärisering bör, menar SKI, hydrogeologer bidra med att formulera flera alternativa tolkningsmodeller. Det är inte övertygande att bara ta fram en modell. Den stokastiska modell som användes i SKB 91 (baserad på ett Gaussiskt stokastiskt kontinuum) är bara en ansats av flera möjliga. Vidare gäller att det inom ramen för en och samma modell finns flera alternativa tolkningar, t.ex. avseende korrelationslängder, volym för medelvärdesbildning etc. Osäkerheter i dessa parametrar kan vara betydande. Dessa frågor tas också upp i kapitel 6. Även i SKIs granskning av SKB 91 (SKI, 1992) diskuteras dessa problem.

SKB ämnar utreda om det s.k. fraktala syn- och angreppssättet underlättar tolkning av och förståelse för olika bergartsstrukturer. SKI ser detta som en bland flera olika möjligheter, vilka emellertid alltid måste ha sin grund i en verklig förståelse av en plats egenskaper i olika skalor. Det fraktala angreppssättet kan sedan underlätta och strukturera efterföljande analys. Det är sedan länge en väl etablerad kunskap att egenskaper i en viss skala i de flesta fall också kan återfinnas i andra skalor, ifrån regional till mikroskala. Denna kunskap har dock inte utnyttjats i någon högre grad i samband med platsundersökningar för ett slutförvar.

Skalningsproblem och volymrepresentativitet av olika egenskaper i berggrunden kommer att utgöra centrala frågeställningar i modellarbetet enligt SKB. SKI anser detta vara ett viktigt område som SKB behöver avsätta resurser för, men det framgår inte tydligt i FUD-program 92 vilken ambitionsnivå SKB har i denna viktiga fråga.

7.5.7 Berggrundens stabilitet

SKB har formulerat ett antal mål inom området berggrundens stabilitet. SKI saknar här det mycket viktiga målet att öka kunskapen om hur förvarets mekaniska stabilitet ska kunna förutsägas. SKB tycks dock planera viss verksamhet för detta.

SKB anger att det finns en hel del metoder och data som när de integreras och analyseras kan öka förståelsen för berggrundens spricksystem, rörelser, paleostressfältet och vilka lastsituationer som påverkat urberget. Det som SKB nämner ser dock SKI endast som ett axplock av möjliga integrationer. SKB har själv visat (Smellie och Laaksoharju, 1992) på de möjligheter man har att genom ett multidisciplinärt och integrerat angreppssätt närma sig en verklig förståelse för en plats, i detta specifika fall de hydrogeokemiska förhållanden på Äspö. Samma angreppssätt bör kunna användas vid analysen av berggrundens stabilitet.

SKB anger att "om rörelser sker i jordskorpan i vårt land äger de således rum som reaktiveringar och då i redan befintliga svaghetszoner eller sprickor". SKI anser att detta är en förenklad bild av verkligheten. Detta har ännu inte entydigt visats genom de undersökningar SKB utfört bl.a. inom Lansjärvs-projektet (se nedan) eller den åbe-ropade studien på norra Öland.

I studien på norra Öland (Milnes, och Gee, 1992) framhåller författarna att speciellt begränsningen av storleken på undersökningsområdet medför att inga vittgående slutsatser med avseende på stabiliteten i denna region av Sverige kan göras. Skillnaderna i spricksystemens komplexitet mellan fastlandet och Öland måste undersökas ytterligare

och förklaras. För att knyta ihop dessa områden behöver således kunskapen om bergmassan och dess strukturer utökas till att även omfatta havsbotten mellan fastlandet och Öland. Något sådant arbete har vad SKI känner till inte utförts. Orienteringen av deformationsstrukturer återspeglas olika i olika typer av bergarter. Strukturer i överlagrande sedimentbergarter kan få andra karaktärsegenskaper än samma struktur i underliggande kristallina bergarter. SKI rekommenderar försiktighet i korrelationer mellan olika bergartsled med olika egenskaper.

Genomförda säkerhetsanalyser, SKI Projekt 90 och SKB 91, visar båda att förekomsten av flacka zoner har en stor inverkan på grundvattnets flödesvägar i en bergmassa. Det är därför mycket viktigt att ta fram metodik som tillåter identifikation och karaktärisering av flacka zoner. SKI vill understryka vikten av att SKB under innevarande programperiod satsar resurser på att studera hur och varför flacka zoner uppträder. Subhorisontella zoner tycks ofta vara högkonduktiva och kan kortsluta eller påverka de drivkrafter som annars styr grundvattenflödet. Flacka zoner är ofta randvillkorssättande för modeller av grundvattenströmningen runt ett förvar. Existensen av flacka zoner på djupet medför krav på undersökningar till större djup, vilket enligt SKI i vissa fall kan innebära djup ner till 1500 m och mera. Förutsägelseerna om djupare belägna flacka zoner inom ett förvarsområde förutsätter god kännedom om zoners fördelning inom en större region. (Se även kapitel 7.8.)

SKI vill i detta sammanhang poängtera att det förutom säkra metoder för att fastlägga zonernas antal och läge även krävs detaljerade undersökningar av de större sprickzonernas strömnings- och transportegenskaper för att utföra en adekvat platskaraktärisering.

SKI anser att det även är angeläget att bättre kunna karakterisera sprickor, d.v.s. att kunna fastlägga om det förekommer signifikanta skillnader eller ej i egenskaper för olika sprickriktningar eller spricktyper. I SKB 91 diskuteras olika ordningar av sprickor utan tillfredsställande redovisning av om de olika ordningarna signifikant (med stöd av data) skiljer sig åt. Det kan förhålla sig så att vissa egenskaper är viktigare i vissa tillämpningar (geologi, hydrologi, kemi och bergmekanik) än i andra. Riktningar har t.ex. direkt betydelse för bergmekaniken eftersom spänning och töjning är riktningberoende storheter. I andra fall kan det vara viktigare att klarlägga möjliga förändringar i transportvägar (t.ex. öppna/slutna sprickor på grund av upplösning/utfällning av sprickmineral). Beroende på mekaniska störningar och förändringar i den kemiska miljön i bergmassan runt ett förvar kommer idag observerade transportvägar att förändras med tiden. Hur och på vilket sätt behöver SKB analysera och väga in i en säkerhetsanalys av ett slutförvar.

En god kunskap om vilka deformationer och kemiska omvandlingar en bergmassa genomgått underlättar betydligt de prognoser som ställs upp för hur bergmassans egenskaper runt ett förvar kan komma att ändras i framtiden. Denna analys är starkt platsspecifik. SKI menar att det finns ett behov av att sammanställa och diskutera ovan nämnda frågor i en särskild utredning. Ett exempel på en fråga som behöver klaras ut är om förvaret i sig utgör en ny svaghetszon i berget och därmed i samband med en framtida istid kan orsaka ny sprickbildning eller rörelser som kan skada kapslarna.

Sveriges Geologiska Undersökning framför vikten av att på något sätt kvantifiera frekvensen av sprickor och spricksystem i olika bergarter/komplex och att kvalitativt bedöma sprickor. Chalmers tekniska högskola understryker vikten av att förvissa sig om att berggrundens egenskaper blir styrande och inte det av människan skapade hålrummet. Detta gäller särskilt bergets vattengenomsläpplighet. Stabilitet hos ett hålrum är alltid en tidsfråga. Utformning av anläggningen samt buffertmassans egenskaper borde således enligt Chalmers utredas bättre innan detaljerade modelleringsansatser utförs, vilka bygger på att tunnel- och schaktsystem är inaktiva ur mekanisk synpunkt.

SKB refererar till en studie över stabiliteten i Finnsjön med hänsyn taget till en islast och samtida vattentryck. SKI vill understryka att analysen inte är allmängiltig, är platspecifik och inte bör övertolkas. Under vissa speciella förutsättningar har enkla översiktsberäkningar visat att ny sprickbildning kan ske. Relevansen i de antaganden som gjorts i samband med dessa beräkningar behöver analyseras mer detaljerat. SKI anser att det fortfarande återstår en del forskningsinsatser inom området. SKB bör även kunna visa att man behärskar tekniken att identifiera de kritiska zoner där det, enligt SKBs förvarskoncept, förutsätts att inga kapslar skall deponeras. Planer för att åstadkomma detta redovisas bristfälligt i FUD-programmet.

SKB bedriver nu arbeten inom området neotektonik, landhöjning och postglaciala rörelser. SKB har under en rad år satsat resurser på att analysera de postglaciala förkastningarna i Lansjärvområdet. SKI gav i samband med sitt yttrande över SKBs FoU-program 89 en rad kommentarer till SKBs Lansjärvsarbeten. SKI kan konstatera att fortfarande finns frågor som ej nöjaktigt besvarats. T.ex. är mekanismerna bakom förkastningsrörelserna och deras omfattning mindre kända. SKB har endast presenterat *en* tänkbar förklaring. SKI delar SGUs synpunkt att mer forskning behövs för att visa vad som var specifikt för dessa zoner och vad det var som gjorde att just de aktiverades. Mer forskning bör enligt SKI öka förståelsen för eventuell uppkomst eller förekomst av sådana strukturer i andra regioner i Sverige. Pågående studier i Värmland och i sydöstra Sverige kan också komma att öka förståelsen, samt framförallt kannedomen om förekomsten av, sådana strukturer i andra områden där de inte är lika lätta att identifiera.

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) understryker betydelsen av förkastningsrörelser, liksom av andra nedisningsrelaterade deformationer, för berggrundens vattenledande förmåga. Det finns all anledning att tro att framtida nedisningar kommer att leda till förändringar i bergvattnets rörelser och egenskaper i vissa områden. Detta bör enligt SGU vägas in vid val av kapsel- och förvarsutformning.

SKI instämmer med SKB om att den seismiska aktiviteten i den baltiska urbergsskölden huvudsakligen styrs av plattetektoniska processer och pågående landhöjning. SKB hävdar dessutom att vissa avvikelser i spänningsfältet kan förklaras som effekter av glaciationslandhöjningsprocesserna samtidigt som SKB refererar till ett arbete av Muir-Wood (under tryckning). De slutsatser som dras i denna rapport diskuteras för närvarande i forskarvärlden. SKI anser att det är för tidigt att dra några långtgående slutsatser ifrån studien. Ytterligare insatser behövs då en god förståelse för berggrundens spänningssituation har stor betydelse bl.a. ur funktionsmässig och anläggningsteknisk synvinkel, men även vid bedömningen av vissa av förvarets långtidsegenskaper. SKI saknar dessutom i ovannämnda studie nästa naturliga steg, d.v.s. att baserat på framtagna kunskap

beskriva hur de olika belastningarna påverkar bergmassan med ett inplacerat slutförvar. SKI förutsätter att SKB utför dessa nödvändiga analyser.

Försvarets forskningsanstalt (FOA) påpekar att skillnaden mellan de två olika förklaringsmodellerna för seismiciteten (plattetektonik/landhöjning) kan leda till skilda slutsatser om troliga påkänningar på slutförvaret och om kriterierna för platsvalet. FOA finner det angeläget att SKB söker nå klarhet i dessa frågor. SKI delar denna uppfattning.

SKBs planer på en sammanställning där riskerna för jordskalv diskuteras och värderas behöver konkretiseras. SKI är medveten om att det redan idag finns en mängd utredningar gjorda för olika ändamål. Det är nu viktigt att det föreslagna arbetet konkret diskuterar riskerna för ett slutförvar och dess ingående komponenter, exempelvis jordskalvens påverkan på bentonit, kapsel, grundvattenströmning m.m. Starka kopplingar finns här till den scenarieanalys som behöver genomföras i inom ramen för en säkerhetsanalys.

I FUD-planen anger SKB att det är väsentligt att utreda osäkerheterna i olika metoder för mätning av bergspänningar t.ex. beträffande volymsrepresentativitet och påverkan av mikrostrukturer. SKI delar helt SKBs åsikt, men anser det lika viktigt att SKB nu verkligen genomför mätningar, så att nya tillförlitliga platsspecifika data som karaktäriserar bergspänningssituationen på olika djup tas fram. I dag saknas nästan helt bergmekaniska data ifrån tänkbara förvarsdjup. Enstaka mätningar finns men dessa räcker inte till för att t.ex. förklara varför huvudspänningsriktningen i de granitiska bergarterna i Fennoskandia uppvisar en anomal riktning. För närvarande saknas i stort sett mätdata som medger bestämning av storlek och riktning av det horisontella spänningsfältet och hur det varierar med djupet. Detta är en viktig parameter för modellbeskrivning av bergmassan. (Se även avsnitt 7.8.)

SKB avser också att försöka ta reda på om tidsberoende eller bergartsberoende spänningsfördelningar förekommer och eventuella orsaker till residuala (kvarstående) spänningsmönster. SKI - liksom även Uppsala universitet - vill påpeka att det finns behov av att ytterligare utreda spänningsfältets fördelning mellan olika geologiska enheter och deras horisontella och vertikala fördelning i den fennoskandiska berggrunden.

SKI anser att det även är viktigt att experimentellt studera berghållfasthet, sprickhållfasthet och hydraulisk koppling, såväl i laboratorie- som i in situ-försök.

SKI kan sammanfattningsvis konstatera ett stort behov av fler bergspänningsmätningar på olika djup och i alla skalor (global, regional, fjärrområde, närområde) för att riktigt kunna bedöma bergets mekaniska tillstånd. Sådana mätningar behöver få mer utrymme i planen och de behövs dessutom som indata för de modellberäkningar som SKB avser att genomföra.

7.5.8 Klimatförändringar

En god kännedom om framtida klimatförändringar behövs som ingångsdata i de olika scenarier som behöver analyseras i en säkerhetsanalys av ett slutförvar.

SKI anser inte att dagens kunskapsläge medger att de antaganden som ligger till grund för det glaciationsscenario som SKB presenterat (Ahlbom m.fl., 1991) kan gälla utan inskränkningar. Istidernas uppträdande de senaste 750 000 åren följer enligt SKB helt de s.k. Milankovitch-cyklerna. SKB har således baserat sina prognoser av framtida istider på tillämpning av Milankovitch-teorin i ACLIN och Imbrie & Imbries modeller. SKI vill påpeka att Milankovitch-cyklerna inte alltid kan förklara vissa observerade förlopp, exempelvis klimatförändringen under yngre Dryas (ca 9000 f.Kr.). SKI menar att SKB i de olika fall SKB utnyttjar teorin bör ange och diskutera teorins tillämpbarhet samt brister och osäkerheter.

Milankovitch-teorins betydelse för klimatförändringar har t.ex. nyligen ifrågasatts av en amerikansk forskargrupp (Winograd m.fl., 1992) som hävdar att klimatförändringar snarare har ett slumpvist uppträdande. Det finns således flera olika hypoteser om mekanismerna för klimatvariationer, vilka idag inte har kunnat verifieras. SKI anser det viktigt att SKB noga följer utvecklingen på detta område. Speciellt viktigt är det att öka kunskapen om hur snabbt klimatet kan förändras. Det är framförallt de transienta stadierna som har stor betydelse för hur ett slutförvar påverkas av klimatförändringar. För övrigt redovisar SKB olika arbetsinsatser som alla enligt SKI verkar meningsfulla att studera under kommande programperiod.

Naturskyddsföreningen i Bohuslän önskar ett klarläggande från SKB om möjliga glaciationseffekter och deras betydelse för valet av slutförvaringsmetod.

SKB har tagit fram en tidsberoende modell över den senaste nedisningen i Skandinavien som kalibrerats mot lokalt observerade data. SKI anser detta vara ett intressant steg i förståelsen för hur en framtida global klimatförändring kan påverka lokala förhållanden. Fortfarande återstår utvärdering och analys för att kunna se hur tillförlitliga och användbara resultaten är. Sveriges Geologiska Undersökning konstaterar att kunskapen om den senaste istidens förlopp är mycket ofullständig och att spåren från äldre nedisningar endast är fragmentariska. Detta kan innebära att de lokalt observerade data som är ingångsvärden till den tidsberoende modellen är i varierande grad osäkra. Detta medför, anser SKI, att SKB tydligt måste redovisa vilka ingångsdata modelleringen baseras på samt vilka osäkerheter som är förknippade med dessa.

7.5.9 Geohydrologiska och bergmekaniska beräkningsmodeller

Ett intressant och allomfattande program inom modellutveckling planeras av SKB. SKI saknar dock en stringent redovisning hur SKB ämnar genomföra planerade insatser. SKI vill dessutom starkt understryka att utveckling och utnyttjande av beräkningsmodeller inte är en verksamhet skild från framtagande av grundläggande kunskap. Modeller är ett sätt att beskriva den kunskap man har tagit fram. Det är därför något oroande att modeller beskrivs för sig och kunskapsutveckling för sig då verksamheterna hänger ihop. SKB nämner att det är viktigt att integrera och ta hänsyn till allmän geologisk/

geofysisk information vid bestämning av konduktivitetsfördelningen för en platsspecifik stokastisk grundvattenmodellering. Man anger dock inte att detta bör vara en iterativ process där resultaten utnyttjas för de fortsatta undersökningarna. SKI vill understryka vikten av att ha detta i åtanke i det fortsatta arbetet.

SKI instämmer i SKBs beskrivning i FUD-92 av modellers användbarhet. SKI saknar dock hos SKB en uttalad insikt i att modeller kan vara ett stöd och i vissa fall en förutsättning för att planera och följa upp ett experimentellt program. Det som går att mäta i fält (grundvattnets tryckhöjd, kemi i borrhål, bergspänning i viss punkt, m.m.) är ytterst sällan detsamma som man önskar få reda på (permeabilitetsfördelning, sorptionsparametrar längs strömväg, bergmassans hållfasthet m.m.). För att kunna bestämma dessa parametrar är användning av modeller i de flesta fall enda möjligheten. Med förmodellering kan man också undersöka om föreslagna försök eller mätningar medger en bestämning av de önskade parametrarna.

SKB har tillgång till de flesta föreslagna modellkoncept för grundvattenströmning i berg, vilket är värdefullt. SKI noterar också att SKB inte sätter likhetstecken mellan modellkoncept och datorkod i detta FUD-program. Det viktigaste arbetet inom den närmaste perioden torde inte vara att utveckla nya konceptuella modeller utan att pröva hur olika modeller stämmer med verkligheten, d.v.s. valideringsinsatser.

SKB anser det viktigt att vidareutveckla metoder för in situ-bestämning av hydraulisk konduktivitet. SKI delar denna uppfattning. Det framgår dock inte av redovisningen hur SKB ämnar genomföra detta konkret. SKI kommer med stort intresse att följa SKBs simuleringar av regionala framtida flödessituationer i form av en totalkopplad modell. Bli detta framgångsrikt har SKB tagit ett betydelsefullt steg i förståelsen av hur olika processer samverkar.

SKBs planer på att införa osäkerhetsanalys (sensitivitetstester) inom den bergmekaniska analysen rekommenderas starkt. Idag är kontrasten stor mellan det stokastiska synsättet inom hydrogeologin och det deterministiska inom bergmekaniken. Det handlar om samma medium och kunskaperna om berghållfasthet, sprickhållfasthet och spänningsfördelning är om något ännu osäkrare än de hydrologiska parametrarna. Framtida integrerade insatser inom t.ex. Äspölaboratoriets ram bör främja en korsbefruktning av dessa områden och bidra till att synsättet blir gemensamt för de olika områdena. Även det pågående DECOVALEX projektet, som omfattar utveckling och verifiering av kopplade termo-hydro-mekaniska modeller, förväntas bidra till en ökad förståelse och internationell samsyn på dessa problem.

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) understryker vikten och betydelsen av att matematiska modeller för känslighetsanalys av grundvatten- och specietransport utvecklas och tillämpas. Dessa modeller är av stort allmänt intresse för analysen av olika former av "störningar", d.v.s. osäkerheter hos indata till matematisk-fysikaliska modeller. KTH diskuterar också svårigheter med och brister i kunskap om modellering av relevanta fysikaliska och kemiska egenskaper för ett slutförvar. KTH saknar en gemensam och genomtänkt matematisk-fysikalisk helhetssyn bakom de använda modellerna och tolkar mångfalden av olika modeller som att en stor osäkerhet råder hos SKB beträffande hur den geologiska förväntningsmodellen skall parameteriseras. KTH framför vidare att bristen på problemdefinitioner gör det svårt att utläsa relevansen hos de olika modell-

koncepten, liksom vilka fysikaliska (kemiska) processer, i vilka skalor samt på vilka kriterier (kan/är det tänkt att) de olika modellkoncepten skall tillämpas. KTH reser ytterligare ett antal frågor som behöver besvaras t.ex. hur olinjära kopplade processer skall/kan studeras med respektive modellkoncept.

7.5.10 Sammanfattande omdöme

SKBs beskrivning av geovetenskapens roll i säkerhetsanalysen, kunskapsläge och inriktning av fortsatta insatser är av hög kvalitet. Ur programbeskrivningarna för nästkommande period (1993-98) framgår dock inte vilken ambitionsnivå (varken tid alternativt kostnadsinsats) SKB planerar för de beskrivna insatserna. Det är därför svårt för SKI att ta ställning till om de av SKB uppräknade projekten täcker de frågor som skall besvaras. SKI kan således endast kommentera om föreliggande program enligt SKIs mening täcker de behov och de kunskapsluckor som i dag finns identifierade.

SKB synes nu ha kommit längre med samordningen av de olika geovetenskaperna än i tidigare FoU-program. Fortfarande saknas dock den integration som är nödvändig inför den slutliga analysen. För att uppnå en god förståelse för en plats egenskaper behöver SKB redan från början samordna insatserna på olika ämnesområden och ta hänsyn till de krav som ställs av säkerhetsanalysen (se kapitel 6). Detta borde återspeglas i hur forskningsprogrammet utformas. De nödvändiga kopplingarna mellan olika områden såsom geologi, kemi, hydrologi och bergmekanik framgår inte tydligt eller saknas i SKBs redovisning. SKI vill även framhålla betydelsen av återkommande utvärderingar under hela den tid en platsundersökning pågår. Detta innebär en iterativ process där varje sådan utvärdering måste föregå och styra de experimentella insatserna i påföljande fas av undersökningen.

Skalningsproblem och volymrepresentativitet av olika egenskaper i berggrunden kommer att utgöra centrala frågeställningar i modellarbetet enligt SKB. SKI anser detta vara ett mycket viktigt område som SKB behöver avsätta resurser för, men det framgår inte speciellt tydligt i FUD-program 92 vilken ambitionsnivå SKB har i denna viktiga fråga.

SKI identifierat ett stort antal viktiga frågor som inspektionen anser att SKB behöver ta om hand under nästkommande period. I denna sammanfattning redovisas härnedan endast några viktiga exempel på frågor som identifierats inom geologi, hydrologi, klimatförändringar och bergmekanik.

Förvarsdjup

SKI har vid ett flertal tillfällen sedan granskningen av KBS 3 framhållit vikten av att SKB undersöker hur förvarets placering på olika djup påverkar säkerheten. Det finns enligt SKIs åsikt ännu inte något sådant tekniskt underlag som entydigt visar att just 500 m är det lämpligaste förvarsdjupet. SKI saknar en systematisk utredning om alternativa förvarsdjup och dess betydelse för förvarets säkerhet.

Hydrologi

SKB presenterar en utförlig lista av mål inom området grundvattenrörelser för verksamheten 1993-98. SKI saknar dock en utredning av våta ytor och korrelationen mellan våta ytor, grundvattenflöde och sprickmineral. Dessa förhållanden är avgörande för bergets retardationsförmåga och SKB måste inkludera en metodik för att kunna skatta dessa förhållanden i sitt program. SKI noterar dessutom att SKB uppmärksammat betydelsen av regional grundvattenströmning och numera anser att den lokala topografin kan ha mycket liten inverkan på flödet på förvarsdjup.

Klimatförändringar

SKI anser inte att dagens kunskapsläge tillåter att de antaganden som ligger till grund för det glaciationsscenario som SKB ställer upp kan gälla utan inskränkningar. Istidernas uppträdande de senaste 750 000 åren följer enligt SKB helt de s.k. Milankovitch-cyklerna. Vissa observerade klimatförändringar kan dock inte förklaras med denna teori. SKB bör enligt SKI tydligt ange och diskutera teorins tillämpbarhet och brister samt de osäkerheter som finns i de olika fall SKB utnyttjar teorin.

Bergmekanik

I planen anger SKB att det är väsentligt att utreda osäkerheterna i olika bergspänningsmetoder t.ex. när gäller volymsrepresentativitet och påverkan av mikrostrukturer. SKI delar helt SKBs åsikt, men anser det lika viktigt att SKB nu verkligen genomför mätningar, så att nya tillförlitliga platsspecifika data som karakteriserar bergspännings-situationen på olika djup tas fram. I dag finns endast ett fåtal bergmekaniska data ifrån tänkbara förvarsdjup.

7.6 KEMI

7.6.1 Inledning

Under rubriken Kemi behandlas i FoU-programmet var för sig tre områden som egentligen borde disponerats annorlunda: "Grundvatten och geokemi", "Radionuklidkemi" samt "Validering av processer i transportmodeller och radionuklidmigration". Det första av dessa borde rätteligen ha hanterats under Geovetenskaper i kapitel 6. Det andra området borde ha haft ett eget kapitel och det tredje behandlats under rubriken Säkerhetsanalys i kapitel 2. Ytterligare synpunkter på detta förhållande framkommer nedan. Sammanfattande omdömen ges också separat för de olika områdena.

7.6.2 Grundvatten och geokemi

Målen för insatserna inom detta område anges av SKB vara

- att vidareutveckla kunskapen inom området, främst avseende processer och egenskaper av betydelse för kapsel- och buffertstabilitet, bränsleupplösning samt migration av radionuklider
- att bekräfta den lokala och regionala geohydrologiska beskrivningen av grundvattnets strömning
- att bestämma kemiska förändringar i närområde och till följd av inströmmande grundvatten.

SKI anser att detta ger en god bild av de krav som kan ställas på programmet i dessa avseenden.

Beskrivningen av kunskapsläget utgår i stor utsträckning från en diskussion av de geokemiska förhållandena vid Äspö. Denna begränsning motiveras ej närmare men inledningsvis påpekar SKB att en stor del av forskningsarbetet om grundvatten och geokemiska förhållanden utförs inom ramen för Äspöprojektet. (Jämför därför även kapitel 8.)

En mer generisk genomgång av kunskapsläget och hur den sökta kunskapen bearbetas och används inom säkerhetsanalysen saknas. Enligt SKI avspeglar detta också att en bättre integrering av geokemin är önskvärd, både med övriga geovetenskaper och med säkerhetsanalysen.

En korrekt tolkning av grundvattenanalyser och mineraldata från ett platsområde är nödvändig för att kunna beskriva pågående geokemiska processer och förhållanden. Dessa studier, inklusive mätningar på stabila isotoper och kol-14, ger dessutom upplysningar om vattnets ursprung och ålder. Sammantagen är all denna information också till hjälp för att kunna bekräfta en geohydrologisk beskrivning av platsen och för att kunna förutsäga vilka störningar i systemet som kan inträffa t.ex. i samband med en istid.

SKI anser att SKBs insatser på detta område har rätt inriktning, men att fokuseringen på frågor av säkerhetsanalytisk betydelse skulle kunna ha framgått bättre av programbeskrivningen. I det kommande programmet avser SKB att använda typ- och kvalitetsklassificering samt statistiska metoder (multivariatanalys) för bearbetning av grundvattendata och förenkla en enhetlig utvärdering. SKI vill dock framhålla betydelsen av att detta sker integrerat med den hydrologiska utvärderingen av en plats. Tolkning av data från Äspö, Finnsjön och Stripa för att klarlägga betydelsen av regionala grundvattenflöden ingår också i SKBs program liksom fortsatta studier av försurningseffekter.

Utrustning för mätning in situ på stagnanta grundvatten är under framtagning. SKI ser med intresse fram mot resultaten av sådana mätningar, vilka skulle ge information om jämviktsvillkor och även kinetiska effekter som är svåra att studera med hittills använda metoder.

Under föregående period har SKB låtit undersöka fördelningen av uran och sällsynta jordartsmetaller mellan sprickmineral och grundvatten. I det kommande programmet avser SKB att bearbeta materialet ytterligare för att fastställa i vilken form dessa ämnen förekommer i fast fas. Bestämning av fördelningsfaktorer skall också göras som jämförelse. SKI menar att sådana studier är viktiga för att belysa användbarheten av det s.k. " K_d -konceptet" vid modellbeskrivning av nuklidmigration. Insatserna på detta område kan dock behöva stöd i en motsvarande utveckling på modellsidan.

Redoxförhållandena i berget och i grundvattnet är av stor betydelse för säkerheten hos ett slutförvar. Dels bidrar berget genom sin redoxbuffertkapacitet till att syre inte kan tränga ned i förvaret och medverka till korrosion av kopparkapsel och bränsle. Dels är reducerande betingelser en viktig förutsättning för effektiv retention av vissa radionuklider, främst neptunium och teknetium. Dessa förhållanden har uppmärksammats från början i SKBs program och även för den kommande perioden. Särskilt viktigt i sammanhanget är att fastställa bergets förmåga att bibehålla reducerande miljö på förvarsdjup även efter den störning som sker i samband med deponeringen samt yttre händelser såsom istider. Detaljerade studier av detta slag har redan påbörjats vid Äspö och kommer att fortsättas i nästa period. Den snabba vattenströmningen från ytan leder till att genombrott av syrehaltigt vatten kan mätas på djupa nivåer och därvid ge information om t.ex. tillgänglig mängd reducerande mineral i sprickor och i bergmatris. SKI vill framhålla det värdefulla med dessa studier som medger samtidig bearbetning av flera av de mera väsentliga frågeställningarna: redoxreaktioner, vittring, matrisdiffusion och kanalströmning.

SKB har också deltagit i försök att bestämma bergets redoxkapacitet genom laboratorieförsök. SKI ställer sig dock frågande till om de experimentella betingelserna med mycket högt syrepartialtryck (10 MPa) invändningsfritt kan översättas till förhållanden i ett slutförvar.

SINTAB/BERGAB anser att SKB i vissa avseenden har en något dogmatisk attityd beträffande det kristallina grundvattnets genes. De rekommenderar också att betydande insatser görs för att förbättra analyser och tolkningar av kemiska data, vilket kan få stort värde bl.a. vid upprättande och validering av geohydrologiska konceptuella modeller. Mera i detalj kritiserar SINTAB/BERGAB vissa av SKBs påståenden såsom ej verifierade, t.ex.

- att salt vatten är indikator på stagnant vatten
- att ^{18}O -innehållet ger vattnets ålder
- att andelen ^{34}S visar att vattnets ursprung på Äspö är marint, evaporitiskt och organiskt.

Apted (1993) och Chapman m.fl. (1993) kritiserar antagandet om att berget skulle kunna fungera som en redoxbuffert under alla tänkbara scenarier, särskilt med tanke på den störning förvaret utsatts för under drifttiden. De påpekar också att datorprogram som bygger på jämviktsmodeller inte kan användas för att beskriva utvecklingen av närområdeskemin i dessa avseenden. Apted och Chapman påtalar vidare brister i för-

mågan att på ett försvarbart sätt förutsäga den framtida sammansättningen hos grundvatten som kan reagera med kapsel och andra barriärer.

Hermansson m.fl. (1993) menar att om betong ska användas i förvaret måste konsekvenserna av detta undersökas och tas med i kalkylerna för grundvattenkemin. Det måste även undersökas vilken effekt betong kan få på redoxvillkoren. Vid nära kontakt med cementprodukter kan bentoniten ta skada. Det borde också undersökas närmare hur långt den kemiska påverkan sträcker sig och vilken effekt detta har på sprickmineraliseringar och hur deras sorptionsförmåga ändras. Även Hermansson påtalar vikten av att den kemiska störningen i berget under förvarets öppethållande bör kartläggas. Det kan t.ex. bildas ganska rikligt med oxiderande mineral som kan fungera som elektronsänka vid korrosion av koppar.

Även Naturvetenskapliga forskningsrådet anser att det behövs en analys av konsekvenserna för närzonskemin av närvaron av cement/betong, som ju har ett initialt porvatten-pH av över 13. Forskningsrådet anser det inte vara uteslutet att cement skulle kunna reducera korrosionshastigheten och nuklidmigrationen, men att detta måste belysas bättre. Av betydelse är också att bentonitens förmåga att tjäna som elastisk mekanisk diffusionsspärr ej påtagligt förändras vid kontakten med sönderfallande cement. Forskningsrådet menar också att många geokemiska frågeställningar (redoxprocesser, salta vatten, mineraljämvikter, kolloider, organiska ämnen och mikrober) representerar områden med fortfarande svagt eller otillräckligt kunskapsläge. Fortsatta studier är därför välmotiverade och av allmänt geovetenskapligt intresse.

Sammanfattande omdöme

SKBs program för grundvatten och geokemi omfattar enligt SKIs bedömning de flesta viktiga frågeställningarna. Inverkan av betong på geokemin är dock ett område som behöver utredas ytterligare. SKI vill också betona vikten av att detta område får en stark anknytning både till säkerhetsanalysen och till övriga geovetenskaper. Väsentliga delar av arbetet sker inom ramen för Äspöprojektet. SKI anser att detta har både fördelar och nackdelar. Fördelen är givetvis att inom Äspöprojektet har möjlighet att utnyttja stora mängder konsistenta data av hög kvalitet och att den utveckling och störning av geokemin som kan förväntas i ett öppet slutförvar kan studeras. Nackdelen är att insatserna kan komma att fokuseras alltför mycket mot platskaraktärisering utan att de övriga behov som ställs av säkerhetsanalysen beaktas. SKI förutsätter att SKB är medvetet om detta.

7.6.3 Radionuklidkemi

SKB anger följande mål för verksamheten på detta område:

- att mäta och sammanställa kemiska basdata för löslighet och oorganisk speciering av radionuklider i och utanför djupförvaret
- att bestämma halter, stabilitet och rörlighet av radionuklider i form av kolloider, organiska komplex och mikrober

- att bestämma radionuklidernas retention i berg och återfyllnadsmaterial på grund av sorption, medfällning och diffusion
- att fastställa inverkan av redoxreaktioner, radiolys och mikrobiella processer.

SKI och SKB är eniga om att det är nödvändigt med ett internationellt samarbete för att nå det första delmålet. Svensk forskning har sedan decennier haft en stark ställning på detta område, vilket också SKB utnyttjat. Termodynamiska data för en rad element har undersökts och databaserna förbättras och kompletteras efterhand. Många element av säkerhetsmässig betydelse har dock komplicerad kemi, vilket försvårar och fördröjer arbetet. Bland sådana element kan särskilt nämnas uran, neptunium, plutonium, americium, protaktinium, teknetium, niob och tenn.

Bland resultat som uppnåtts genom SKBs senare arbeten och som redovisas i FoU-rapporten kan särskilt nämnas:

- bestämning av lösligheten för uranfosfat och teknetium(IV)oxid
- bestämning (förnyad mätning) av redoxpotentialen för paret U(IV)/U(VI)
- bestämning av konstanter för bildning av hydroxid- och karbonatkomplex för uran och torium med olika metoder (potentiometri, laserspektroskopi och vätskeextraktion).

Undersökningar av neptunium och plutonium pågår, delvis i samarbete med utländska institutioner. Även för americium och för fosfatkomplex av torium och uran planerar SKB studier under den kommande perioden.

SKI anser att de ovan nämnda arbetena har både en djup och bredd som är tillfredsställande och att arbetena håller en hög vetenskaplig standard. Listan över element som kan kräva ytterligare studier skulle enligt SKI dock kunna kompletteras med selen.

SKB har sedan ca tio år också arbetat med studier av medfällning av radionuklider, en mekanism som skulle kunna bidra med större realism vid beräkning av utläckage i säkerhetsanalysen. Även för tolkning av t.ex. naturliga analogier och vissa sorptionsfenomen är bättre kunskap nödvändig i detta avseende. SKI tycker det är bra att detta område också ingår i SKBs planer.

Inom OECD/NEA pågår ett stort arbete med att sammanställa termodynamiska data för element av säkerhetsmässig betydelse. SKB har stött denna verksamhet sedan starten. SKI anser att detta arbete är mycket viktigt och ser gärna att det svenska stödet utökas. Förseningar har inträffat som till stor del beror på brister i medel. Så snart lämpliga former skapats för finansiering kan också SKI tänka sig att stödja detta projekt.

Förekomst och egenskaper hos organiska komplexbildare (huminämnen), kolloidala partiklar och mikrober i grundvatten har också studerats inom SKBs program. Inverkan av dessa ämnen på migration av radionuklider och därmed deras säkerhetsmässiga betydelse har utvärderats av SKB inför SKB 91. SKI instämmer med de slutsatser som hittills dragits att deras inverkan tycks vara begränsad. Det är dock viktigt att SKB fort-

sätter sina planerade studier. SKB bör också följa upp de experimentella studierna med teoretiska och se till att de säkerhetsanalytiska modellerna och beräkningarna utformas så att de kan ta hänsyn till dessa fenomen.

Studier av radionuklidens retention genom sorption på olika mineral och bergarter samt diffusionsstudier redovisas också under denna rubrik. SKB har bl.a. låtit utföra en sammanställning av sorptionsdata och utfört försök i syfte att använda mer teoretiskt underbyggda metoder för att beskriva sorption genom tillämpning av s.k. ytkomplexeringsmodeller. SKB avser att fortsätta detta arbete, främst i syfte att bättre förstå sorptionsprocesserna och kunna förutse vad som skulle kunna påverka dem. Om ytkomplexering kan ersätta K_d -konceptet i de säkerhetsanalytiska transportmodellerna är dock ännu osäkert. Inverkan av bergets heterogenitet är dock en fråga som behöver belysas i detta sammanhang. SKI har annars inget att erinra om för denna del av SKBs program.

SKB har sedan länge bedrivit forskning rörande diffusion av nuklider i bentonit och bergmatriser, och mycket av dessa insatser kan beskrivas som ett pionjärarbete. Inga konkreta målsättningar finns dock beskrivna för det kommande programmet. Studier av betong nämns dock som ett tänkbart område för förnyade insatser. SKI anser detta vara väl motiverat dels med tanke på att betong inte förut diskuterats samband med slutförvaret för bränsle och dels på grund av att förvaret för övrigt avfall kommer att innehålla stora mängder av detta material.

SKI vill dock upplysa om att de konceptuella frågorna kring diffusion i bentonit ännu inte är lösta. Nyare forskning i USA (Conca m.fl., 1993) tyder nämligen på att den tolkning som förut gjorts av transient diffusion i bentonit bygger på felaktiga antaganden. Den nya föreslagna modellen påstås t.ex. kunna förklara uppkomsten av det fenomen som tidigare tillskrivits s.k. ytdiffusion (vilken f.ö. är en annan ouppklarad fråga i sammanhanget). SKI menar att denna oklarhet måste elimineras snarast möjligt. Det bör nämnas att de nya resultaten har publicerats så sent att de inte kunnat beaktas i SKBs program.

Fortsatta arbeten på matrisdiffusion och även försök att bestämma den s.k. vättan (kontaktytan mellan strömmande grundvatten och sprickväggar) kan och bör enligt SKIs mening ske inom ramen för Äspö-projektet. Inriktningen bör vara att utveckla metoder för att bestämma plats-specifika värden på dessa parametrar.

SKB redovisar också försök att genom olika tillsatser till bentonit minska diffusiviteten av vissa radionuklider. Försöken har överlag varit lyckade, men SKI instämmer med SKB i att värdet av detta är diskutabelt. Det kan nämligen vara svårt att visa att dessa tillsatser på lång sikt inte skulle kunna ha en negativ inverkan på andra egenskaper hos bentoniten. Detta påtalades av SKI redan vid granskningen av 1989 års FoU-program.

Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) noterar att kemiprogrammet fortskrider i tillfredsställande takt samt vikten av att SKB även inkluderar studier av organiska komplexbildares, kolloidens och mikrobers effekt på spridningsprocesserna. KTH saknar dock en diskussion av den relativa betydelsen av olika spridningsmekanismer vilken skulle motivera fördelningen av forskningsinsatserna.

Chalmers tekniska högskola (CTH) tar upp frågan om organiska komplex, kolloider och mikrober såsom varande av stor betydelse. Speciellt i kombination med transport i snabba "kanaler" är detta ett oroväckande scenario enligt CTH. De finner det därför "något störande" att det i FUD-rapporten påstås i svepande ordalag att dessa processer inte är av säkerhetsmässig betydelse utan att referens ges. Även Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen uppmärksammar denna fråga och kommenterar, att om radionuklider penetrerar kapseln och buffertsiktet, snabb transport via bergvattnet till biosfären inte kan uteslutas. CTH påpekar dessutom att berget ju är kraftigt heterogent, vilket försvårar en deterministisk beskrivning av nuklidtransporten. Det är därför oklart hur de stora osäkerheterna i parametrarna över tid och rum ska behandlas.

Stockholms universitet anser att frågan om ytdiffusion i närområde och geosfär är av betydelse för nuklidretardationen och bör behandlas. De tillstyrker också SKBs planer på en intensifiering av ansträngningarna på områdena kolloider, organiska komplex och mikrober.

Naturvetenskapliga forskningsrådet anser att det är av stor betydelse att kunna förutsäga redoxpotentialens förändringar och bergsystemets förmåga att bibehålla de redoxkänsliga radionukliderna i låga oxidationstal. Forskningsrådet menar också att en generell modellbeskrivning av spårelementflöden genom ett heterogent geologiskt material ej kan göras på ett invändningsfritt sätt. Visserligen är användningen av experimentellt bestämda fördelningsdata sannolikt en konservativ metod, men det är ändå viktigt att SKB följer den internationella utvecklingen av ytkomplexeringsmodeller m.m. Rådet anser dessutom att snabb transport av nuklider i form av metallkluster i gasfas ("geogas") borde kartläggas (verifieras eller avfärdas).

Hermansson m.fl. (1993) menar att den nuvarande förekomsten av kolloider inte är ett tillräckligt underlag för bedömning av detta fenomen. Förvaret i sig själv kan fungera som en alstrare av kolloider, t.ex. från bentoniten. Kolloiders koncentration och transportförmåga skulle kunna variera kraftigt i samband med en istid, särskilt om förvaret ligger på nivåer som utgör en gränsszon mellan sött och salint vatten. Hermansson ställer sig också avvaktande till att använda laboratoriebestämda sorptionsdata. Mineralytorna kan i realiteten vara annorlunda än vid experimenten, t.ex. som följd av åldringsfenomen och beläggning med bakterier. Hermansson anser också att transport av radionuklider med geogas är en fråga som måste utredas snarast möjligt.

Sammanfattande omdöme

SKBs program på området radionuklidkemi är välbalanserat och går framåt i tillräcklig takt. Det är dessutom väl förankrat både i förhållande till geokemin och till säkerhetsanalysen. SKI har inget att erinra mot programmets uppläggning i stort. Frågan om vilken modell för diffusion i bentonit som är giltig måste dock få en snar lösning. Detta gäller även frågorna om inverkan av bergets geokemiska heterogenitet vid nuklidtransporten och om geogasens betydelse som transportmekanism.

7.6.4 Validering av processer i transportmodeller och radionuklidmigration

Allmänna synpunkter

SKB anger att målet för denna verksamhet är "att utveckla förståelsen och validera de modeller som används för att beskriva frigörelse, kvarhållning och spridning av radionuklider från ett slutförvar". Valideringen sker genom laboratorieförsök, spårförsök in situ och genom studier av naturliga analogier. Analogistudierna kommenteras i avsnitt 7.7.

Begreppet validering är en central punkt i såväl ett forskningsprogram av detta slag som vid säkerhetsbedömningen av ett slutförvar. Med validering menas i korta drag de åtgärder som man vidtar för att förvissa sig om att de modeller och andra ansatser man använder i säkerhetsanalysen är giltiga. Kraven som ställs på giltighet gäller framförallt den nödvändiga extrapolationen i tid och rum. Det måste också visas att de modeller som används är giltiga för t.ex. en vald plats och alla viktiga scenarier. I vissa fall kan det dock vara tillräckligt att visa att en vald modell alltid ger konservativa (pessimistiska) resultat.

Det råder konsensus om att validering i absolut mening inte är möjlig. Rent vetenskapligt går det alltså bara att visa att en given modell är *ogiltig*, inte att den är giltig i någon absolut mening. I princip skulle man därför kunna säga att en *strategi för validering* omfattar genomförande av ett antal försök och studier i syfte att fastlägga gränserna för modellers tillämpbarhet. Ofta är det dock svårt att skilja ut dessa studier från de som bara går ut på att undersöka hur ett visst system uppför sig under givna betingelser. I efterhand måste dock ställas krav på en redovisning utifrån valideringsaspekten av sådana studier. En sådan redovisning måste alltså leda fram till slutsatsen att en använd modell är *tillräckligt giltig, eller validerad, för sitt avsedda ändamål*. Redovisningen måste vara systematisk och bygga på en fullständig vetenskaplig dokumentation.

En allmän diskussion enligt ovan av validering och vad detta innebär saknas i SKBs program, vilket är beklagligt. Stora resurser har satsats internationellt på att både utföra validering och på att diskutera hur denna fråga skall behandlas, t.ex. inom det av SKI ledda projektet INTRAVAL. Tiden är nu nära mogen att börja tillämpa de kunskaper och erfarenheter som vunnits, men ännu har varken från SKIs eller någon annan myndighets sida givits några direktiv eller allmänna råd om hur validering ska redovisas eller bedömas. Arbete på detta pågår dock, bl.a. i form av ett samarbete mellan SKI och NRC. Resultatet förväntas föreligga inom ca ett år.

Experimentellt program

I sin beskrivning av kunskapsläget hänvisar SKB bl.a. till det av SKI ledda internationella projektet INTRAVAL. Dess betydelse för att understödja samarbetet mellan experimenterare och modellörer understryks, liksom den viktiga slutsatsen att försök i olika skalor och med olika flöden, koncentrationer etc. är nödvändiga. SKB bidrar även i fas 2 av projektet, där fältförsök från Stripa och Finnsjön ingår som testfall.

Från sitt tidigare program redogör SKB också för de fältförsök som gjorts i Stripa, Finnsjön och under förundersökningarna vid Äspö. Enligt SKIs uppfattning har dessa försök genomförts med stor kunnighet och givit betydelsefulla bidrag till dagens kunskap om strömning av grundvatten i sprickigt berg. SKI anser dock inte att dessa försök i någon högre grad bidragit till validering av strömningsmodellerna. I första hand har nya aspekter belysts som inte kunnat beskrivas med existerande modeller.

Det kommande programmet för validering är planerat att i huvudsak ske inom ramen för Äspöprojektet. SKI har därför valt att kommentera denna del av programmet i kapitel 8.

Sammanfattande omdöme

SKBs redovisning av både kunskapsläge och planerad verksamhet är inte grundad på någon systematisk och framförallt *kritisk* genomgång och prioritering av de processer/modeller som behöver valideras. Detta är en brist som gör avsnittet onödigt svårläst, eller snarare, svårtolkat. Man skulle också kunna befara att syftet med verksamheten inte är klart definierad.

I sin beskrivning i detta avsnitt (FoU 7.3) tar SKB bara upp validering av transportmodeller, vilket kan synas vara en allvarlig begränsning. Validering är ju nödvändig för alla slags modeller som används inom säkerhetsanalysen: hydrologiska, bergmekaniska, geokemiska etc. SKBs valideringsinsatser inom dessa andra områden framgår dock indirekt på andra ställen i FoU-programmet. Det är dock viktigt att SKB gör koordinerade valideringsinsatser även på andra områden än transportmodellering.

SKI vill understryka att SKB behöver utveckla en strategi för validering utgående från de behov som ställs av säkerhetsanalysen.

7.7 NATURLIGA ANALOGIER

7.7.1 Allmänna synpunkter på naturliga analogier

Studier av naturliga analogier anses vara en av de viktigaste metoderna för validering av koncept och modeller för säkerhetsanalys av slutförvar för kärnavfall. Målsättningarna för sådana studier sträcker sig från detaljundersökningar av enskilda processer och företeelser i den lilla skalan till försök att förklara utvecklingen av hela geologiska formationer. Särskilt i det senare fallet är det helt klart att analogistudierna har många drag gemensamma med undersökningar av platser för slutförvar. Även för de detaljerade studierna kan det dock vara väl så viktigt att ta hänsyn till de storskaliga sammanhangen för att kunna utnyttja resultaten av analogistudierna till en bättre förståelse av hur ett slutförvar uppför sig och påverkas under långa tider. Vägledande för planering och utförande av analogistudier måste alltid vara att de inriktas på de fenomen som är relevanta ur valideringssynpunkt.

Den främsta användningen av naturliga analogier ligger i möjligheten att pröva modeller, antaganden, data och andra förutsättningar för säkerhetsanalysen i större

skalor än vad som är möjligt på laboratoriet och i fältförsök. En sådan validering av nödvändiga extrapolationer är viktig för trovärdigheten av de beräkningar som görs i säkerhetsanalysen. Förutom de större rums- och tidsskalorna som blir tillgängliga innebär naturliga analogier oftast också en större *komplexitet*. Detta gör det möjligt att testa t.ex. i vilka avseenden försumningar av processer på lägre nivåer är möjlig utan att användning av en viss modell leder till en underskattning av beräknade konsekvenser. Undersökningar av analogier i detta avseende omfattar alltså automatiskt en prövning av om de metoder och modeller som används i säkerhetsanalysen är *tillräckliga*.

För korrekt tolkning och utnyttjande av en naturlig analogi, t.ex. en fyndighet av naturligt radioaktiva grundämnen, krävs antingen att den geologiska miljön nära överensstämmer med den för ett slutförvar eller att resultaten går att överföra till en sådan miljö. En sådan överföring kan exempelvis ske genom att ta hänsyn till avgörande skillnader i hydrologiska förhållanden. Man skulle också kunna vända på frågeställningen och i analogistudien försöka fastställa de betingelser som medverkat till att radionukliderna kvarhållits under långa tider. I den mån dessa betingelser överensstämmer med dem i ett tänkt slutförvar utgör analogin en bekräftelse på att också nukliderna i slutförvaret kommer att få en begränsad spridning under motsvarande tidsrymder. Under förutsättning att tolkningen av naturliga analogier sker enligt dessa principer håller inte argumentet att deras bevisvärde skulle vara begränsat med hänvisning till att endast en bråkdel av alla tänkbara analogier finns kvar medan radionukliderna i de övriga (s.k. "negativa") analogierna redan har försvunnit genom att spridas från utgångsläget.

Det finns ytterligare en aspekt av naturliga analogier som kanske först på senare tid börjat uppmärksammas. Större undersökningar av analogier utförs som multidisciplinära forskningsprojekt ofta i internationell regi. Sådana projekt kan i sig själva bidra med en test och utvärdering av metoder som används för platskaraktärisering. Detta gäller både mätmetoderna som används i fält och metoderna för utvärdering av uppmätta data. Integreringen inom ett enda projekt kan i sin tur också utnyttjas för *intern validering*, d.v.s. en prövning av om resultat som uppnåtts med olika metoder och modeller är samstämmiga.

För att kunna utnyttja analogistudierna måste oftast ingå att försöka fastlägga de yttre betingelserna (rand- och begynnelsevillkor) för (den geologiska) utvecklingen av analogin. T.ex. kan det behövas kunskap både om hur länge spridningen av uran och dess dotternuklider pågått och om under vilka klimatiska och hydrologiska (paleohydrologiska) betingelser den ägt rum. Osäkerheten i sådana villkor kan vara stora och olika möjligheter ("scenarier") kan behöva testas. Erfarenhet av metoder för att utläsa den geologiska historien på en plats är även den av värde för undersökningar av platser för slutförvar. Hur en formation påverkats i det förgångna kan utnyttjas till förutsägelser av hur den kan komma att påverkas under liknande förhållanden i framtiden. Denna kunskap är alltså värdefull också vid utvärderingen av en tilltänkt plats för slutförvar.

7.7.2 SKBs engagemang

Poços de Caldas

Under den gångna perioden har Poços de Caldas-projektet avslutats. Föremål för studien var två mineralförekomster i närheten av den brasilianska staden Poços de Caldas: Morro do Ferro (torium-lantanider) och Osamu Utsumi (urangruva). Projektet pågick under 1986-90 under ledning av SKB. Övriga deltagare var UK DoE, Nagra, US DOE och en rad brasilianska organisationer.

Projektet innebar en omfattande karaktärisering av de undersökta platserna, t.ex. med hänsyn till allmän geologi och geologisk historia, geohydrologi och geokemi. Arbetet inriktades på fyra områden av säkerhetsanalytisk betydelse:

- Test av geokemiska modellberäkningar.
- Studier och modellering av processer vid en redoxfront.
- Undersökning av partiklar och kolloider och deras roll vid transport av radionuklider.
- Transport i samband med hydrotermala processer.

Den sistnämnda studien är av begränsat intresse för svenska förhållanden. Av de övriga anser sig man bl.a. kunna dra följande slutsatser:

- Grundvattnets redoxegenskaper beskrivs bra med den modell som utvecklats för svenska förhållanden.
- Blindtest av geokemiska beräkningar visar att man i varje fall inte underskattar löslighet av intressanta element. En förutsättning är dock att löslighetsbegränsande faser väljs med omdöme.
- Redoxfrontens utbredning kunde efterliknas genom beräkningar som kopplar kemi och transport. Betydelsen av kanalströmning och matrisdiffusion bekräftades. Oxiderat uran fälls ut när det når reducerande förhållanden i berget.
- Medfällning (på redoxfrontens järnoxihydroxid) leder till en kraftig retardation av även icke-redoxaktiva element vid redoxfronten.
- Kolloidala partiklar tar upp spårmetaller men bidrar inte nämnvärt till deras transport i berg.
- Mikrober är av betydelse för geokemiska reaktioner.

SKI instämmer med SKB om att järnets betydelse för kontroll av redoxegenskaperna, och att kolloiderna inte visade sig bidra till transporten, torde vara bland de viktigaste slutsatserna. SKI anser dock att frågan om kolloidernas roll för den skull inte ännu är mogen att avskrivas. För detta krävs först att man genom modellbeskrivningar och

ytterligare valideringsförsök lyckas få en bättre förståelse av i vilka fall kolloider trots allt skulle kunna ha en betydelse. Vidare anser SKI att man i Poços de Caldas bekräftat förmågan hos trevärt järn att bidra till retardation av radionuklider. Liknande slutsatser om betydelsen av järnoxidfaser har f.ö. framkommit i samband med Alligator Rivers Analogue Project i Australien. Det projektet ingår i INTRAVAL och stöds dessutom direkt av SKI.

Gemensamt för dessa båda analogistudier är enligt SKIs mening att de är stora internationella och multidisciplinära projekt där viktig erfarenhet och kunskap kan hämtas också för genomförandet av platsundersökningar för slutförvar. Följande citat från slutrapporteringen av Poços de Caldas-projektet är tänkvärdt i sammanhanget: "Perhaps one of the central lessons for site investigations is [thus] that it takes time and patience to get at the answers, and the process can not be rushed, no matter how much effort is available at the outset. In the end, three years was barely adequate for a major project of this kind, and a full site investigation will inevitably take still longer."

Sammanfattningsvis anser SKI att projektet i Poços de Caldas är ett bra exempel på ett lyckat internationellt samarbetsprojekt. De direkt användbara resultaten kan synas obetydliga i förhållande till insatserna, men detta uppvägs av den höjning av den allmänna kunskapsnivån som projektet bidragit med. Nyttan av att forskare från olika länder och ämnesområden arbetar tillsammans med säkerhetsanalytiker på detta vis är obestridlig. Projektet har också visat hur viktigt det är att planering av analogistudier sker utifrån konkreta och väldefinierade behov i säkerhetsanalysen och att återkoppling till denna sker i hela genomförandet av studien.

Cigar Lake

Analogistudien i Cigar Lake i norra Saskatchewan, Kanada, leds av AECL. SKB gick med i projektet 1989. Analogin består av en uranmalmkropp, omgiven av lera, på 430 m djup i en sandstensformation. Likheterna mellan analogin och ett slutförvar för använt bränsle är påtagliga. Runt malmkroppen finns t.ex. en tydlig redoxfront bildad genom radiolys, och många radionuklider bildas kontinuerligt i mätbara mängder (H-3, C-14, Cl-36, Tc-99, I-129 och Pu-239). Programmet är inriktat på att testa följande slag av modeller:

- Geokemiska modeller för löslighet och speciering.
- Modeller för radiolys och bränsleupplösning.
- Transportmodeller.
- Modeller för inverkan av kolloider, organiska komplexbildare och mikrober på geokemi och transport.

Enligt vad SKI kan förstå erbjuder Cigar Lake-projektet de bästa förutsättningarna hittills att genomföra en integrerad utvärdering av en naturlig analogi. Goda möjligheter finns alltså också att utnyttja intern validering av koncept och modeller.

Övriga analogistudier

Förutom i Cigar Lake-studien deltar SKB f.n. i studierna av de naturliga reaktorerna i Oklo, samt i Palmottu-studien i Finland som observatör. Maqarin-projektet i Jordanien är särskilt intressant eftersom det omfattar en geokemi liknande den som förekommer i ett slutförvar med cement och bitumen. Det hyperalkaliska grundvattnet och mineralen i Maqarin studeras alltså som en analog till betong i ett slutförvar.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen är kritisk till SKBs resonemang kring naturliga analogier. SKBs argumentering går enligt Naturskyddsföreningen ut på att hänvisa till att det finns spår av några enstaka "kärnreaktorer" som uppkommit för miljarder år sedan för att antyda att avfallet från dagens reaktorer bör hålla sig kvar på den plats där det placerats i berggrunden. Naturskyddsföreningen menar att en fråga som avgör relevansen av detta resonemang är hur stor del av de spontana reaktorerna som är intakta och hur stor andel av dem som har fått sitt avfall utspritt runt jorden. Denna fråga borde SKB analysera, menar Naturskyddsföreningen. Naturskyddsföreningens länsförbund i Bohuslän ansluter sig till denna kritik.

7.7.3 Sammanfattande omdöme

SKBs hittills gjorda satsningar på studier av naturliga analogier är lovvärda och enligt SKIs åsikt bör de fortsätta. Erfarenheterna från stora och "tvärvetenskapliga" projekt såsom 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. Av vad SKI kan förstå får dessa synpunkter också efter hand allt större tyngd, t.ex. vid undersökningen av Cigar Lake.

I sitt program har SKB inte berört användningen av s.k. *antropogena analogier*, d.v.s. utnyttjandet av arkeologiska fynd och andra lämningar av mänsklig verksamhet på samma sätt som de naturliga analogierna. SKI anser att dessa möjligheter inte får glömmas bort. Inte minst gäller detta för studiet av processer som kan förekomma i ett slutförvar för låg- och medelaktivt avfall.

Det fortsatta arbetet på naturliga analogier bör planeras utifrån en brett upplagd valideringsstrategi.

7.8 METODER OCH INSTRUMENT

7.8.1 Inledning

SKB anger som huvudmål för delområdet Metoder och Instrument att "tillse att lämpliga mätmetoder och utrustningar finns tillgängliga för att med höga krav på kvalitet och exakthet kunna insamla sådana data som erfordras för att karaktärisera den eller de bergvolym(er) som kommer att undersökas inför anläggandet av SKBs djupförvar för långlivat avfall". Mätmetoder och utrustningar skall vara så väl dokumenterade att en relevant bedömning av mätdatas kvalitet kan göras. För att uppnå dessa mål skall dels befintlig mätteknik kritiskt granskas och vid behov kompletteras, dels kommer ny utveckling, främst av detaljundersökningsmetodik att genomföras.

SKB har sedan 1970-talet genomfört en omfattande utveckling av instrument och metoder för bestämning av geologiska, hydrogeologiska, kemiska och bergmekaniska parametrar i kristallin berggrund. Undersökningsmetodik har utvecklats och utprovats i samband med platskaraktäriseringar på ett tiotal typområden i Sverige. Stora insatser har även gjorts i enskilda FoU-projekt, t.ex. det internationella Stripaprojektet, sprickzonsprojektet i Finnsjön, SFR och nu senast i samband med det pågående Äspöprojektet.

Målsättning och tidsplanering av SKBs fortsatta metod- och instrumentutveckling är direkt kopplad till den övergripande planeringen av utvecklingsarbetet på Äspölaboratoriet och inom det övriga geovetenskapliga programmet samt till de behov och tidsramar som ges av lokaliseringsprojektet. I det detaljerade FoU programmet för perioden 1993-1998 (FoU 9) ges en kortfattad beskrivning av kunskapsläge och behov av kompletterande metod- och instrumentutveckling utan direkt koppling till de krav och tidsplaner som ställs från övriga delar av FUD-programmet. För att få en fullständig överblick av behovet av metod- och instrumentutveckling krävs att läsaren drar egna slutsatser utifrån de planerade aktiviteter som redovisas för Äspölaboratoriet, lokaliseringsprojektet och det geovetenskapliga programmet.

SKI menar att SKB inför kommande för- och detaljundersökningar måste redovisa konkreta planer för undersökningarnas genomförande samt ta fram ett underlag som möjliggör en bedömning av metodernas användbarhet. SKI delar SINTAB/BERGABs uppfattning att underlaget bör presenteras öppet, t.ex. i SKBs tekniska rapportserier, och genomgå en kritisk granskning innan ett kostsamt undersökningsprogram påbörjas. Viktiga delar i ett sådant underlag är:

- en redovisning av de databehov och överväganden som ligger till grund för SKBs val av mätmetoder och prioriteringar av metod- och instrumentutveckling (detta underlag måste tas fram i ett tidigt skede för att tillse att använda metoder kommer att ge tillräckliga och relevanta data för anläggande av ett djupförvar och bedömning av förvarets säkerhetsmässiga funktion)
- systematisk redovisning av olika metoders upplösning, felkällor och osäkerheter i tolkning samt redovisning av ytterligare behov av metodutveckling (baserat på utvärderingen av undersökningsmetodik inom bl.a. Äspöprojektet, Stripaprojektet, typområdesundersökningarna samt internationella erfarenheter)

- en plan för hur enskilda mätmetoder skall sättas samman till ett väl avvägt för- respektive detaljundersökningsprogram
- en redovisning av de skador och störningar på berget som undersökningarna eventuellt kan ge upphov till
- en beskrivning av förväntade resultat inklusive en redogörelse av viktiga parametrar som inte kan mätas eller är behäftade med stora osäkerheter i en platsundersökning.

7.8.2 Tidsplanering

Enligt planeringen i FUD-program 92 skall förundersökningar på två kandidatplatser starta under 1993 och pågå fram till 1996. SKB har idag en stor erfarenhet vad gäller förundersökningsmetodik, d.v.s. undersökningar från markytan och i borrhål. Dock kvarstår ett omfattande arbete för att verifiera och dokumentera precision och relevans av de metoder som tagits fram i tidigare typområdesundersökningar och i Äspöprojektet. Den allmänna strategin för detta arbete beskrivs av Bäckblom m.fl., 1990. En detaljerad plan för hur denna metodutvärdering skall genomföras i praktiken, framförallt vad gäller bedömningsgrunder och kriterier, redovisas dock inte i FUD-program 92 vilket gör att SKI ställer sig tveksam till den tidsplan som redovisas för lokaliseringsprojektet med påbörjande av förundersökningar redan under 1993 (LOK 6.3). SKI vill betona att förundersökningsmetodiken måste vara väl dokumenterad och utvärderad i god tid inför kommande platsundersökningar.

Metoder för detaljundersökningar skall finnas tillgängliga och dess effektivitet vara utvärderad och dokumenterad inför ansökan om detaljundersökningar på en kandidatplats, d.v.s. 1997 enligt projektplanen för lokaliseringsprojektet (LOK 6.3). En stor del av metod- och instrumentutvecklingen för detaljundersökningar kommer att göras under byggnads- och driftsskedet på Äspölaboratoriet.

Med utgångspunkt från det omfattande experimentprogrammet som redovisas i underlagsrapporten för Äspölaboratoriet (Äspö Bilaga A) förefaller det som en avsevärd metod- och instrumentutveckling kommer att krävas under den närmaste femårsperioden. Redovisningen av mät- och experimentprogrammet i Äspöplanen är dock allmänt hållen vilket gör det svårt att få en uppfattning om planerade insatser inom projekt Metoder och Instrument svarar mot behovet av metodikutveckling. Framtagande av mer detaljerade beskrivningar av planerade experiment och erforderlig metod- och instrumentutveckling bör därför ges hög prioritet. Genomförandet av nya experiment ställer krav på utveckling av instrumentell teknik och omvänt begränsas möjligheterna att genomföra planerade experiment av möjligheterna att utveckla metodik och ta fram teknisk utrustning i tid.

7.8.3 Avvägningar och prioriteringar

I och med övergången till ett konkret handlingsprogram med lokalisering av kandidatplatser, förundersökningar och fastställande av detaljundersökningsmetodik i 1992 års FUD-program ställs högre krav på målinriktning och prioritering av SKBs metod- och instrumentutveckling. SKI anser att val av mätmetoder och prioritering av fortsatt metod- och instrumentutveckling måste utgå från de krav som ställs från "beställarna", *säkerhetsanalysen* samt *lokalisering och konstruktion av djupförvar*, för att säkerställa att valda mätmetoder är relevanta och ger tillräckligt underlag för analys av ett djupförvars funktion och säkerhet samt för bygghälsanalys och projektering.

Enligt SKIs uppfattning finns uppenbara brister i avstämningen mellan å ena sidan de behov av mätningar och data som kan utläsas från det geovetenskapliga programmet (FoU 6) samt SKBs tidigare säkerhetsanalytiska arbete och å andra sidan avvägningen mellan olika typer av mätningar i det redovisade utvecklingsarbetet. Den övergripande slutsatsen från SKBs säkerhetsanalys SKB 91 (SKB 91, 1992) är att bergets viktigaste säkerhetsfunktion är att säkra långsiktigt stabila mekaniska och geokemiska förhållanden kring förvaret så att de tekniska barriärernas långtidfunktion inte äventyras, under det att bergets förmåga att fördröja och sorbera radioaktiva ämnen sägs vara av underordnad betydelse. Trots detta planerar SKB att satsa stora resurser på utveckling av metodik för bestämning av bergets flödes och transportegenskaper, framförallt inom det omfattande mät- och experimentprogrammet på Äspö. Ett program för utveckling av bergspänningsmätningar eller andra metoder av betydelse för att kunna göra en plats-specifik utvärdering av bergets stabilitet redovisas däremot inte. Detsamma gäller utveckling av mätmetoder för detektion av flacka sprickzoner, trots att detta är den enda enskilda bergegenskap som i SKB 91 visat sig ha någon större inverkan på ett slutförvars säkerhetsmässiga funktion. Vidare framför SKB ett behov av att kunna mäta grundvattnets tryckfördelning i djupa borrhål för att få en bättre förståelse för det regionala grundvattensystemet (FoU 6.2.2) utan att diskutera möjligheterna att utveckla relevanta mätmetoder för detta ändamål.

Ovanstående kritik innebär dock inte att SKI ifrågasätter behovet av metodutveckling för karaktärisering av bergets strömnings- och transportegenskaper utan skall tas som en uppmaning att tydligare redovisa på vilka grunder SKB prioriterar utvecklingen av olika mätmetoder.

7.8.4 Ytundersökningar - förundersökningsmetodik

Allmänna synpunkter

En förundersökning syftar till att ta fram ett dataunderlag för analys av bergets uppbyggnad och egenskaper av betydelse för ett djupförvars funktion och säkerhet samt för prognostisering av bygghäls och projektering. Enligt SKBs bedömning finns idag, med vissa undantag, mätinstrument och undersökningsmetodik tillgängliga för att genomföra ett förundersökningsprogram. Kvarvarande arbete omfattar utvärdering och verifiering samt vissa förbättringar av existerande metodik. Det redovisade utvecklingsbehovet omfattar:

- passage av krosszoner med borrhål utan att påverka dess hydrauliska egenskaper
- utveckling av borr- och mätteknik för djupa borrhål (ned till 1500 m)
- förbättrad längdmätning i borrhål - korrelation mellan olika undersökningar
- utveckling av borrhåls-TV för bl.a. bestämning av sprickorientering
- metoder för detektion av horisontella sprickzoner (seismik, VSP och radar)
- vissa förbättringar av hydrauliska testutrustningar
- vissa förbättringar av SKBs mobila fältlaboratorium (kemisond).

SKI instämmer i stort i det redovisade behovet av kompletterande metodutveckling. Som påpekats ovan brister det dock i avstämningen mellan redovisade utvecklingsbehov och planerad metod- och instrumentutveckling.

Huvuddelen av arbetet med att verifiera förundersökningsmetodik kommer att ske inom ramen för etappmål 1 i Äspöprojektet (Äspö 6.1.2) genom att jämföra de prediktioner som gjorts utifrån undersökningar på markytan och i borrhål med de observationer och mätningar som gjorts i samband med konstruktionen av tillfartstunneln till Äspö. Arbetet med validering av prediktioner av geologiska förhållanden har till viss del påbörjats (Stanfors m.fl., 1992 och Olsson, 1992) och kommenteras av SKI under avsnitt 8.3.3.

SKB beskriver i Äspö 5.4.1 valideringsprocessen för verksamheten vid Äspölaboratoriet. Hur processen skall tillämpas i praktiken framgår dock inte av FUD-programmet. SKI har i tidigare sammanhang samt i andra delar av detta gransknings-PM framhåvt att SKB behöver utarbeta en mer genomtänkt valideringsstrategi som omfattar utvärdering av osäkerheter i genomförda mätningar och tolkade data (se avsnitt 8.3.3 och 7.6.4). En kritisk fråga som måste besvaras inför kommande platsundersökningar är om använda mätmetoder och experiment verkligen ger information av betydelse för modellprediktioner av grundvatten- och transportförhållanden som är av betydelse för försvarsfunktionerna.

SKI vill också göra SKB uppmärksam på att användbarheten av olika mätmetoder till viss del beror av de platsspecifika geologiska förhållandena och det sätt på vilket mätningarna utförs. Dessutom påverkas de geofysiska mätningarnas tillämpbarhet på Äspö av närheten till de många kraftledningarna i området. Det är därför av stor vikt att också väga in erfarenheter från andra platser än Äspö, bl.a. typområdena, för att få en mer generell bild av olika förundersökningsmetoders användbarhet.

Förutom den instrumentutveckling som redovisas i FUD-programmet bör SKB i högre grad satsa på att utveckla och utvärdera tolkningsmetodik för olika mätmetoder. Fler-talet mätningar, framförallt hydrauliska tester och geofysiska mätningar, ger ingen direkt information om de parametrar som är av intresse. I många fall är precisionen i själva mätningarna av underordnad betydelse i jämförelse med de, ofta osäkra, antaganden som måste göras vid utvärderingen av dem. Utvärdering av enhåls-injektionstester är ett viktigt exempel på situationer där förenklade tolkningsmodeller rutinmässigt an-

vänts av SKB utan någon adekvat analys av gjorda antaganden. En annan faktor av stor betydelse för möjligheterna att göra en meningsfull karaktärisering av en plats är hur olika mätmetoder sätts samman till ett integrerat mätprogram, vilket kommenteras i det följande.

Utformning av mätprogram

Ett förundersökningsprogram omfattar framtagande av data med ett flertal metoder via mätningar från markytan samt från borrhål. I avsnittet om metoder och instrument (FoU 9.3) redovisas planerade förbättringar och instrumentell utveckling för enskilda undersökningsmetoder var för sig. Dock saknas en beskrivning av hur enskilda mätmetoder skall sättas samman till ett integrerat mätprogram, vilket enligt SKIs uppfattning är av minst lika stor betydelse för resultatet som kvaliteten på enskilda mätmetoder. Detta gäller t.ex. det sätt på vilket ett borrhålsprogram utformas utifrån preliminär geologisk och geofysisk information, ordningsföljden mellan olika mätningar i borrhål samt val av testsektioner för interferenstester och spår försök.

Speciellt viktigt är att samordna olika typer av mätningar så att man möjliggör en integrerad utvärdering av geologiska, hydrologiska och geokemiska data. Grundvattenprovtagning är ett område där avsevärda förbättringar torde kunna uppnås med ett mer genomtänkt mätprogram. Förundersökningarna på Äspö har visat att bristfällig planering av grundvattenprovtagningsprogrammet lett till problem vid utvärderingen av platsens geokemiska förhållanden (se vidare avsnittet om vattenkemiska mätningar nedan).

SKIs konsult, SINTAB/BERGAB, påpekar i sin granskning att det finns en fara i att förundersökningarna i den lokala skalan i alltför hög grad styrs av den existerande geologiska och tektoniska konceptuella modellen, vilket enligt konsulten varit fallet på Äspö, och efterlyser en mera förutsättningslös inriktning för att erhålla den bästa möjliga geologiska och hydrogeologiska beskrivningen av det undersökta området. SKI anser att detta är ett intressant problemområde som bör beaktas av SKB vid utformningen av ett förundersökningsprogram. Det finns alltid en risk att brister och fel-tolkningar i en tidigt framtagen konceptuell modell kan leda de fortsatta förundersökningsinsatserna i en felaktig riktning. Det är t.ex. inte säkert att de mest lättidentifierade strukturerna som ingår i en tidigt framtagen konceptuell modell, såsom större sprickzoner, är de mest betydelsefulla att karaktärisera för att kunna beskriva platsens hydrologiska egenskaper. Vid undersökningarna av typområdena, Gideå och Fjällveden, har det t.ex. visat sig att vissa lager/gångar av granitisk gnejs har lika stor, eller större, hydraulisk konduktivitet än de sprickzoner som tolkats (Ahlbom m.fl., 1991a,b). Äspö är ett annat exempel, där SKB efter de inledande förundersökningarna konstaterat att hög vattenföring är korrelerad till yngre finkorniga graniter.

En viktig aspekt vid utformningen av ett förundersökningsprogram är att minimera skador på berget och störningar på platsens naturliga hydrogeologiska och geokemiska förhållanden vilka annars kan försvåra utvärderingen av detaljundersökningarna eller negativt påverka bergets barriärfunktion. Upptagande av borrhål och genomförandet av olika experiment, t.ex. storskaliga pumpförsök, orsakar störningar på de naturliga strömningsförhållandena och därmed även de geokemiska förhållandena på en plats. SKI vill därför uppmana SKB att i förväg beräkna och utvärdera hur olika mätningar i ett förundersökningsprogram påverkar egenskaperna på en undersökningsplats. Förmodel-

lering är också ett viktigt hjälpmedel för att kunna värdera nyttan och optimera utformningen av olika experiment i ett förundersökningsprogram.

Den övergripande strategin för utformning av förundersökningsprogram redovisas i LOK 10 och kommenteras närmare av SKI under kapitel 5. SKI vill här komplettera med några synpunkter angående mätmetoder och dataunderlag för den regionala karaktäriseringen i regionen runt en tilltänkt förvarsplats. I LOK (10.3.2) framgår att den regionala karaktäriseringen kommer att baseras på metoder som i huvudsak är tillämpbara på ytligt liggande bergmassor (befintligt dataunderlag, kartor, flygbilder, brunn-data m.m.). SKI ställer sig tveksam till om detta dataunderlag ger tillräckliga möjligheter för att etablera en tredimensionell regional flödesmodell som har relevans för förhållandena på förvarsnivå. Vidare är det önskvärt att kunna validera framtagna modeller mot fältdata. SKI vill därför rekommendera SKB att utreda möjligheterna att göra mätningar på djupet redan i den regionala karaktäriseringen, t.ex. genom att inkludera åtminstone något djupt borrhål i dessa undersökningar. Ett djupt borrhål skulle även vara värdefullt för att registrera hur de efterföljande lokala platsundersökningarna påverkar den regionala flödesbilden vilket kan ge viktig information om hydrologiska randvillkor.

Mätmetoder och instrument för undersökningar från markytan

Mätningar från markytan används i ett tidigt skede av en platsundersökning för att ta fram en preliminär strukturgeologisk konceptuell modell i den regionala skalan och i anläggningsskalan, vilken utgör ett viktigt underlag för utformning av ett borrhålsprogram och planering av geohydrologiska mätningar etc.

Ett stort antal geologiska och geofysiska mätmetoder finns idag tillgängliga för markundersökningar. Olika typer av kartor och flygbilder utgör underlag för identifikation och tolkning av tektoniska strukturer som förkastningar och sprickor/sprickzoner. I väl blottade områden kan bekräftelse ske genom fältobservationer, t.ex. hållkarteringar. I sämre blottade områden och för detektion av strukturer på större djup används borrhål och indirekta flyg- och markgeofysiska metoder, t.ex. elektromagnetiska och magnetiska mätningar samt markradar och seismiska undersökningar. Stora osäkerheter råder dock beträffande tolkningsmetodik, framförallt för de geofysiska metoderna. Ofta är det mycket svårt att med säkerhet koppla en geofysisk anomali till en geologisk eller hydrauliskt betydelsefull struktur. Geofysiska metoder kan dock ge värdefull kompletterande information. Utveckling av tolkningsmetodik bör därför ges hög prioritet i SKBs fortsatta forskningsarbete.

SKBs införskaffande av det datorbaserade informationssystemet, GIS, vilket möjliggör visualisering och samtolkning av topografiska, geologiska och geofysiska data är ett lovvärt initiativ. SKI vill dock poängtera att en förutsättning för att detta arbete skall ge användbara resultat är att relevansen (t.ex. felkällor och upplösning i geofysiska mätningar) och kvaliteten på de data som används noggrant kontrolleras vilket också understryks i remissvaret från Sveriges Geologiska Undersökning och i SINTAB/BERGABs gransknings-PM. SKI ser positivt på att SKB planerar kompletterande fältmätningar i de fall dataunderlaget för de studerade områdena är föråldrat eller ofullständigt (LOK 10.3.2).

SKI instämmer med SKB om att större tektoniska strukturer måste identifieras i ett tidigt skede av en förundersökning, innan ett resurskrävande borrhprogram påbörjas. Större sprickzoner är ofta vattenledande och kan även tänkas påverka bergets stabilitetsförhållanden. Säkerhetsanalyserna, SKB 91 och SKIs Projekt-90, har speciellt visat att förekomsten av större flacka sprickzoner kan ha stor inverkan på en plats lämplighet för lokalisering av ett slutförvar och möjligheterna att anpassa förvaret till de lokala geologiska och hydrogeologiska förhållandena (SKB 91, 1992, SKI Project-90, 1991). SKI delar SINTAB/BERGABs uppfattning att lokalisering av flacka strukturer bör initieras redan i de regionala undersökningarna och överflyttas till undersökningarna i den lokala skalan under en successivt ökad detaljeringsgrad och med verifikationsförfarande.

SKB bedömer att reflexionsseismik är den mest lovande mätmetoden för att detektera flacka sprickzoner från markytan men konstaterar att metodens användbarhet begränsas av brister i den tekniska utrustningen och osäkerheter i tolkningsmetodiken. Mot denna bakgrund är det anmärkningsvärt att det saknas ett program för vidareutveckling av denna mätmetod i FUD-program 92. Stockholms universitet efterlyser i sitt remissvar en bättre redovisning av radarmetodernas utvecklingspotential och nämner FOAs CARABAS-projekt (Coherent All RADio BAnd Sensing) som ett alternativ till traditionell teknik.

Med tanke på den stora osäkerheten i de geofysiska metodernas förmåga att detektera viktiga strukturer vill SKI understryka nödvändigheten av att indikationer på större strukturer verifieras med borrhål och oberoende mätmetoder. En viktig kvarstående uppgift i samband med utvärderingen av förundersökningsmetoder på Äspö är att verifiera de indikationer på subhorisontella strukturer som erhållits från de reflektionsseismiska mätningarna.

Borring

SKB har utvecklat den s.k. teleskopborringstekniken för att reducera kontaminering av spolvatten och borrhkax i det omgivande bergets spricksystem. Spolvattnet märks med ett spårämne, uranin, för att man skall kunna skatta hur stora mängder spolvatten som tränger in i berget. Analyserna av vattenprover på Äspö har dock visat att kontaminering av spolvatten fortfarande är ett problem. Den av SKB utvecklade borrhstekniken för omvänd spolning verkar lovande för att kunna minimera detta problem. SKB bör utreda möjligheterna att använda denna borrhsteknik i större utsträckning och på större djup.

Karaktärisering av berg, grundvattenomsättning och grundvattenkemi på stort djup är av stor betydelse bl.a. för att kunna upprätta en regional modell för grundvattenströmning. SKI ser därför mycket positivt på att SKB under hösten 1992 har genomfört en borring av ett 1700 m djupt hål på Laxemar i närheten av Äspö. SKI instämmer helt med SKB om att borrhningen och efterföljande undersökningar måste planeras mycket noggrant för att ge meningsfulla resultat. SKI vill framförallt uppmana SKB att omgående ta fram en förbättrad strategi för de efterföljande borrhålsundersökningarna, för att underlätta utvärderingen av de geokemiska förhållandena och för att tillse att viktig information inte går förlorad (se vidare avsnittet om vattenkemiska mätningar nedan). Mätutrustningar kan också behöva förbättras för att klara de höga tryck som

råder på stora djup. Förväntade resultat och erforderlig metod- och instrumentutveckling bör redovisas innan mätprogrammet genomförs.

Det är bra att SKB planerar metodutveckling av stabilitetsförbättrande teknik vid genomborring av större krosszoner. Den höga målsättningen att kunna stabilisera borrhålet utan att göra borrhålsväggarna täta eller på ett avgörande sätt påverka borrhålets hydrauliska egenskaper synes väl motiverad med tanke på det stora behovet av data från hydrauliskt viktiga zoner.

Kartering av borrhärna och borrhål

Kartering av borrhärna och borrhål ger detaljerade data om petrologi, sprickors position och orientering, sprickfyllnadsmineralogi och andra geologiska karakteristika. Dessa data är bl.a. nödvändiga för planering och integrerad utvärdering av geofysiska mätningar, hydrauliska tester och vattenanalyser.

SKI ser positivt på att SKB utvecklat teknik för samtolkning av geologiska borrhärna-data och borrhålsgeofysiska data. För att olika typer av borrhålsdata skall kunna samtolkas krävs dock en noggrann positionsbestämning av såväl karterade strukturer som läget på olika mätningar. Existerande teknik för positionsbestämningar tillåter emellertid inte en tillräckligt säker korrelation av karterade sprickor och övriga borrhålsmätningar. SKB har insett detta och undersöker olika metoder för att komma till rätta med problemet. Tekniken att aptera märken i borrhålsväggen för att korrelera olika mätningar förefaller mycket lovande och bör utvecklas vidare.

SKB har idag utvecklat en borrhåls-TV som kan användas ned till 1000 m djup för att bestämma sprickors lägen och orientering. Ytterligare utveckling av bildprocesseringen och riktningmätning erfordras dock för att metoden skall kunna användas rutinmässigt. SKB hävdar att det är tillräckligt att bestämma absoluta sprickorienteringar i ett par strategiskt valda borrhål. Göteborgs universitet ställer sig tveksam till denna strategi och efterlyser ett effektivare utnyttjande av orienterade sprickor vid utvärdering av geofysiska loggar och karaktärisering av vattenförande sprickor. SKI instämmer i detta och menar att detaljerad information om sprickors geometri bör utnyttjas för att t.ex. formulera alternativa hypoteser om bergets permeabilitetsstruktur för utvärderingen av injektionstester. Data om sprickorientering torde också vara nödvändiga för att man skall kunna analysera frågeställningarna kring in-situ metodernas beroende av skala, heterogenitet och mätningarnas riktning som diskuteras i det geovetenskapliga programmet (FoU 6.2.3). SKI vill också poängtera att sprickors orientering är av betydelse för den bergmekaniska utvärderingen eftersom spänning och töjning är tensorstorheter.

Geofysiska mätningar i borrhål

Geofysisk borrhålsloggning ger indirekt information om bergmassans egenskaper i ett begränsat område närmast borrhålet. Geofysiska loggar ger dessutom ett viktigt underlag för urval av testsektioner för hydrauliska tester (mellanhålsförsök) och spårörsök. Metodik finns idag tillgänglig för att rutinmässigt genomföra geofysisk borrhålsloggning i ett förundersökningsprogram. Att man kan producera en stor mängd mätvärden inne-

bär dock inte nödvändigtvis att dessa värden är relevanta för en beskrivning av bergmassan. SKB bör göra en systematisk utvärdering av nyttan av olika loggningsmetoder för att kunna prioritera det fortsatta utvecklingsarbetet. En stor utvecklingspotential föreligger också vad gäller tolkningsmetodiken. Tolkingsmetodiken för ett flertal av de loggningsmetoder som används har ursprungligen utvecklats för andra geologiska miljöer än de som råder i kristallint berg. SKI stöder SKBs strävan att på ett mer systematiskt sätt samtolka olika loggar, t.ex. genom multivariatanalys.

Radartekniken har förbättrats i och med utvecklingen av riktantenner som gör det möjligt att bestämma riktning och avstånd till en struktur från en enhålsmätning. Arbete kvarstår dock för att bättre förstå vilka typer av strukturer som kan repektive inte kan detekteras med radarteknik. Samma kommentar gäller för VSP (Vertical Seismic Profiling) som provats på Äspö. Som med alla indirekta metoder krävs en integrerad utvärdering med oberoende mättekniker för att verifiera metodernas användbarhet.

Mellanhålsundersökningar ger i allmänhet bättre möjligheter att karaktärisera större volymer berg. Erfarenheterna från Stripaprojektet har visat att en integrerad utvärdering av mellanhålsseismik, mellanhålsradar och hydrauliska interferenstester, ger goda möjligheter att bestämma de geologiska strukturernas lägen i en relativt stor bergvolym. SKB bör utreda möjligheterna att i större utsträckning använda dessa metoder för att karaktärisera större strukturer i ett förundersökningsprogram.

Geohydrologiska mätningar i borrhål

Hydrauliska tester och mätningar används i en förundersökning för att skatta hydrologiska parametrar och kartlägga hydrauliska strukturers geometri. Mätmetoderna omfattar bl.a. tester under borrhåll, test- och rensugning, flödesloggning, injektionstester och transienta interferenstester. SKBs multimanschettutrustning möjliggör mätningar av grundvattentryck, vattenprovtagning, utspädningsmätningar samt spårförsök i åtskilda sektioner av ett borrhål. Använda metoder är väl beprövade och SKB har stor erfarenhet av handhavande av teknisk utrustning och genomförande av hydrauliska mätningar och tester. Flertalet hydrauliska tester ger dock endast indirekt information om relevanta parametrar vilket innebär att mätdata inte kan användas utan föregående analys. Vidare råder stora osäkerheter angående olika mätningars representativitet, d.v.s. vilken bergvolym som omfattas vid mätning, mätningars beroende av skala och bergets heterogenitet etc.

En återkommande synpunkt bland SKIs konsulter och remissinstanser är att kvalitetskontrollen av injektionstestdata, d.v.s. skattningar av hydraulisk konduktivitet och transmissivitet, från Äspö är bristfällig, framförallt vad gäller osäkerheter i använda tolkningsmodeller (SINTAB/BERGAB, Kungliga Tekniska Högskolan). Hittills genomförda utvärderingar av injektionstester (3 m- och 30 m-manschettsektioner) har gjorts rutinmässigt med traditionell utvärderingsteknik, Moyes formel för injektionsfasen samt Cooper & Jacob metoden för återhämtningsfasen, utan någon djupare analys av osäkerheter i konceptuella antaganden.

Använda tolkningsmodeller förutsätter bl.a. att berget kan representeras som ett homogent poröst medium och att injektionstesterna genererar ett i huvudsak två-

dimensionellt radiellt strömningsfält. Kristallint berg är emellertid ett mycket heterogent och komplext medium vilket gör att dessa antaganden kan ifrågasättas. Analyser av injektionstester inom Stripa-projektet har t.ex. visat att olika antaganden om flödesgeometri kan påverka skattade transmissiviteter med flera storleksordningar (Doe and Geier, 1990). Teoretiska studier har även visat att representativiteten av ett injektionstest är starkt beroende av permeabilitetsförhållandena närmast borrhålet (se t.ex. Moreno m.fl., 1990). Kungliga Tekniska Högskolan påpekar i detta sammanhang att SKBs metodik för uppskalning (medelvärdesbildning) av injektionstestdata kan leda till en underskattning av uthålligheten och konnektiviteten av högkonduktiva zoner (se även Follin 1991, 1992).

Ovanstående problemställningar berörs delvis i det geovetenskapliga programmet (FoU 6.2.3) men ett konkret program för vad som kommer att göras redovisas inte. SKI menar att SKBs fortsatta utvecklingsarbete i högre grad bör fokuseras på att förbättra utvärderingsmetodik och strategier för genomförande av hydrauliska tester.

Vidare finns ett flertal potentiella felkällor i mätutrustning och det sätt på vilket injektionstesterna genomförts på Äspö. Ett flertal injektionstester uppvisar stora tryckvariationer, icke stationära förhållanden, under den 10 minuter långa injektionsperioden vilket är i konflikt med de antaganden som gjorts vid utvärderingen. Dålig upplösning i flödesregistreringen (Nilsson, 1990), magasinseffekter i borrhål och testutrustning samt kortslutningseffekter är andra faktorer som kan försämra kvaliteten på skattade parametrar. SKI vill dock framhålla att många av dessa problem bör, och kan, korrigeras för vid utvärdering av testresultaten.

Med tanke på att SKBs stokastiska grundvattenflödesmodell, HYDRASTAR, bygger på en geostatistisk analys av tolkade K-värden från enhåls-injektionstester (se SKB 91, 1992) borde det vara en mycket angelägen uppgift för SKB att utreda relevansen av dessa data, t.ex. genom att pröva alternativa tolkningsmodeller som tar hänsyn till bergets heterogenitet, samt i största möjliga utsträckning korrigera för kända felkällor i mätutrustning och instrument.

Interferenstester, d.v.s. mellanhålsförsök, är förhållandevis kostsamma men ger information om både bergmassans och större zoners egenskaper i en betydligt större bergvolym jämfört med enhålstester. SKB besitter ett stort kunnande vad gäller metodik och utförande av hydrauliska interferenstester i kristallint berg. Hydrauliska interferenstester med SKBs multimanschetteringssystem har använts på Äspö framförallt för att bestämma läge och egenskaper på större hydrauliska strukturer. Vid slutet av förundersökningsskedet genomfördes dessutom ett storskaligt kombinerat spår- och pumpförsök, LPT-2. SKI anser att SKB bör lägga ned större resurser på att utvärdera dessa viktiga data.

I programmet för anläggningsskedet på Äspö (Äspö 6.1.2) framgår att en internationell arbetsgrupp kommer att stå för stora delar av modelleringsarbetet. SKI vill i detta sammanhang understryka vikten av att SKB parallellt med denna verksamhet utvecklar sina egna modeller och analysverktyg. SKI har i samband med granskningen av SKB 91 (SKI Granskning av SKB 91, 1992), bl.a. påtalat att SKB bör utreda möjligheterna att utnyttja interferenstester för kalibrering och validering av den stokastiska hydrologi-modellen, HYDRASTAR. Hittills genomförda utvärderingar av bl.a. LPT-2 har fokuse-

rats på de mest distinkta tryckresponserna, vilka oftast representerar större zoner. Detta innebär att viktig information om "bergmassan", vilken utgör den egentliga barriären för transport av radionuklider, kan gå förlorad. SKI menar att SKB bör utveckla relevant tolkningsmetodik för att kunna analysera även de mindre, men signifikanta, tryckresponser som erhålls från lågkonduktiva testsektioner i samband med ett interferenstest.

SKI ser med tillfredsställelse på SKBs utveckling av mätmetodik för kontinuerlig långtidsmonitoring av grundvattentryck i borrhål med multimanschetteringssystem. Kontinuerliga grundvattentrycksmätningar ger viktig information om bl.a. responsen från provpumpningar och andra störningar under olika skeden av en platsundersökning.

Det är positivt att SKB i det geovetenskapliga programmet framhäver betydelsen av att karaktärisera det regionala grundvattensystemet. SKI har i tidigare FoU-granskning (SKI, 1990) samt i samband med granskningen av SKB 91 poängterat att en god kännedom om regionala drivkrafter är av stor betydelse för förståelsen av en plats lokala hydrologiska egenskaper. SKB nämner bl.a. möjligheten att mäta vertikala tryckvariationer i borrhål på stora djup. SKI bedömer att denna typ av data kan ge viktig information för konceptualisering av grundvattenströmningsmodeller och utvärdering av hydrologiska randvillkor och vill uppmana SKB att utarbeta ett program för utveckling av erforderlig mätteknik.

SKB bör studera möjligheten att vidareutveckla de in-situ metoder som står till buds för att mäta naturliga (ostörda) grundvattenflöden. Mätningar av naturliga flöden i kombination med grundvattenprovtagning kan t.ex. bidra till en ökad förståelse för den regionala flödesbilden och därmed förbättra möjligheterna att tolka hydrauliska data i den lokala skalan. Bestämning av flödesriktningar under naturliga förhållanden kan också ge viktig information om gradientriktningar i sektioner med små tryckskillnader och i närvaro av salt vatten på stora djup. Utspädningsmätningarna på Äspö är ett bra exempel på sådan metodikutveckling. Spinnermätning (flow-meter logging) är en annan intressant metod som använts inom Äspöprojektet, dock endast i samband med pumpning, som eventuellt skulle kunna utvecklas för att bestämma naturliga flöden i borrhål. Möjligheten att genomföra spårförsök under naturliga flödesförhållanden är ytterligare en metod som borde undersökas närmare.

Spårförsök

SKBs mätinstrument och annan utrustning, bl.a. multimanschettutrustning, för genomförande av spårförsök håller en hög internationell standard. SKI anser dock att SKB borde lägga ner mer resurser på att utveckla försöksmetodik och metoder för utvärdering. En viktig del av detta arbete är att sammanställa kunskaper från Stripa- och Finsjönprojektet samt ta del av den internationella kompetensen inom området, t.ex. inom INTRAVAL.

Spårförsök är ett relativt kostsamt och resurskrävande moment i ett undersökningsprogram vilket ställer höga krav på en noggrann försöksplanering. Analyser inom INTRAVAL har visat att upprepade testsekvenser med varierade flöden, avstånd, riktningar och olika spårämnen är en nödvändig förutsättning för att kunna skilja på olika transportmekanismer och för att kunna särskilja alternativa konceptuella beskrivningar

av berget (se t.ex. INTRAVAL, 1993). Förmodellering är ett viktigt verktyg vid planering och optimering av försöksstrategi och experimentell design, bl.a. för att tillse att man får resultat (genombrott) inom rimliga tider och att experimenten ger information om transportprocesser och parametrar av relevans för säkerhetsanalysen.

Hittills har ett storskaligt spår försök genomförts på Äspö, i samband med långtidsprov-pumpningen, LPT-2. Genomförandet av det mycket omfattande experimentprogrammet för driftsskedet på Äspö, med bl.a. hydrauliska tester och spår försök i olika skalor, torde ge SKB goda möjligheter att vidareutveckla försöksmetodik och metoder för utvärdering (se även kapitel 8).

Vattenkemiska mätningar

Vattenkemiska mätningar är av stor betydelse för beskrivningen av en plats geokemiska förhållanden och bör därför ges stor vikt i ett platskaraktäriseringsprogram. Korrekt tagna grundvattenkemiska prover kan också ge indirekt information om flödesvägar och transport över stora avstånd och långa tidsperioder. Svårigheterna med kemisk analys av grundvatten ligger framförallt på provtagningsidan. Risken är stor att vattnet kontamineras genom att det blandas med spolvatten och/eller grundvatten från högre nivåer.

SKB har vidareutvecklat sitt avancerade fältlaboratorium för in situ analyser av grundvattnets kemi i borrhål. Bl.a. har pump och kemisond förbättrats. Vidare har ny borrhågsteknik utvecklats, teleskopborrning och omvänd spolning, för att minimera kontaminering med spolvatten. Resultaten från förundersökningarna på Äspö visar dock att kvaliteten på tagna grundvattenprover fortfarande är bristfällig (Smellie and Laaksoharju, 1992). Till stor del beror detta 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.

SKB måste i det fortsatta utvecklingsarbetet utvärdera erfarenheterna från Äspöprojektet och utarbeta en förbättrad strategi och metodik för vattenprovtagning. SKB bör också utreda möjligheterna att på ett systematiskt sätt provta grundvatten under borring. I den mån störningar från olika borrhålsaktiviteter inte kan undvikas måste dess effekt på de geokemiska förhållandena utvärderas och dokumenteras.

Bergspänningsmätningar

Bergets spänningstillstånd är en viktig parameter för beräkningar av bergets stabilitet, utvärdering av spänningsomlagringar runt tunnlar och schakt samt bergspänningarnas inverkan på de geohydrologiska parametrarna. De mätmetoder som används för in-situ bestämning av bergspänningar är desamma som presenterades i det förra FoU-programmet, dvs. överborring och hydraulisk spräckning. In-situ metoderna är förknippade med stora osäkerheter vad gäller mätningarnas representativitet och inverkan av mikrostrukturer, vilket också framgår av redovisningen i det geovetenskapliga programmet. Någon bedömning av SKBs fortsatta arbete på detta område kan dock inte

göras eftersom ett program för utveckling av mät- och tolkningsmetodik saknas i FUD-program 92. Med tanke på att bergets viktigaste säkerhetsmässiga funktion, enligt SKB, är att säkra långsiktigt stabila förhållanden kring ett slutförvar, vill SKI starkt uppmana SKB att utveckla tillförlitliga mätmetoder för att kunna göra en platsspecifik bedömning av bergets stabilitet. En god kännedom om bergets spänningstillstånd är också en förutsättning för att kunna anpassa förvarets utformning enligt de principer som redovisas i SKB 91 (SKB 91, 1992).

7.8.5 Undersökningar från tunnlar och schakt - detaljundersökningsmetodik

Allmänt

Detaljundersökningsmetodik omfattar de mätningar och experiment som kommer att genomföras från tunnlar och schakt under Etapp 2 i lokaliseringsprojektet (LOK 9.3.2). Målet för detaljundersökningarna är att slutligt bekräfta en plats lämplighet, eller icke lämplighet, för ett slutförvar och att ge underlag för förvarets detaljerade utformning. Utveckling av detaljundersökningsmetodik beskrivs i Äspöplanen (Äspö 2.3) under Etappmål 2 "Fastställa detaljundersökningsmetodik".

Enligt planen skall huvuddelen av metodutvecklingen göras under anläggningsskedet för Äspölaboratoriet. Detta skede omfattar dock endast dokumentation och datainsamling under tunneldrivningen, lokalisering av experimentområden för driftsskedets experiment samt undersökningar av byggbarhetsrelaterade faktorer (Äspö 6.1.2). Etappmål 2 för Äspölaboratoriet omnämns överhuvudtaget inte under redovisningen av det omfattande mät- och experimentprogrammet för driftsskedet (Äspö Bilaga A), vilket enligt SKIs uppfattning ger en felaktig bild av vad som innefattas i begreppet detaljundersökningsmetodik. De mätningar och experiment som planeras för att pröva modeller för grundvattenströmning och radionuklidtransport, t.ex. hydrauliska tester och spår försök i olika skalor, torde i själva verket utgöra en väsentlig del av den detaljundersökningsmetodik som kommer att behövas för att bekräfta en plats lämplighet för anläggande av ett djupförvar.

Driftsskedets omfattande experimentprogram kommer enligt SKIs bedömning att ge goda möjligheter att öka förståelsen för viktiga parameterar och processer i kristallint berg, men resultaten kommer till stor del att vara plats specifika och kan därför inte överföras till andra platser. SKI anser därför att en övergripande målsättning för driftsskedet bör vara att *utveckla och utvärdera försöksmetodik och instrument* som kan användas vid kommande detaljundersökningar av en kandidatplats.

Redovisningen av metod- och instrumentutveckling för undersökningar från tunnlar och schakt (FoU 9.3.2) omfattar i huvudsak metoder för datainsamling och enklare experiment som utförs parallellt med tunneldrivning, vilka kommenteras i följande avsnitt.

Basdokumentation och särskilda undersökningar från tunnel

Med basdokumentation avses den kartering av tunnelväggar och tak och de mätningar som görs i regelbundet återkommande sonderingsborrhål under tunneldrivningen. Särskilda undersökningar som utförs från tunneln omfattar bl.a. tryckuppbyggnadstester i långa sonderingsborrhål, uppföljning av injekteringsmedlets spridning med borrhålsvideoskop samt vattenprovtagning och registreringar av Eh och pH. De utvecklingsbehov som redovisas i programmet för 1993-1998 (FoU 9.3.2) omfattar:

- effektivisering av CAD-system för basdokumentation
- registrering av borrhålsparametrar i sonderingshål
- karaktärisering av berget framför tunnelfronten med radar och seismik
- manschettsystem för provtagning av stagnant vatten i lågkonduktivt berg
- flödescell för kontinuerlig registrering av Eh och pH
- CHEMLAB-sond för studier av radionuklidernas upplösning i grundvatten, sorption och diffusionsegenskaper på mineralytor i berget och i återfyllnadsmaterialet.

Det huvudsakliga målet med den hittills genomförda datainsamlingen under anläggningskedet på Äspö har varit att ge ett underlag för utvärdering av använda förundersökningsmetoder. SKI har i tidigare FoU-granskning (SKI, 1990) ifrågasatt SKBs höga tilltro till möjligheterna att utnyttja tunnelinformation för bl.a. validering av prediktioner gjorda utifrån förundersökningar. SKI instämmer därför helt i SINTAB/BERGABs uppfattning att SKB bör göra en utvärdering av de mätningar och det dokumentationsarbete som genomförts under den första byggetappen. En viktig fråga är huruvida använda mätmetoder givit ett tillräckligt och relevant dataunderlag för att man skall kunna göra meningsfulla jämförelser mellan prognoser och utfall.

SKBs planerade utveckling av metodik för provtagning av grundvatten i lågkonduktivt berg och in situ-bestämning av sorption och matrisdiffusion bedöms som mycket intressant. De experiment som planeras med denna utrustning kommenteras närmare under kapitlet om Äspö (avsnitt 8.6).

Program för långtidsobservationer

Långtidsobservationer av grundvattnet ger information om både naturliga och av bergbyggandet och olika experiment inducerade störningar på en undersökningsplats. SKB har utvecklat ett avancerat system för kontinuerlig registrering av grundvattentryck i multimanschetterade borrhål från markytan vilket successivt utvidgas genom att strategiska borrhål i tunneln också inlemmas i detta system. Datainsamlingen sker via ett datoriserat monitoringsystem, HMS. Planer finns också på att ansluta kemisonder för registrering av pH och Eh till detta system. Vidare utarbetar SKB metoder för att studera vattenbalansen i tunneln under Äspö.

SKI bedömer att SKBs program för långtidsobservationer är av hög kvalitet. SKI vill dock uppmana SKB att utveckla metodik för en mer utförlig långtidsregistrering av vattenkemiska förändringar i samband med bergbyggande. Byggandet av tunnlar och schakt, injekteringar, och olika experiment kommer sannolikt resultera i avsevärda förändringar av platsens geokemiska förhållanden. Kunskap om dessa kan visa sig vara mycket viktig för att man skall kunna beskriva hur de geokemiska förhållandena utvecklas efter förvarets tillslutning. Detta problemområde kommer visserligen att studeras i samband med det planerade försöket i anläggningsskalan vid Äspölaboratoriet (Äspö Bilaga A 4.4), men som tidigare påpekats, kommer resultaten av nödvändighet vara specifika för Äspö.

En viktig SKI-synpunkt som tidigare framförts under kapitlet om djupförvaring (avsnitt 5.6.1) är att SKB bör påbörja planering för långtidsförsök både på Äspö och kandidatorter. Spår-försök utsträckta över långa tidsperioder 5 - 10 år ger t.ex. ökade möjligheter att kvantifiera långsamma retardationsprocesser in situ. Sådana försök behöver emellertid planeras och förmodelleras mycket noggrant för att tillse att de ger resultat inom rimliga tider. Vidare kan nya mätinstrument och (sorberande) spårämnen behöva utvecklas och utprovas. SKI vill därför uppmana SKB att påbörja detta arbete omgående.

SKI anser också att SKB bör utreda möjligheterna att utnyttja tiden fram till förvarets förslutning (d.v.s. storleksordningen 50 år framåt i tiden) för att långtidstesta funktionen hos olika delar av återfyllnadssystemet, t.ex. bentonitens svällegenskaper i deponeringshål, återfyllnad av tunnlar och borrhålspluggning. Ett omfattande arbete kvarstår för att visa att de presenterade principlösningarna för djupförvaring och deponering kan genomföras i praktiken med högt ställda krav på kvalitet och säkerhetsmässig funktion (se FoU 11). SKI vill dock framhålla att de tekniska barriärernas långsiktiga egenskaper inte kan demonstreras med denna typ av försök.

Mät- och experimentprogrammet för driftsskedet i Äspölaboratoriet

Det planerade mät- och experimentprogrammet för driftsskedet på Äspö kommenteras i detalj under kapitel 8 i detta gransknings-PM. Nedan redovisas några allmänna synpunkter med hänsyn till de krav som ställs på erforderlig metod- och instrumentutveckling.

SKI konstaterar att ett omfattande experimentprogram planeras för driftsskedet på Äspö, med delvis nya experimentella metoder. Enligt SKIs uppfattning ingår denna verksamhet som ett viktigt led i SKBs utveckling av detaljundersökningsmetodik. För att SKB skall lyckas med detta program krävs att man i ett tidigt skede identifierar behovet av erforderlig metod- och instrumentutveckling. En sådan redovisning saknas dock i FUD-program 92 eftersom planeringen av driftsskedets experiment inte kommit tillräckligt långt.

Med tanke på den stora investering som driftfasen representerar är det av stor vikt att de olika experimenten planeras med hög detaljeringsgrad och genomgår en oberoende vetenskaplig granskning. SKI vill i detta sammanhang framhålla SINTAB/BERGABs rekommendation att genomföra en dokumentation av de erfarenheter av metodik och planering som finns inom respektive ämnesområde för att säkerställa att även inter-

nationella erfarenheter kommer experimentplaneringen tillgodo. Liknade experimentprogram har tidigare genomförts i bl.a. Grimsel, URL, Stripa, Climax och Yucca Mountain, se t.ex. SKNs sammanställning (Hardin, 1992).

Det är förståeligt att SKB förlägger huvuddelen av sin metod- och instrumentutveckling till Äspö berglaboratorium. Här finns de tekniska och personella resurser som är en förutsättning för detta arbete. Det finns dock vissa nackdelar med denna strategi som bl.a. uppmärksammas i remissvaret från Chalmers tekniska högskola. Den stora koncentrationen av metodikutveckling till Äspö innebär med nödvändighet att metoderna blir anpassade till de geologiska förutsättningarna på just denna lokal. En viss mätmetod eller försöksutförning som givit goda resultat på Äspö behöver nödvändigtvis inte vara optimal för en kandidatplats med andra geologiska förutsättningar och vice versa. Denna aspekt måste beaktas av SKB vid bedömningen av olika metoders användbarhet.

Erfarenheterna från bl.a. Stripa har tydligt visat att utvärderingen av mätningar och försök från tunnlar och schakt försvåras av de störningar som undermarksbyggandet ger upphov till. En viktig målsättning för driftsskedet bör därför vara utreda hur geokemiska förändringar, inverkan av störda zonen och långtidsdräneringen av grundvatten m.m. påverkar resultaten av de försök som ingår i en detaljundersökning. De försök som planeras för att studera dessa problemställningar (se Äspö, Bilaga A, 4.8) bör ges mycket hög prioritet för att resultaten skall kunna utnyttjas vid planeringen av de övriga försöken som planeras för driftsskedet på Äspölaboratoriet.

SKI vill också framhålla vikten av att SKB utvärderar på vilket sätt de enskilda mätningarna och experimenten påverkar förvarsområdets egenskaper, dels vad gäller eventuella skador på berget som kan inverka på förvarets säkerhetsmässiga funktion, t.ex. upptagande av borrhål, och dels eventuella störningar som kan försvåra utvärderingen av andra experiment.

7.8.6 Sammanfattande omdöme

SKIs sammanvägda bedömning är att SKBs planerade utveckling av enskilda metoder och instrument överlag håller en hög nivå. Allmänt kan dock sägas om det redovisade programmet att det saknas en koppling till de behov och tidsplaner som framställs i de övriga delarna av FUD-programmet. Planerad metodutveckling redovisas separat för olika mätmetoder utan att diskutera vad som är viktigt att mäta eller med vilken precision olika parametrar måste fastställas. Detta har enligt SKIs uppfattning lett till att viktiga utvecklingsbehov förbisetts. Avsaknaden av konkreta program för detektion av flacka zoner och in-situ bestämning av bergstabilitet är några exempel.

SKI vill starkt uppmana SKB att bättre stämma av val av mätmetoder och prioritering av fortsatt metod- och instrumentutveckling mot de krav som ställs från säkerhetsanalysen och de behov som föreligger för utformning av ett djupförvar. Detta erfordras för att säkerställa att valda mätmetoder är relevanta och ger tillräckligt underlag för analys av ett djupförvars funktion och säkerhet samt för projektering och byggande.

SKB har idag stor erfarenhet av förundersökningsmetodik, d.v.s. undersökningar från markytan och i borrhål. Ett omfattande arbete kvarstår dock för att verifiera de olika

mätmetodernas användbarhet. SKI ställer sig därför tveksam till den tidsplan som redovisas i lokaliseringsprojektet med påbörjande av förundersökningar redan 1993. SKI menar att SKB inför kommande förundersökningar måste redovisa konkreta planer för undersökningarnas genomförande samt ta fram ett underlag som möjliggör en bedömning av förväntade resultat. Viktiga delar i ett sådant underlag är:

- en samlad redovisning av de parametrar/mätningar som är av betydelse för säkerhetsanalys och anläggande av djupförvar
- en systematisk redovisning av osäkerheter i mätningar och tolkade data
- en plan för hur olika mätmetoder skall sättas samman till ett väl avvägt för- resp. detaljundersökningsprogram inklusive dokumentation av de störningar och skador som undersökningarna kan ge upphov till
- en beskrivning av förväntade resultat och osäkerheter samt en redovisning av viktiga parametrar som inte kan mätas.

Motsvarande underlag kommer naturligtvis att behövas även inför kommande detaljundersökningar.

Förutom den instrumentutveckling som redovisas i FUD-programmet bör SKB i högre grad satsa på att utveckla och utvärdera tolkningsmetodik för olika mätmetoder. Fler-talet mätningar, framförallt hydrauliska tester och geofysiska mätningar, ger ingen direkt information om de parametrar som används för att beskriva en plats. Utvärdering av enhåls-injektionstester är ett viktigt exempel på situationer där förenklade tolkningsmodeller rutinmässigt använts av SKB utan någon adekvat analys av gjorda antaganden.

En annan faktor av stor betydelse för möjligheterna att göra en meningsfull karaktärisering av en plats är hur olika mätmetoder sätts samman till ett integrerat mätprogram. Detta gäller det sätt på vilket ett borrhålsprogram utformas utifrån geologisk och geofysisk information, ordningsföljden mellan olika mätningar i borrhål och urval av testsektioner för interferenstester och spår försök etc. Resultaten från undersökningarna på Äspö har t.ex. visat att grundvattenprovtagning är ett område där avsevärda förbättringar bör kunna uppnås med ett mer genomtänkt mätprogram.

SKI bedömer att det omfattande mät- och experimentprogrammet för driftsskedet på Äspö kommer att ge SKB goda möjligheter att utveckla metodik för detaljundersökningar. SKI vill dock understryka vikten av att de olika experimenten planeras med hög detaljeringsgrad och genomgår en oberoende vetenskaplig granskning. Mer detaljerade beskrivningar av planerade experiment och erforderlig metod- och instrumentutveckling bör därför ges hög prioritet.

En viktig aspekt på metod- och instrumentutvecklingen som inte berörs i FUD-program 92 är möjligheten att genomföra långtidsförsök. Spår försök utsträckta över långa tidsperioder 5 - 10 år skulle t.ex. kunna ge viktig information om effektiva retardationsparametrar. SKI vill starkt uppmana SKB att omgående utreda möjligheterna att genomföra sådana försök.

SKI vill också påpeka att den stora koncentrationen av metodutveckling till Äspö med nödvändighet medför att metoderna blir anpassade till just denna lokal. Det är därför av stor vikt att väga in andra erfarenheter, t.ex. från SKBs typområden och Stripa, liksom från utländska experimentprogram, för att bedöma olika metoders användbarhet.

7.9 BIOSFÄRSTUDIER

7.9.1 Inledning

Studier av hur radioaktiva ämnen omsätts i biosfären är nödvändiga för att det ska vara möjligt att beräkna resulterande stråldoser till människa och miljö. SKB anslår cirka 2 miljoner kronor per år under den kommande sexårsperioden, d.v.s. 5 % av den totala kostnaden för stödjande forskningen, till insatser inom biosfärsområdet.

SKB anger följande delmål för detta område:

- att söka kvantifiera de osäkerheter som beror på att biosfären hela tiden förändras
- att förbättra det dataunderslag som spridningsmodellerna vilar på
- att validera modellerna genom studier av analoga spridningsprocesser.

Statens strålskyddsinstitut framhåller att ambitionen på biosfärsområdet är beroende av vilken ambition SKB har för att isolera avfallet från biosfären och konstaterar vidare att övergången till det nu aktuella kapselkonceptet snarast kan ses som att SKB minskar sin ambition att isolera bränslet från biosfären.

Sveriges lantbruksuniversitet hävdar i sitt remissvar att delområdet "Biosfärsstudier" får för liten uppmärksamhet i SKBs FUD-program och anser att en större satsning borde vara motiverad med tanke på områdets grundläggande betydelse.

Göteborgs universitet konstaterar att biosfärsområdet upptar en relativt liten del i FUD-programmet och konstaterar att: "Om detta betyder att dessa frågor skulle vara mindre viktiga måste detta tolkas som att förvaret ansetts så säker att läckage eller spridning i betydelsefulla mängder inte kommer att bli aktuell. Detta är dock en slutsats som läsaren av dokumenten inte nödvändigtvis drar".

SKI menar att SKBs insatser inom biosfärsområdet i huvudsak är väl avvägda. SKI vill dock framhålla att valet av kompositkapsel som huvudalternativ inte får innebära en minskning av SKBs ambition att isolera bränslet från biosfären.

7.9.2 Tidsperspektiv

Det av SKB föreslagna slutförvaringskonceptet syftar till att isolera det radioaktiva avfallet från biosfären under så lång tid att radioaktiviteten hinner avklinga till en sådan nivå att den kan betraktas som ofarlig. Om de isolerande barriärernas funktion av någon anledning sätts ur funktion kan detta leda till att radioaktiva ämnen når biosfären

tidigare. Det mål som SKB anger för sina biosfärsstudier är att kunna genomföra säkerhetsanalysens konsekvensberäkningar på ett trovärdigt sätt. Eftersom genombrottstiden för de tekniska barriärerna av SKB beräknas till storleksordningen 1000-tals år (några hundratals i de mest pessimistiska scenarierna) och fördröjningstiderna i när- och fjärrzon tillkommer, tas endast mycket långlivade radionuklider med i biosfärsstudierna. SKBs insatser koncentreras på att kunna göra uppskattningar av vilka konsekvenser olika utsläppsscenarioer har i ett tidsperspektiv i storleksordningen 10 000 år, dvs. fram till nästa istid.

Statens strålskyddsinstitut (SSI) skriver i sitt yttrande att insatser inom biosfärsområdet knappast är motiverade för att utreda hur biosfären kan komma att se ut i en avlägsen framtid. Det är viktigare att utreda de osäkerheter som råder vid modelleringen av dagens biosfär.

SKI instämmer med SSI och anser att SKBs prioritering av de första 10 000 åren är rimlig och anser att dosberäkningar för längre tidsperspektiv, baserade på kunskap om de första 10 000 åren, är tillräckligt goda säkerhetsindikatorer. Andra säkerhetsindikatorer såsom flöden och koncentration av radioaktivitet bör dock också utvecklas och studeras. Det är dock viktigt att de kortare tidsperspektiven inte glöms bort i sammanhanget. Detta är särskilt angeläget med tanke på slutförvaren för annat avfall än det utbrända bränslet. Under de första hundra åren kommer dosbelastningen att domineras av helt andra radionuklider än de som är intressanta i ett längre tidsperspektiv.

7.9.3 Fokusering på kandidatplatser

SKBs arbete inom biosfärsområdet kommer i hög grad att fokuseras kring de lokala förhållanden på kandidatplatserna.

Sveriges lantbruksuniversitet anser att fokuseringen på de lokala förhållandena på kandidatplatserna kommer att innebära en begränsning.

Statens strålskyddsinstitut framhåller att då en plats väljs för detaljerade undersökningar skall stor hänsyn tas till potentiella utströmningsområden, dvs. de lokala förhållanden vad gäller risk för ackumulation av radioaktiva ämnen i miljön.

SKI anser att det är viktigt att en allsidig forskning och utveckling bedrivs inom biosfärsområdet. En fokusering av biosfärsstudierna får inte leda till att denna allsidighet förloras. En sådan fokusering till kandidatplatserna kommer dock ändå att vara nödvändig med tanke på kommande miljökonsekvensbeskrivningar.

Biosfärens evolution

Inom ramarna för de platsspecifika studierna planerar SKB att göra en bedömning av hur människan under de närmaste 1 000 åren kan komma att utnyttja ekosystemet inom ett visst område, markanvändning, brunnsborrning m.m. Studier för ett längre tidsperspektiv anses inte kunna tillföra någon ytterligare användbar information. SKB

kommer dock att studera inverkan av klimatförändringar och istider i anslutning till arbetet med systematisk scenarieanalys.

Sveriges lantbruksuniversitet anför att det är orealistiskt att tro att det är möjligt att bedöma markanvändningen under tidsperioden 1000 år. Enligt Lantbruksuniversitetet bör SKB istället försöka finna de "värsta", dvs. de för människan mest ogynnsamma transportvägarna för de aktuella radioaktiva ämnena. Enligt Lantbruksuniversitetet kan det annars finnas risk för önsketänkande som t.ex. framtidsscenarioet "storskalig jordfri odling". Vidare ifrågasätter man om det överhuvudtaget är möjligt att diskutera hur eller på vilket sätt storskalig jordfri odling kommer att tillämpas om 1000 år. I stället bör konventionell odling av jordbruks- eller trädgårdsprodukter på igenvuxna sjöar studeras som kritiska scenarier.

Förändringar i biosfären är, genom olika processer, mycket snabbare och mycket svårare att förutsäga än förloppen i geosfären. Detta kombinerat med insikten att doser baserade på absoluta förutsägelser av biosfärens utveckling inte kan beräknas för mer än korta tidsrymder leder till SKIs bedömning att SKBs prioritering är riktig i detta fall. Ett försök att för en specifik plats bedöma markanvändningen under den postglaciära perioden kan knappast tillföra något relevant bedömningsunderlag. Fortsatt arbete med scenarie-utveckling bör resultera i ett antal biosfärsscenarioer som tillsammans ger sådan spännvidd att möjliga långsiktiga förlopp täcks in. Detta innebär att studierna av klimatförändringar och kommande istider fortfarande är mycket viktiga, framförallt för att erhålla en kvalitativ bild.

7.9.4 Skydd av naturen

I inledningen till kapitlet om biosfärsmoeller skriver SKB: "Biosfärstudier omfattar händelsekedjan från radionuklidens transport i grundvatten ur berg till påverkan på människa eller annan organism". Längre ned på samma sida sägs att "dos till andra organismer studeras". I kapitlet "Acceptanskriterier" skriver SKB att "svenska säkerhetsanalyser har liksom i andra länder utgått från principen att "om människan som individ och grupp är skyddad så kommer andra biologiska arter ej att hotas av radioaktiva utsläpp". IAEA har gjort vissa utredningar som huvudsakligen stöder detta uttalande (SKB ref 10-44, 10-45).

Statens strålskyddsinstitut (SSI) saknar i SKBs redovisning en diskussion av effekter på andra levande organismer än människan. Det är angeläget att SKB i sitt program inkluderar en analys av miljöeffekter, t.ex. för känsliga djurpopulationer.

SKI instämmer i huvudsak i SSIs kommentar och anser att det är anmärkningsvärt att SKB inte överhuvudtaget diskuterar effekter på andra levande organismer än människan. Vid en framtida MKB-process kommer "skyddet av naturen" med största sannolikhet att ingå som en viktig del. Det borde ligga i SKBs intresse att detta område belyses bättre.

7.9.5 Brunnar

SKB framhåller att bergborrade brunnar är en kritisk transportväg från djupt grundvatten till människans närhet. Eftersom brunnar är så vanligt förekommande kan de ofta betraktas som resultat av normalt mänskligt beteende och inte som ett fall av intrång. SKB avser att fortsätta bearbeta metodiken för hur brunnar skall hanteras i säkerhetsanalysen med hänsyn till de riktlinjer som utfärdas av berörda myndigheter.

SKI vill framhålla att med den brunnstäthet som idag råder i Sveriges mer tätbebyggda delar är sannolikheten hög för att minst en brunn finns inom förvarsområdet under större delen av förvarets funktionstid, och att detta skall beaktas i säkerhetsanalysen.

7.9.6 Transport av radionuklider

Vad gäller transport av radioaktiva ämnen genom sediment och jord uppmärksammar SKB att övergången från geosfär till biosfär innebär en övergång från en reducerande till en oxiderande miljö. Denna övergång innebär för de flesta, här relevanta, kemiska föreningar en dramatisk förändring av egenskaper som löslighet och kemisk form. SKB anser därför att fortsatta studier av gränsskiktet mellan geosfär och biosfär bör genomföras. Det pågår f.n. studier för att finna en alternativ modellbeskrivning för transport i sediment och jord.

SKB hänvisar till en detaljundersökning av utströmning i sjöar ("Nuklidtransport i utströmningsområden") och drar slutsatsen "att de modelleringar som gjorts av utströmningsområden varit korrekta sett i den relativt grova detaljeringsnivå som använts". Bindning av aktinider på organiskt material i jordar påverkar expositionskedjan grönsaker, kött och mjölk. SKB planerar att utvärdera betydelsen av osäkerheten i transuranernas omsättning. Eventuellt planeras också experimentella studier.

Sveriges lantbruksuniversitet framhåller att betydelsen av de biologiska processerna vid omsättning och transport av radionuklider verkar vara underskattade i SKBs program. Som exempel framhåller Lantbruksuniversitetet de biologiska processer som resulterar i att jod binds molekylärt till flyktiga och icke flyktiga organiska ämnen. Lantbruksuniversitetet är positivt till de av SKBs planerade markmigrationsstudierna som syftar till att beskriva transport och retardationsmekanismer för olika radionuklider i olika jordarter, men önskar att transfersteget mark-växt uppmärksammas. Vidare anser man att experimentella undersökningar bör genomföras omfattande stegen mark-växt-djurprodukt för att rätt kunna uppskatta dosbelastningen till människa.

Statens strålskyddsinstitut (SSI) anser att "då en plats väljes för detaljerade undersökningar skall stor hänsyn tas till potentiella utströmningsområden, d.v.s de lokala förhållanden vad gäller risk för ackumulation av radioaktiva ämnen i miljön, samt deras påverkan skall beaktas". SSI anser att en sådan analys av potentiella utströmningsområden vid slutförvaret kommer att spela en väsentlig roll i strålskyddsbedömningen.

Göteborgs universitet konstaterar att "Strålningsbiologi, radiofysik och omgivningsradiologi har bidragit till kännedom om hur radioaktiva ämnen transporteras i naturen och hur effektivt organismer tar upp sådana ämnen samt hur snabbt de utsöndras och

i vilken utsträckning de lagras i olika organ. Fortsatt kunskapsuppbyggnad är dock viktig även på detta område". Universitetet saknar ett delprogram som behandlar hur långlivade komponenter i kärnkraftsavfallet tas upp och metaboliseras i biologiska system.

SKI anser att vidare studier inom området definitivt är befogade. Speciellt bör olika koncentrationseffekter studeras närmare (se följande avsnitt). Övergångar mellan geosfär och biosfär bör studeras under olika betingelser: i sediment, i jordar med varierande sammansättning, i vatten. SKI önskar att SKB utvecklar sitt program på detta område.

Koncentrationseffekter

Anrikning i biota (t.ex. i kedjan räka-aborre-gädda) beaktas i de överföringsfaktorer som används. Ackumulering av transuraner i torvmossor är dock ett exempel på en process som kan innebära att radionuklider koncentreras under en längre period (1000 år) för att senare kunna frigöras under en kortare period (10 år).

För att studera sedimentens roll för en långsiktig ackumulation planerar SKB att studera malmer och utlakningsskikt i torv.

SKI konstaterar att det är viktigt att utreda betydelsen av koncentrationseffekter. En sådan utredning ger en uppfattning om tillförlitligheten hos de biosfärsmodeller som används. Dessa studier bör om möjligt kompletteras med visst modellarbete.

Tjernobyldata - transportvägar i biosfären

Efter Tjernobylyolyckan initierades en studie av nedfallet i SKBs undersökningsområden Gideå och Finnsjön. Dessa studier omfattade provtagnings- och mätprogram, studier av migration i markprofiler, sorption på och migration i berg, vattentransporterad aktivitet samt modellering av nuklidernas omsättning och transport. Provtagnings- och mätprogrammet avslutades under sista delen av 1991, varpå verksamheten inriktades på sammanfattning och utvärdering. Studien förväntas vara avslutad under 1993. Målet med dessa studier är bl.a. att ge information om tillförlitligheten hos befintliga biosfärsmodeller och söka förfina beskrivningen av transport- och retardationsmekanismer för olika nuklider i olika jordarter. En del mätresultat har publicerats, bl.a. har mätning av nuklidkoncentration i artesiska borrhåll bl.a. visat att vissa nuklider (t.ex. cesiumisotoper) kan transporteras ned till 100 m djup på 200-400 dagar.

Naturvetenskapliga forskningsrådet framför att det är möjligt att det datamaterial som insamlats i Sverige efter Tjernobylyolyckan kan utnyttjas bättre eller kompletteras för att verifiera biosfärsmodeller. Forskningsrådet pekar speciellt på att de höga halter av framförallt cesium som återfinns i svampar och djur är oväntade. Vidare anser Forskningsrådet att SKB bör medverka i studier av biologiskt upptag i närzonen runt Tjernobyly. Där bör finnas förutsättningar att följa andra element än cesium. Forskningsrådet pekar även på att det material som finns från studier av nedfall från kärnvapen-användning inte har "översatts" till förvarsscenarier.

SKI anser att det är viktigt att i möjligaste mån utnyttja Tjernobylmaterialet. Dessa studier bör vara ett utmärkt underlag för prövning av om de relevanta transport- och retardationsprocesserna är medtagna i de biosfärsmodeller som används. I sin tur kan detta bidra till validering av modellerna. SKI ser fram emot en sammanfattande rapport som belyser detta.

7.9.7 Modeller och data

När det gäller validering av modeller hänvisar SKB dels till det internationella samarbete som utförs inom ramarna för VAMP och BIOMOVIS och dels till de data som erhållits från Tjernobyl-nedfallet. Känslighetsanalyser kommer i högre grad än tidigare att ligga till grund för vilka parametrar som väljs för vidare studier.

Statens strålskyddsinstitut (SSI) konstaterar att SKB hänvisar till BIOMOVIS II vad gäller osäkerheter kopplade till modellering av radioaktiva ämnens transport i biosfären och framhåller att SKB bör ta ett mer aktivt ansvar för detta område. Vidare anser SSI att det är viktigt att så långt som möjligt försöka identifiera vilka osäkerheter som kan reduceras med ytterligare forsknings- och datainsamlingsinsatser.

SKI anser, med tanke på osäkerheterna, att möjligheten till validering är små och att ett viktigt mål är att beskriva den relativa farligheten hos olika radionuklider. En förbättring av sådan kunskap borde vara eftersträvarvärd då relativa nivåer påverkas i mycket mindre grad än absoluta värden vid användning av olika scenarier. SKI anser att det för att erhålla bättre kunskap på detta område finns behov av att studera mer process-orienterade modeller. Studier av enbart boxmodeller ger ingen möjlighet till att förstå de bakomliggande processerna. Slutligen vill SKI framhålla vikten av att SKB sammanställer de kunskapsluckor som finns vid biosfärsmodellering och analyserar dess eventuella betydelse i en säkerhetsanalys.

7.9.8 Sammanfattande omdöme

SKI menar att SKBs planerade insatser inom biosfärsområdet i huvudsak är väl avvägda. Vidare anser SKI att SKBs prioritering av de första 10 000 åren är rimlig och att dosberäkningar är tillräckligt goda säkerhetsindikatorer även för längre tidsperspektiv. Andra säkerhetsindikatorer för de längre tidsperspektiven såsom flöde och koncentration av radioaktivitet behöver dock också utvecklas och studeras.

SKI inser att SKBs fokusering av biosfärsstudierna till de lokala förhållandena på kandidatplatserna är nödvändig bl.a. som underlag till en MKB. En sådan fokusering får dock inte leda till att allsidigheten i programmet går förlorad. SKI anser att det är anmärkningsvärt att SKB inte diskuterar effekter på andra levande organismer än människan. Skyddet av naturen är en del av en MKB och SKB behöver uppmärksamma frågan.

Förändringar i biosfären är mycket snabbare och mycket svårare att förutsäga än förloppen i geosfären. Fortsatt arbete med scenarieutveckling bör resultera i ett antal biosfärsscenarier som tillsammans ger sådan spännvidd att möjliga långsiktiga förlopp

täcks in med rimlig bredd. Detta innebär att studierna av klimatförändringar och kommande istider fortfarande är viktiga, framförallt för att erhålla en kvalitativ bild. Det korta tidsperspektivet får dock inte glömmas bort, inte minst med tanke på slutförvaren för övrigt avfall.

SKI konstaterar att det är viktigt att utreda betydelsen av koncentrationseffekter. En sådan utredning ger en uppfattning om tillförlitligheten hos de biosfärmodeller som används. SKB planer att studera transport av radioaktiva ämnen genom sediment och jord i övergången från geosfär till biosfär är viktiga i detta sammanhang.

SKI vill framhålla att den brunnstäthet som idag råder i Sverige innebär att sannolikheten är hög för att minst en brunn finns inom förvarsområdet under större delen av förvarets funktionstid och att detta skall beaktas i säkerhetsanalysen. Frågan om koncentrationseffekter vid brunnar behöver uppmärksammas.

SKB deltar i internationellt samarbete om validering av biosfärmodeller. SKI anser att möjligheterna till validering är små men arbetet är värdefullt eftersom det ger förståelse.

7.10 SAMHÄLLSVETENSKAPLIG FORSKNING

SKI anser att de samhällsvetenskapliga aspekterna bör få en mer framträdande roll i SKBs forsknings- och utvecklingsarbete. SKIs DIALOG-projekt har visat att det inte enbart är frågor kring den långsiktiga säkerheten som är av betydelse i samband med lokaliseringen av ett slutförvar. I mycket hög utsträckning kommer också mer närliggande frågor, som rör människor som samhällsvarelser, att vara aktuella. Sådana frågor uppstår i första hand i samband med lokaliserings- och byggfasen men rör också samhällsutvecklingen i ett mycket långt tidsperspektiv.

Uppsala universitet påpekar att SKB på flera ställen i rapporten framhåller att först när de tekniska och naturvetenskapliga förutsättningarna och övervägandena är slutförda skall man ta sig an frågeställningarna med anknytning till samhällsvetenskap. Universitetet ifrågasätter det kloka i en sådan tidsplanering och menar att samhälls- och beteendevetenskapliga utredningar bör göras samtidigt med utredningar av teknisk och naturvetenskaplig karaktär.

7.11 STÖDJANDE FORSKNING OCH UTVECKLING - SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

Svensk kärnkraftindustri har genom SKBs insatser på forskning och utveckling rörande slutförvaring av använt kärnbränsle skaffat sig ett program med en oomstridd position bland de främsta i världen. Denna position har skapats genom ett långvarigt och systematiskt upplagt utvecklingsarbete som tagit stora ekonomiska och personella resurser i anspråk. För ett litet land som Sverige har detta dock inte kunnat ske utan ett mycket aktivt deltagande i internationella samarbetsprojekt. Detta också bidragit till att SKBs insatser blivit föremål för en i detalj omfattande vetenskaplig granskning.

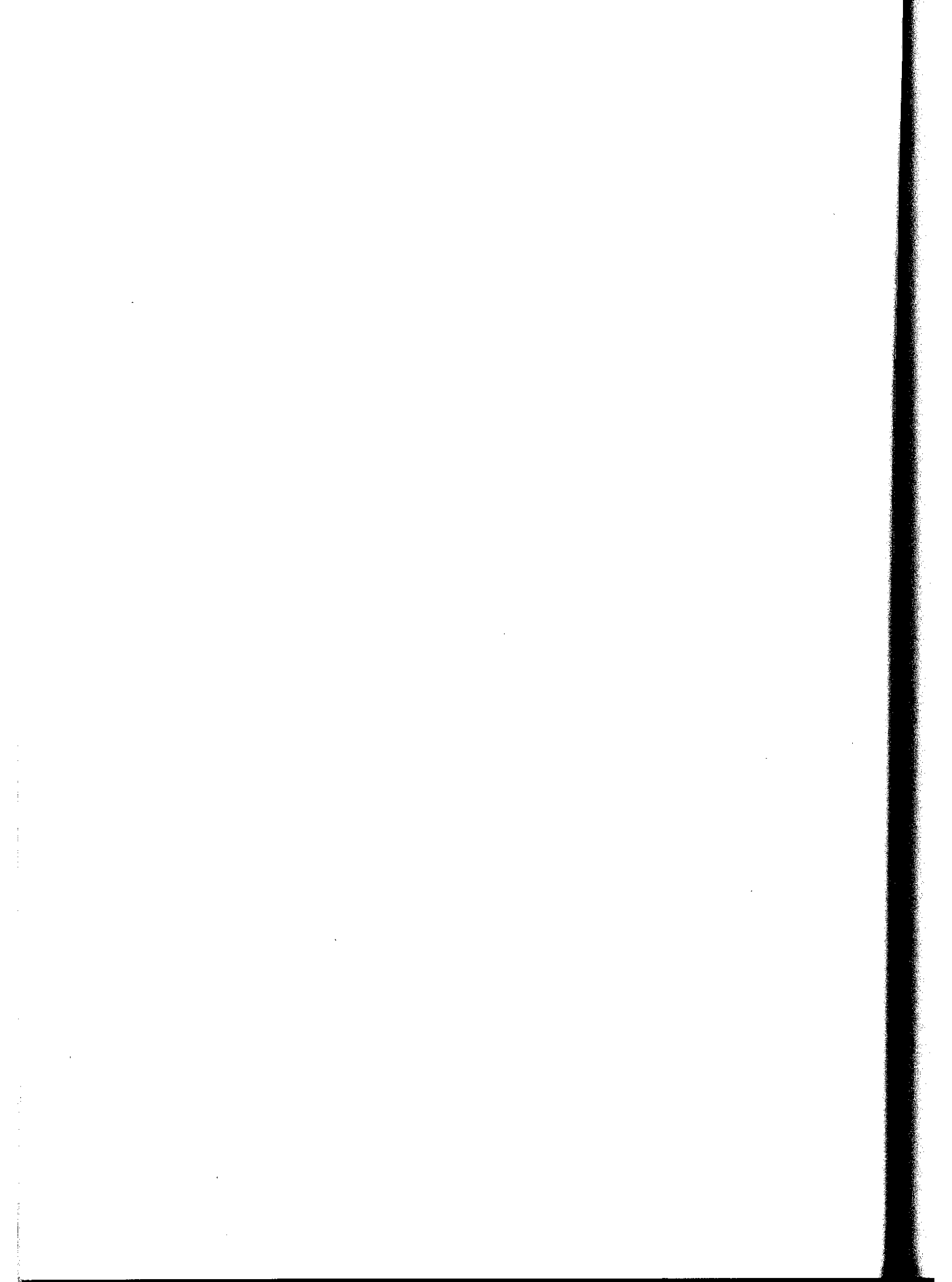
SKB står nu inför uppgiften att omsätta resultaten av ca 15 års intensiv FoU i praktiken genom att övergå till vad man kan kalla en demonstrationsfas. Inom loppet av ca tio år planerar SKB att bygga en inkapslingsstation, utföra en detaljerad platsundersökning samt inlämna en ansökan om lokalisering och koncession av ett slutförvar i demonstrationsskala.

Den överlag höga ambitionen och kvaliteten på huvuddelen av SKBs hittillsvarande forskningsprogram är dock i sig ingen garanti för att alla viktiga frågor skulle vara lösta inom den tid som förutsätts enligt SKBs planer. Den enda garanti man kan skapa i detta avseende är att visa att säkerheten hos slutförvarssystemet uppfyller de krav som kan ställas ur en rad olika synpunkter. Detta kan bara åstadkommas genom väl underbyggda och systematiskt genomförda säkerhetsanalyser.

Utan den tillämpning av vunnit kunskap som säkerhetsanalyserna utgör är det svårt att bilda sig en uppfattning om relevansen hos denna kunskap och om utformningen av framtida insatser. SKI anser att SKB från detta perspektiv inte har lyckats att på ett koordinerat sätt visa hur insatserna på olika områden kan leda fram till den åsyftade målsättningen med det stödjande FoU-programmet. Denna brist är beklaglig särskilt som ju SKBs arbete på de flesta delområden är av hög klass även ur internationell synpunkt.

De synpunkter på olika delområden som SKI framfört ovan är av stor betydelse särskilt sett ur detta helhetsperspektiv. SKI vill dock bestämt framhålla att dessa synpunkter på SKBs FoU-program inte innebär att de övergripande målen inte skulle kunna nås med den nuvarande inriktningen. Istället är rör det sig om ett ifrågasättande av om nödvändig kunskap och erfarenhet verkligen kan uppnås *inom den tid* som står till förfogande enligt SKBs nuvarande planer.

En ur allmänna synpunkter korrekt bedömning av dessa frågeställningar hänger dock enligt SKIs uppfattning samman med vilka krav som ställs på fullständighet i den säkerhetsredovisning som behövs vid varje beslutstillfälle. Denna och andra hithörande frågor behandlas också i kapitel 6.



8 BERGLABORATORIEVERKSAMHET - ÄSPÖLABORATORIET

8.1 BAKGRUND

En sammanvägning av de fakta, krav och värderingar som gjordes vid utarbetandet av FoU-program 86 ledde bl.a. till förslaget om att bygga ett underjordiskt berglaboratorium. De flesta remissinstanser ställde sig positiva till förslaget. SKN ansåg att det fanns tillfredsställande skäl att anlägga ett berglaboratorium i Sverige, men saknade då tillräckligt geovetenskapligt underlag för att bedöma lokaliseringen till Simpevarp. Geovetenskapliga frågor av vikt ansågs då bland andra vara grundvattenrörelser i berg och bergets stabilitet i ett långtidsperspektiv.

8.1.1 SKBs arbeten

SKB påbörjade hösten 1986 fältarbeten för att lokalisera ett underjordiskt berglaboratorium till Simpevarpsområdet i Oskarshamns kommun. I slutet av 1988 fattade SKB ett principbeslut om att bygga anläggningen på södra Äspö ca 2 km norr om Oskarshamnsverket. Efter myndighetsprövning inleddes anläggningsarbeten hösten 1990. Motiven för Äspölaboratoriet och projektets mål utvecklades närmare i SKBs FoU-program 89.

Arbetet med berglaboratoriet indelades i tre skeden, förundersöknings-, anläggnings- och driftsskedet. I förundersökningsskedet lokaliserades laboratoriet. De naturliga förhållandena i berggrunden analyserades och beskrevs. Under anläggningsskedet 1990-1994 skall flera undersökningar och försök utföras parallellt med att byggnadsverksamheten genomförs. Utbyggnad av tunneln sker till fullt djup, vilket enligt SKB nu är ca 460 m mot tidigare planerade 490 m. Driftsskedet skall enligt planerna inledas 1995. Det slutliga programmet för driftsskedet ska anpassas till bl.a. resultat från andra projekt och till erfarenheter från anläggningsskedet.

8.1.2 SKNs yttrande - regeringens beslut 1990 över SKBs FoU-program 89

I SKNs yttrande till regeringen i mars 1990 över SKBs uppnådda resultat från lokaliserings- och platsbeskrivningsetappen påtalades bl.a. att:

- resultat och tolkningar från SKNs arbete har inneburit att avvikelser mellan SKBs och SKNs modeller föreligger såväl för den regionala studien som för platsbeskrivningen. SKN förutsatte att SKBs kompletterande arbeten skulle medföra en revidering av presenterade modeller.
- SKB bör före byggstart sammanställa de erfarenheter som vunnits avseende använda undersökningsmetoder, tolkningar av undersökningsresultaten och jämförelser med de successivt framtagna förväntningsmodellerna.

Före byggstart av tunneln framförde SKN önskemål om att SKB skulle redovisa en plan för hur tillfartstunneln kunde utnyttjas för olika forskningsinsatser t.ex. att studera skadezonens storlek vid olika sprängningsförfaranden, hur förstärkningsinsatser som sprutning, nätning och injektering kunde genomföras samt att utföra en relevant data-insamling för att tillfredsställande kunna jämföra prognos och utfall. Dessutom påtalades risken för målkonflikter mellan forskningsinsatser och byggande.

SKN ansåg, liksom SKI nu anser, att mycket av indata till kommande förundersökningar för lokalisering av ett djupförvar kommer att bygga på erfarenheterna från Äspö och där använd metodik och metoder. Därför har såväl SKN som SKI vid ett flertal tillfällen rekommenderat SKB att utvärdera sina insatser under lokaliseringsetappen och att om så befunnits nödvändigt, revidera framtagna konceptuella modeller.

8.1.3 Erfarenheter från Stripaprojektet

SKBs forskningsverksamhet i anläggningar under jord var tidigare koncentrerad till det internationella Stripaprojektet. Projektet har pågått under tre faser, 1980-1992, och är nu avslutat. SKI anser att genom att många av de viktigaste länderna som aktivt arbetar med utveckling av slutförvar för högaktivt avfall har deltagit i Stripaprojektet har en värdefull gemensam kunskapsbas byggts upp.

Det är viktigt att lärdomar och erfarenheter från Stripaprojektet överförs till nya projekt och framförallt till Äspöprojektet. I SKIs granskning av FoU 89 framhölls vikten av att SKB verkligen väger in och tar hand om de erfarenheter och den kunskap man erhållit inom Stripaprojektet, när nu Äspölaboratoriet i stort övertagit dess roll. Äspöprojektet har under de senaste två åren vuxit och innehåller flera av de komponenter som gjort Stripaprojektet framgångsrikt. Det är vidare positivt att personer som tidigare var aktiva inom Stripaprojektet nu återfinns i Äspöprojektets organisation.

Stripaprojektets internationella struktur har sannolikt bidragit till att man har utarbetat väl definierade procedurer såväl i beredningen, utförandet och utvärderingen av resultat som i integreringen av olika aktiviteter. Resultaten har publicerats internationellt vilket gjort det möjligt för utomstående att få god insyn i projektet. Det har också inneburit att projektet fått en kontinuerlig oberoende granskning. Detta har allmänt bidragit till en hög vetenskaplig standard. SKB bör därför överväga någon form av oberoende granskning även inom Äspöprojektet, utöver den som sker genom Scientific Advisory Committee, SAC.

Projektformen har underlättat fokusering på vissa specifika problemområden. Varje fas av Stripaprojektet har haft ett specifikt tema. Detta ökar fokuseringen, och projekten har kunnat avrapporteras i enlighet med upprättat program. Äspöprojektet följer numera i stort denna typ av projektform men har ändå haft vissa svårigheter att balansera avvägningen mellan å ena sidan krav ifrån byggsidan att hålla tempot i arbetet och å andra sidan krav från forskarna att tillräcklig tid avsätts för FoU-verksamheten.

Systemet med en s.k. "task force", där olika länders specialister angriper samma problemställning (samma data) med egna tillgängliga modeller, har sannolikt medfört att en mer allomfattande analys av data och problemområden kommit till stånd än vid en

traditionell lösning med en forskare eller forskargrupp. Detta innebär att de slutsatser som dras i de flesta fall är bättre underbyggda. Äspöprojektet har infört liknande moment inom hydrogeologisk modellering.

SKI kan dock notera vissa generella nackdelar med uppläggingen av Stripaprojektet. Den hårda tidsstyrningen har medfört att vissa insatser utförts under tidspress och därför inte kunnat slutföras och utvärderas fullt ut. Ett exempel på detta är SCV-projektet och studierna av sprängskadезonen och dess betydelse för t.ex. grundvattenströmningen. Dominerande personer har ibland i egenskap av att vara auktoriteter inom ett visst område hårt kunnat styra vilka projekt och insatser som ska utföras inom ett visst ämnesområde. Detta har sannolikt medfört en enkelriktning i synsättet i vissa fall. Det är därför av stor vikt att oberoende granskning kan göras kontinuerligt och återkopplas till insatserna under hela projektets gång.

8.2 MÅL MED ÄSPÖLABORATORIET

8.2.1 Huvudmål och etappmål

SKB har angett följande huvudmål för forskningsarbetet vid Äspölaboratoriet:

- pröva kvalitet och användbarhet för olika metoder att karaktärisera berggrunden
- vidareutveckla och demonstrera metoder för hur ett djupförvar vid projektering och byggande skall kunna anpassas till bergets lokala egenskaper
- ta fram underlag och data av betydelse för djupförvaringens säkerhet och tilltron till säkerhetsanalysernas kvalitet.

SKB har utifrån dessa mål formulerat etappmål kopplade till tidsplanen för djupförvarsprojektet. Inför valet av plats för detaljundersökningar skall man med stöd från 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 grundvattenströmning och radionuklidmigration*. Inför byggandet av djupförvaret vill man på aktuellt förvarsdjup och under representativa förhållanden *demonstrera bygg- och hanteringsmetoder samt pröva viktiga delar i förvarssystemet*.

Av remissinstanserna menar t.ex. Uppsala universitet att FUD kring kärnbränsleförvaring kan ges en helt ny experimentell inriktning med tillkomsten av Berglaboratoriet på Äspö som kommer att ge unika tillfällen att verifiera de teoretiskt simulerade modeller som byggts upp kring hydrogeologiska problemställningar och nu kan testas i tre dimensioner under naturliga förhållanden. Uppsala universitet menar vidare att det viktigaste bör vara att studera grundvattenströmning och kemisk migration-absorption i olika dräneringsbanor liksom förändringar i bergets egenskaper som resultat av borrhningar, drivning av orter och tunnlar. Man säger också att detta är första gången man kvantitativt kan studera förändringar i hydrauliska trycket och vattenflödet i tidigare homogent berg.

Chalmers tekniska högskola menar att man överhuvudtaget kan ifrågasätta den stora satsningen på att karaktärisera berget, när säkerheten för ett slutförvar enligt SKB 91 endast i ringa utsträckning beror av det omgivande bergets förmåga att fördröja och sorbera utläckande radioaktiva ämnen. Naturvetenskapliga forskningsrådet menar å andra sidan att det påbörjade Äspölaboratoriet kan ge värdefull information för projekteringen av djupförvaret men också kunskap av stort, allmänt geovetenskapligt intresse.

Otto Brotzen anser att frågor av väsentlig betydelse för förvaret (eventuella utsläpp) försummas medan stora resurser läggs på konventionella bergtekniska frågor såsom förutsägelser av bergets byggbarhet och inströmningen av grundvatten till öppna berg- rum. Brotzen anser att detta är nästintill ovidkommande för ett slutförvar som Brotzen menar är lätt att bygga, som skall återfyllas och förslutas, och där nästan bara de minimala vattenrörelserna just runt bränslekapslarna avgör säkerheten. Brotzen menar vidare att Äspötunneln, byggd med snart föråldrad teknik, inte har någon betydelse för utvecklingen av ett slutförvar, men kan vara ett steg i dess inrättande. Avslutningsvis frågar Brotzen om det verkligen är meningen att en stor del av SKBs budget ska gå till vanlig tunneldrivning, nya anläggningsarbeten och oviktig bergteknisk forskning när så mycket återstår av grundläggande målforskning och teknisk utveckling av central betydelse för en säker slutförvaring.

SKI menar att de behov som finns inom djupförvarsprojektet rent allmänt motiverar verksamheterna vid Äspö. SKI har dock synpunkter på målens omfattning, genomförbarhet och tidsplan. Det måste också framföras, att djupförvarsprojektet inte enbart kan stödja sig på den kunskap som tas fram inom Äspöprojektet, inte ens vad gäller geovetenskapliga frågor. Ett viktigt exempel är här SKBs bristande redovisning av Sveriges geologi och fördelningen av egenskaper som kan vara viktiga för lokalisering av ett förvar, som SKI framhåller i kapitlet om Djupförvaring (kapitel 5). Denna kunskapsbrist kan inte lösas inom Äspöprojektet eftersom detta ger information endast om *en* plats, även om metodik som tas fram inom Äspöprojektet kan vara värdefull också för att lokalisera ett förvar.

8.2.2 Undersökningsmetodik

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

SKI menar att SKBs mål att fastställa metodik för förundersökningar och detaljundersökningar samt för att ta fram och pröva modeller är angelägna. Projektet skulle dock sannolikt vinna på att förstärka kopplingen till en brett upplagd säkerhetsanalys (se kapitel 6). Det gäller både vad som skall studeras mer ingående och vilken information som platsundersökningarna skall ta in. Det finns nu en risk att viktiga frågeställningar inte behandlas, t.ex. frågor avseende berggrundens stabilitet, som inte omnämns bland målen. Det finns också ett behov av att klara ut vilken information som är mindre viktig. Platssundersökningar ger stora mängder data, men endast en del av dessa säger något väsentligt om bergets egenskaper. För att höja kvaliteten i platskaraktäriseringen och utvärderingen av en plats är det förmodligen nödvändigt att koncentrera insatserna.

SKI menar också att det hade varit önskvärt om SKB i sina preliminära undersökningsplaner närmare hade definierat vad som ligger i begreppet *behövs* vad avser geologiskt underlag för att lokalisera djupförvaret. Eftersom SKB inte angett vilket underlag som behövs går det inte att bedöma om målen har uppnåtts eller kommer att kunna uppnås.

SKI vill här framföra att en fullständig karaktärisering av en bergmassa inte låter sig göras varken vid för- eller detaljundersökningar. Det menar nog inte heller SKB. Det är inte så att de mätningar som görs nere från tunneln utgör ett facit. Även detaljundersökningarnas resultat måste tolkas. Det är därför nödvändigt att SKB i sin redovisning är helt tydliga vad gäller (mät)metoders begränsningar d.v.s. vad går att mäta, med vilken precision kan man mäta samt vilka felkällor som kan förekomma i instrument och vid utförande. Det är också viktigt att reda ut vad som inte går att mäta. Frågan är kopplad till utvärdering med olika modeller och validering. SKBs hittillsvarande insatser inom detta område inom Äspöprojektet kommenteras i nästa avsnitt. (För ytterligare kommentarer se också Djupförvar kapitel 5 samt Metoder och Instrument kapitel 7.8).

Det är också av vikt att en utvärdering av använda metoder görs så tidigt som möjligt i undersökningsfasen så man inte tillämpar metoder som vid en senare tidpunkt visar sig vara olämpliga eller svåra att bedöma ur kvalitetssynpunkt. Om inte en tidig utvärdering görs kan det visa sig, när svårtolkade försöksresultat från detaljundersökning av tunnlar och schakt föreligger, att använda metoder hade vissa svagheter som kunnat elimineras, medan andra alternativa metoder inte prövats. Det kan inte uteslutas att när Äspölaboratoriet nära nog byggts färdigt finner man att metodvalen var mindre lämpliga. SKI har tidigare påtalat brister i SKBs redovisning av uppnådda resultat, främst avseende de som redovisats av Wikberg m.fl., 1991.

8.2.3 Underlag och data av betydelse för säkerheten

SKI menar att SKBs etappmål, att pröva modeller för grundvattenströmning och radionuklidmigration, är alltför begränsat. Det finns andra geovetenskapliga frågor, främst avseende berggrundens mekaniska och kemiska stabilitet som är lika viktiga, vilket SKB också framför i andra delar av FUD-programmet. SKI menar att SKB bör revidera målbeskrivningen. Behovet av att snarast genomföra en integrerad säkerhetsanalys med vid avgränsning, som framförs i kapitel 6, framstår som angeläget i detta sammanhang.

8.2.4 Djupförvarsteknik

SKI stöder SKBs planer på att använda Äspölaboratoriet för att praktiskt utveckla djupförvarssystemet. Målen kunde dock ha preciserats bättre, t.ex. framtagandet av ett underlag och plan för verkligt byggande av ett slutförvar. Hur man bygger så att det blir säkert, d.v.s. belysning av frågor om förvarsutformning, tunnelformer och byggt teknik m.m., borde klarare framgå. Ett underlag behöver tas fram för att bedöma skillnaderna, för- respektive nackdelar, med alternativa byggt tekniker såsom fullortsborring och sprängning. Den av SKB utförda PASS-studien kan tänkas utgöra en modell för hur man genomför detta.

8.2.5 Tidsplan i förhållande till djupförvarsprojektet

Enligt den tidsplan för djupförvarsprojektet som SKB presenterar i FUD-program 92 planerar SKB att tillkännage två platser tidigast under 1993. En av dessa väljs ut för detaljerade undersökningar tidigast 1996. En viktig frågeställning är nu hur mycket av utförda och planerade undersökningar på Äspö man kan tillgodogöra sig inför igångsättning av arbeten på två kandidatplatser när tidsaspekten beaktas.

Chalmers tekniska högskola påpekar att tidsschemat förefaller vara hårt pressat speciellt om erfarenheterna från Äspö ska kunna utnyttjas vid val och utvärdering av kandidatplatser. Göteborgs universitet menar också att tidsplanen för lokalisering och byggande av slutförvaret verkar forcerad. Enligt universitetets mening bör man först invänta resultaten av forskning bl.a. vid Äspölaboratoriet, och utifrån dessa definiera kriterier för berggrundsbarriären samt samhälleliga faktorer.

SKIs geokonsulter (SINTAB/BERGAB) påpekar att erfarenheterna från lokaliseringen av Äspö och platskaraktäriseringen ännu inte har utvärderats och redovisats, vilket skulle kunna ge värdefulla bidrag till val av metodik och metoder inför lokaliseringen av ett djupförvar. SKI vill framhålla att vid ansökan om detaljundersökning behöver ett antal förutsättningar vara uppfyllda. Dessa förutsättningar är bl.a.

- att kunskap om förundersökningars värde finns
- att värdet av och problem i samband med detaljundersökningar belysts
- att det finns en plan för hur man bygger i berg som skall bli ett slutförvar utan att skada detsamma.

Det är SKIs bedömning att tiden blir knapp för att kunna göra de nödvändiga erfarenhetsåterkopplingar från Äspö till platser för detaljundersökningar, eftersom någon omfattande redovisning avseende använda undersökningsmetoder och resultat ännu ej föreligger.

8.3 FÖRUNDESKNINGSSKEDETS RESULTAT

8.3.1 Genomförda arbeten

Förundersökningsskedet som genomförts under perioden 1986-1990 och vars syften angivits i FoU-program 86 och 89, har varit indelat i tre etapper: lokaliseringsetappen, platsbeskrivningsetappen och prediktionsetappen. De mål som satts upp för förundersökningsskedet anses av SKB vara uppfyllda medan målen för anläggningsskedet bedöms vara på väg att uppfyllas.

Förundersökningsskedet avslutades med prediktionsetappen som resulterat i sammanställning av fyra tekniska rapporter. I Stanfors m.fl., 1991 ges en kortfattad presentation av metoder och metodik som använts i projektet. SKI kan här konstatera (vilket även påtalas av SINTAB/BERGAB) att ingen omfattande analys är dokumenterad av varken

den teoretiska bakgrunden för olika metoder och deras användbarhet eller de erhållna praktiska resultaten och dess relevans utöver vad som redovisats i Wikberg m.fl., 1991.

8.3.2 Resultat av förundersökningarna

Resultatet från lokaliseringsetappen visar att berggrunden i Simpevarpsområdet huvudsakligen utgörs av granit (smålandsgranit) med inslag av basiska bergarter, grönstenar. Ett dominerande ortogonalt system av sprickor och sprickzoner i N-S resp E-W anses föreligga. Det finns troligen också flacka, subhorisontella strukturer. Det bedömdes att både Äspö och Laxemar var lämpliga platser för ett laboratorium.

Baserat på SKBs undersökningar i Oskarshamnsregionen under 1986-1990 och karaktärisering av regionen har en konceptuell modell presenterats. SKN har, med utgångspunkt från SKBs geologiska, hydrogeologiska och geofysiska mätningar och tolkade data samt egna kompletterande undersökningar, tagit fram en alternativ regional modell (Palmqvist och Olsson, 1991). SKNs modell innefattar flacka översskjutningszoner (sprickzoner) som ett väsentligt geologisk element, vilka sannolikt också är av betydelse för grundvattnets rörelse. Inom SKIs pågående säkerhetsanalysprojekt, SITE-94, formuleras dessutom ytterligare alternativa modeller baserade på de data SKB samlat in under förundersökningsskedet.

Det vore önskvärt om 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. SKB har hittills inte redovisat några sådana jämförelser. Det är inte på förhand givet att en sådan jämförelse skulle visa att en viss modell (t.ex. SKN-modellen) är bättre eller sämre än SKBs egen modell. Jämförelsen är ändå viktig eftersom den skulle illustrera osäkerheterna med platskaraktäriseringen.

SKI vill också framhålla vikten av att förundersökningarna utförs i en logisk och tidsmässig följd, vilket innebär att den geologiska och tektoniska karteringen från ytan skall utföras, dokumenteras och utvärderas innan någon borrhning påbörjas. Detta för att bekräfta eventuellt förekommande zoner. Vidare är det mindre lämpligt att t.ex. utföra provpumpningar och andra hydrogeologiska tester i borrhål medan borrhningar pågår i andra hål i omgivningen. I alla stora projekt är det av största vikt att en integrering mellan de i programmet ingående delaktiviteterna kommer till stånd för att maximalt kunna utnyttja specialisterna och undvika sådana missförstånd vid genomförandet som kan få betydande konsekvenser vid utvärdering av resultat.

SKI menar också att en korrekt regional beskrivning av ett område har avgörande betydelse för möjligheten att tolka och beskriva förhållanden inom ett delområde. Vidare är geologiska och hydrogeologiska kunskaper om regionen nödvändiga för att t.ex. kunna säkerställa karaktär på zoner som skall fungera som randvillkor till ett förvarsområde. SKNs föreslagna regionala modell ger ett exempel på hur Äspö kan placeras in i ett regionalt geologiskt och hydrogeologiskt sammanhang. Det är även av vikt att SKB redogör för hur man med utgångspunkt från regionala data fasat in just Äspö och Laxemar som lämpliga platser och varför Äspö föredrogs framför Laxemar. Detta är en viktig fråga för det fortsatta programmet eftersom erfarenheterna från under-

sökningar i såväl regional som lokal skala kommer att användas i lokaliseringsprocessen.

SKIs konsult, SINTAB/BERGAB, framhåller att man måste vara försiktig med att dra slutsatser om olika bergartstypers hydrauliska konduktivitet baserat på regionala brunnldata. Den hydrauliska konduktiviteten framräknas utgående från ett angivet värde på den specifika kapaciteten (Liedholm, 1987 och Wikberg m.fl., 1991; sid 55 ff) som baseras på brunnar som är anlagda i syfte att ordna vattenförsörjning till bostäder, vanligen belägna i eller i närheten av dalgångar. Datakvaliteten är relativt osäker och representativiteten är missvisande. Brunnarna återspeglar i bästa fall flöden (specifik kapacitet) i relativt ytnära berg. Tillvägagångssättet vid extrapolering av berggrundens ytnära konduktivitet till stort djup - i regional skala - är inte redovisad. SKI vill därför uppmana SKB att vara mycket försiktig med att dra några långtgående slutsatser av regionala grundvattenflöden på större djup baserat på brunnldata.

Sammanfattningsvis vill SKI starkt framhålla att SKB snarast bör sammanställa de erfarenheter som vunnits avseende använda undersökningsmetoder vid det successiva framtagandet av förväntningsmodellerna. Detta framfördes också av SKN vid granskningen av FoU-program 89. Slutsatser om förundersökningar är starkt kopplade till frågan om validering (se nästa avsnitt) och frågorna bör därför redovisas tillsammans.

8.3.3 Verifikation av förundersökningar - validering

Berggrundens egenskaper har av SKB beskrivits med modeller och redovisats i olika skalor. Utifrån förundersökningarna sammanställdes prediktioner av berggrunden vid Äspö och då utmed hela tunnelsträckningen. Förundersökningsmetoderna skulle verifieras och de uppställda modellerna valideras genom att jämföra prediktionerna med mätningar från tunneln. Valideringsprocessen för Äspölaboratoriet innehåller enligt SKB tre väsentliga element:

- en systematisk jämförelse mellan prediktion och utfall
- en noggrann analys av underliggande strukturer och processer
- en (subjektiv) bedömning om prediktionen är tillräckligt bra.

SKI vill här framhålla att SKBs beskrivning av validering är alltför inskränkt. Validering kan inte enbart vara en fråga om att jämföra modellutfall med mätta värden. En allsidig bedömning av om modellen korrekt beskriver de centrala frågeställningarna måste göras. En viktig fråga att besvara är om de genomförda fältförsöken verkligen givit den information som erfordras för att sådana prediktioner av grundvattenförhållanden skall kunna göras med hjälp av modellen som är väsentliga för förvarsfunktionerna. Ett sätt att skaffa sig en uppfattning om denna osäkerhet är att tolka data med alternativa modeller. SKI har tidigare påtalat att en grundlig kritisk utvärdering bör göras av den förväntade styrkan och svagheten av varje gjord prediktion utifrån hur prediktionen har tagits fram från undersökningsmaterialet. Det är också viktigt att sätta osäkerheterna i perspektiv genom att analysera deras betydelse inom säkerhetsanalysen.

SKB har sammanställt en separat prediktionsrapport (Gustafson m.fl., 1991) där förväntade resultat för olika geometriska skalor presenterats per ämnesområde. Prediktionerna har omfattat bl.a. läge av större svaghetszoner, hydraulisk påverkan kring tunneln, förändring i grundvattenkemi m.m. Hittills har prediktionernas kvalitet kontrollerats för en deletapp omfattande de första 700 m av tillfartstunneln. Enligt SKBs mening baserades prediktionen på relativt begränsade undersökningar (Stanfors m.fl., 1992). SKB anser att projektets vetenskapliga referensgrupp (Scientific Advisory Committee, SAC) har bedömt utfallet såsom relativt gott med hänsyn taget till de begränsade undersökningarna.

SKI delar inte SKBs och referensgruppens bedömning att utfallet i relation till insatser skulle vara gott. I vissa fall måste överensstämmelse mellan prediktion och utfall betraktas som direkt dålig. Som exempel kan nämnas att avvikelserna angående bergartsfördelning mellan olika granittyper är betydande liksom prediktion och utfall speciellt för flacka sprickor. Där predikterade zoner ej återfunnits anges att dessa inte förekommer på tunnelns djup under markytan medan dokumenterade men ej predikterade sprickzoner ej kommenteras.

SKBs indelning i klasser som ett mått på hur man lyckats prediktera en sprickzon (Olsson, 1992) försvårar uppföljningen av prediktionerna. Prediktionen anses som säker när zonen dokumenterade läge faller inom 50% av tunneldjupet och som trolig när det dokumenterade läget faller inom 50 - 100% av tunneldjupet. Enligt SKIs och BERGABs (Palmqvist, 1992a) bedömning är detta en helt orimlig klassindelning, eftersom följden av detta innebär att en sprickzon som på ett tunneldjup av 200 m förekommer 100 m från ett prognosticerat zonläge skulle innebära en säker prognos. På motsvarande sätt skulle en observerad sprickzon 200 m från prognosticerat läge innebära värderingen trolig. Vidare har sprickzoner med upp till 30 m bredd ej närmare urskilts vid dokumentationen utan endast klassificerats som sprickzon. Eftersom varken topografiska eller geofysiska indikationer i borrhål har denna bredd försvåras möjligheterna till meningsfulla jämförelser.

SKI uppmanar SKB att utveckla valideringsstrategin och tillämpa denna inom Äspöprojektet. (Se också Säkerhetsanalys kapitel 6 och Stödande FoU kapitel 7). För att uppnå hög kvalitet och trovärdighet för arbetena på Äspö bör vidare utvärdering av projektets resultat göras av andra personer än de som gjort prediktionerna. Arbetet bör redovisas med full öppenhet och helst i den öppna vetenskapliga litteraturen.

8.3.4 Modeller för grundvattenströmning och radionuklidmigration

En generellt sett väsentlig uppgift med de hydrogeologiska undersökningarna är att testa förmågan att göra förutsägelser om det grundvattenflöde som efter avslutad deponering och pluggning kommer att omge förvaret och dess kapslar. Karaktäriseringen och modelleringen av Äspös komplexa vattenförande system har följt två huvudlinjer. De större strukturerna, typ konduktiva sprickzoner har identifierats och modellerats deterministiskt medan berg som finns mellan zonerna har hanterats som ett stokastiskt kontinuum. Olika modellansatser har prövats men större delen av beräkningarna har utförts med den generella hydromekaniska datorkoden PHOENICS.

Göteborgs universitet menar att det finns en uppenbar skillnad mellan sprickzons-tolkningen i SKBs beskrivning (Wikberg m.fl., 1991) och i SKNs modell (Palmqvist m.fl., 1992) och att skillnader även finns i den hydrogeologiska beskrivningen. Man ställer frågan varför tolkningarna är olika och menar att detta ej klart har utretts.

SKIs uppfattning är att SKB hittills inte på allvar har prövat olika modellbeskrivningar av Äspö och därmed inte studerat hur osäkerheter i tolkningar inverkar på osäkerheter i prediktioner av grundvattenströmning och transport. Det bör i sammanhanget noteras att olika datorkoder inte är detsamma som olika modeller. I ett visst läge inom projektet utnyttjade SKB exempelvis två olika beräkningsgrupper vilka dock arbetade med samma konceptuella modell.

SKI vill också påpeka att en regelrätt stokastisk kontinuumsimulering inte har genomförts på Äspö. Uppskattningar av geostatistiska parametrar (variogram), som beskriver permeabilitetsfördelningens korrelationsstruktur, har inte redovisats. I stället har man valt en godtycklig blockstorlek, som indirekt ger en viss korrelationsstruktur utan närmare anknytning till experimentella data. Vidare har bara en realisering genererats och analyserats. SKB uppmanas att utnyttja tillgänglig teknik för stokastisk kontinuum-analys, t.ex. den SKB själva utvecklat inom SKB 91.

Även de satta randvillkoren i SKBs analys kan kritiseras. Med nuvarande randvillkor bestäms grundvattenströmningen på Äspö uteslutande från den lokala topografin. SKB har gjort mycket få regionala analyser av flödet, men de som gjorts visar på tydligt inflytande från det regionala grundvattenflödet. Om det förekommer en regional horisontell sprickzon under Äspö är det troligt att denna effekt blir helt dominerande.

Sammanfattningsvis vill SKI framhålla behovet av att analysera olika modeller. Detta gäller såväl variationer inom SKBs strukturmodell, t.ex. randvillkor, läge eller egenskaper hos sprickzoner som olika konceptuella grundmodeller. SKI vill här påpeka att stokastiskt kontinuum endast utgör *en* alternativ modellbeskrivning. Även andra hypoteser bör provas.

8.4 ANLÄGGNINGSSKEDET - PROGRAM OCH RESULTAT

8.4.1 Tekniskt program för 1992-1994

Drivningen av tunnelnedfarten, som påbörjades 1 oktober 1990, har delats in i två etapper, där etapp 1 innebär drivning ner till ca 330 meters nivå, motsvarande första spiralvarvet, medan etapp 2 innefattar återstoden ned till 460 m, spiralvarv två, motsvarande en total tunnellängd av drygt 3400 m. Drivningen under etapp 2 kommer enligt SKB att baseras på en ny strategi, vilket innebär en prövning av metodik för successiv karaktärisering och utformning "design-as-you-go".

I SKBs FoU-program 89 var det inplanerat ett uppehåll på ca 6 mån i tunneldrivningen mellan etapp 1 och etapp 2. Detta kan enligt SKB utgå eftersom arbetet nu genomförs mer flexibelt än som ursprungligen planerats. I stället för att göra en större redovisning/utvärdering sker nu istället flera mindre redovisningar. En del av den datainsamling och

metodikutvärdering som varit inplanerad att genomföras under uppehållet mellan etapp 1 och etapp 2 tidigare läggs.

I SKBs program framgår inte vilka mindre redovisningar som åsyftas. Ej heller redovisas vilken datainsamling och metodikutvärdering som kommer att tidigareläggas. SKI rekommenderar därför SKB att avsätta tillräcklig tid mellan etapp 1 och 2 för att göra den nödvändiga återkopplingen mellan beräkning, utvärdering och eventuellt nya mätprogram baserat på vunna erfarenheter. Tiden bör även ägnas åt att utvärdera upprättade prediktioner på tunnelsträckan 1475 till 2540 m innan etapp 2 påbörjas. Resultat och erfarenheter från byggbarhet såsom sprängning, bergförstärkning och injektering bör omsorgsfullt utvärderas och vid behov omprövas innan andra spiralvarvet påbörjas. En samlad utvärdering av etapp 1 torde inte bara vara ett önskemål från SKIs sida utan bör rimligen vara angeläget även för SKB.

SKI konstaterar vidare att de angivna planerna för anläggningsskedet 1992-1994 är redovisade i begränsad omfattning i jämförelse med driftsskedet och borde rimligen ha uppdaterats i jämförelse med FoU-program 89. Dessutom är det av största vikt att ha målen definierade i förväg. SKBs nu valda strategi, "design-as-you-go", ställer egentligen väsentligt högre krav på förberedelser och planering av verksamheten än det tidigare använda stegvisa tillvägagångssättet.

8.4.2 Verifiera förundersökningsmetoder - validering

Den insamlade datamängden under etapp 1 bedöms av SKB vara tillräcklig för att till stora delar medge en prövning av den konceptuella modellen för Äspö och motsvarande prediktioner. Den bedöms också vara tillräcklig för att göra den utvärdering av undersökningsmetoder vilka enligt SKB bör användas i lokaliseringsprogrammet.

SKI ställer sig frågande till påståendet att insamlad datamängd under etapp 1 är tillräcklig för att kunna pröva den konceptuella modellen för Äspö och slutföra valideringsarbetet samt göra den utvärdering av undersökningsmetoder som planeras användas i lokaliseringsprogrammet/Djupförvarsprojektet. För att nå målet att verifiera förundersökningar behöver SKB, vilket framförs redan i föregående avsnitt, utveckla sin syn på validering, genomföra omfattande analys av insamlade data med olika modeller och ansatser samt redovisa resultatet.

8.4.3 Fastställa detaljundersökningsmetodik

Ett viktigt arbete som har påbörjats inom anläggningsskedet är att utveckla metodik för detaljundersökningar. Rent allmänt vill dock SKI framhålla att även undersökningar från tunnlar behöver tolkas och att denna tolkning inte är självklar. För vidare diskussion se avsnittet Metoder och Instrument inom Stödande FoU (kap. 7.8). SKI tar dock här upp ett antal mer specifika frågeställningar.

Dokumentation och datainsamling

En dokumentationsgrupp ombesörjer den dagliga dokumentationen innefattande geologi, bergmekanik, geohydrologi och vattenkemi i tunneln efter varje sprängning. Mätning av grundvattentryck och flöden sker on-line med hjälp av ett automatiserat centralt datainsamlingssystem för Äspölaboratoriet (HMS, Hydro Monitoring System).

SKI menar att datainsamlingen on-line där all historik samlas är värdefull och kommer att bli en unik databas. SKB behöver dock utarbeta metodik för utvärdering av data "on-line" för exempelvis kontinuerlig uppdatering av modeller. Med hänvisning till de invändningar mot SKBs dokumentation av sprickzoner som framförts tidigare menar SKI också att det finns behov av att se över hur denna dokumentation skall göras.

Sprängskador vid tunnelvägg

I sin granskning av Äspölaboratoriets förundersökningsskede framförde SKN att den skadezon som uppstår i samband med utsprängning borde studeras relativt ingående. Tre olika sprängningsförfaranden har nu prövats i tunneln. SKBs slutsatser från försöken är att:

- det går att uppmäta sprängskador
- borrhingsprecisionen och lokala geologiska förhållanden kan ha lika stor betydelse om laddning av konturhålen i tunneln för skadezonens utbredning
- vid praktisk sprängning uppnås en skadezon av 0,3 - 0,5 m i väggar och tak, och 1 - 1,5 m i tunnelsulan.

Resultaten har presenterats i fem SKB Progress Reports (Christiansson och Hamberger, 1991 - Olsson, 1991 - Ouchterlony m.fl., 1991 - Kornfält m.fl., 1991 samt Nilsson, 1991) som granskats av BERGAB på uppdrag av SKN (Palmqvist, 1992b). Tre olika borrh- och laddplaner användes vid försöken i Äspölaboratoriet där en av laddplanerna var anpassade för s.k. skonsam sprängning. För detaljer i utförande och detaljerade synpunkter hänvisas till bilaga 2 i SINTAB/BERGABs konsultrapport.

Med hänvisning till bl.a. Ouchterlony, 1991 menar BERGAB att datainsamlingen lyckades mindre bra varför SKBs redovisade slutsatser från försöket kan ifrågasättas. BERGAB menar vidare att varken huvudmålen med undersökningarna, att mäta skadezonens utbredning och karaktärisera denna runt tunnelkonturen, eller delmålen, att pröva/utveckla ett antal mätmetoder för karaktärisering av sprängskador samt att jämföra erhållna resultat med nuvarande prognosformler för skadezonens djup, har uppnåtts.

Det är viktigt att begränsa skadezonens utbredning för att inte försvåra försöksutförande och tolkning av erhållna mätresultat. Den s.k. "störda zonen" kan även ha betydelse ur säkerhetssynpunkt. Såväl SKN som SKI har i olika sammanhang påtalat för SKB att det borde vara angeläget för SKB att genomföra nya studier av sprängskador vid olika sprängningsutföranden och försöka finna tillförlitliga mätmetoder vid bestämning av

förekommande skadezon. Vid eventuella nya sprängskadeförsök är det viktigt att SKB före försöken beaktar såväl egna som internationella erfarenheter inom området. Försöksplaneringen bör innefatta teoretiska förstudier och noggrann metodutvärdering för att uppnå högsta kvalitet och utbyte av försöken. För att ge underlag till de försök om störda zonen som SKB planerar under driftsskedet är det angeläget att studier görs även under anläggningsskedet.

Passage av zoner

En specialstudie har omfattat utveckling av metodik för passage av svaghetszoner och härtill hörande undersökningsinsatser. Två distinkta zoner på passagen till Äspö har penetrerats, zonerna EW-7 och NE-1. Ett antal delmål för kontrollerad passage av zonerna formulerades. Bland delmålen märks bl.a. exakt lokalisering av sprickzon, karaktärisering av zon och kontrollerad förinjektering - i första hand vad gäller injekteringsmedlets spridning. Passagen av NE-1 innebar att de stora vattenmängder och -tryck som påträffades krävde omfattande tättnings- och förstärkningsinsatser för att man på ett säkert sätt skulle kunna passera zonen med tunneln. Några slutsatser som SKB dragit av zonpassagen är att tekniken för att passera större vattenförande zoner på stort djup (ca 180 m) med stora vattentryck behöver utvecklas.

SKBs vunna erfarenheter av passage av zonen EW-7 blev inte som SKB planerat. Genom en alltför kraftig injektering tätades de sprickor där man planerade att genomföra tester. Anledning till misslyckandet kan sannolikt hänföras till att SKB och ansvariga konsulter och byggare var oförberedda på vad som kunde hända vid passage av kraftigt vattenförande zoner. Här kan urskiljas en brist i planeringen där SKB inte tillräckligt tillgodogjort sig de samlade kunskaper som finns från det stora antalet kommersiella bergbyggnadsprojekt (med injekteringsbehov) som genomförts i Sverige.

SKN påtalade i sitt granskningsyttrande 1990 (SKN, 1990; sid 13) under rubriken kemisk transport att innan arbetet med berglaboratoriet påbörjas bör SKB analysera och utvärdera vilka geokemiska förändringar som skulle kunna uppstå till följd av uppförande och drift, exempelvis till följd av injektering eller avsänkning av grundvattnen. Vidare sade SKN att SKB också bör ange vilka åtgärder man ämnar vidta för att säkerställa att berget förblir tillräckligt ostört.

SKI finner det mycket angeläget att SKB med nu vunna erfarenheter av zonpassage ägnar ökade resurser åt att förbättra den injekterings- och sprängteknik som krävs för att passera svaghetszoner på stora djup och lämpligen genomför nya försök före driftsskedet.

8.5 PROGRAM FÖR DRIFTSSKEDET

8.5.1 Experimentprogram 1995-1998

Efter anläggningskedet påbörjas driftsskedet. I FUD-program 92 redovisas ett omfattande experimentprogram för tiden 1995-1998. De tidigare omnämnda etappmålen *pröva modeller för grundvattenströmning och radionuklidmigration, demonstrera bygg- och hanteringsmetoder och pröva viktiga delar i förvarssystemet* skall enligt planerna mötas under driftsskedet. Målen har precisrats vidare och omfattar

- kvalitativ och kvantitativ beskrivning av fysikaliska och kemiska processer som har betydelse för förvarets funktion och säkerhet
- metodik för anpassning av förvaret till bergets lokala egenskaper
- demonstration och validering av teknik för förundersökning, detaljundersökning samt utbyggnad och hantering.

SKB menar att vid genomförandet av programmet kommer nämnda verksamheter att gripa in i varandra. Exempelvis är forskningen om de processer som styr nuklidtransport genom berget beroende av den teknik som står till förfogande för att karaktärisera berget. Likaså är metodiken för förvarets anpassning till berget beroende av tillgänglig förundersökningsteknik och av den relativa betydelsen av olika transportprocesser.

Försvarets forskningsanstalt menar att Äspölaboratoriet i driftsskedet torde ge unika möjligheter till experiment t.ex. för att verifiera modeller och pröva teknik som kommer att utnyttjas för slutförvaret och anser detta vara ett mycket bra initiativ. Chalmers tekniska högskola pekar på att mycket stora resurser satsas på berggrundsrelaterade experiment i Äspö och varnar i viss mån för detta. Anledningen är att berggrundsdata, i motsats till data från materialforskning, alltid är platsspecifika, varför parametervärden hämtade från Äspö ej automatiskt kan förutsättas gälla på en annan plats i berggrunden. Chalmers ifrågasätter därför varför så stora resurser satsas på en enda lokal (ej slutförvarslokal), eftersom de metoder för geologisk utvärdering som utvecklas på Äspö med nödvändighet blir anpassade till just denna lokal. Chalmers menar att detsamma gäller också modellerna för grundvattenströmning. Även Otto Brotzen framför kritiska synpunkter vilka redovisas i avsnitt 8.2.

SKI vill framhålla att de planerade experimenten har en stor bredd och representerar en hög ambitionsnivå. Experimenten presenteras i detta skede av förståeliga skäl relativt översiktligt. En brist är naturligtvis att SKB inte anger en klarare prioritetsordning och inte heller vilka försök som skall göras var och när eller om de planerade analyserna ger ett komplett stöd till och integreras med SKBs övriga FoU-verksamhet. Även om programmet är ambitiöst saknas också t.ex. ett genomtänkt program för undersökning av berggrundens stabilitet (bergspänningsmätningar) som SKI menar är motiverat att genomföra under driftsskedet. Ur tid och resurssynpunkt verkar programmet väl optimistisk och prioriteringar blir sannolikt nödvändiga. Dessa måste kunna motiveras.

8.5.2 Samordning med SKBs övriga verksamheter

SKI diskuterar behovet av samordning med SKBs övriga verksamheter i avsnitt 8.2. Behovet av sådan samordning är speciellt stort för driftsskedet eftersom djupförvarsprojektet under detta kommer att befinna sig i ett mycket aktivt skede. Samtidigt borde möjligheterna till samordning också vara större eftersom driftsskedet ligger längre fram i tiden. SKI vill särskilt peka på vikten av att prioritera verksamheten efter de behov som framkommer ur en integrerad säkerhetsanalys. Äspöprojektets roll som leverantör till andra projekt kan också behöva förstärkas. Det är behoven, främst inom djupförvarsprojektet, som skall styra vad som ska göras på Äspö och hur. Äspöprojektets mål skulle då i första hand vara att bygga laboratoriet och leverera önskad information till övriga projekt inom SKB. De tidsplaner och mål som idag formuleras för driftsskedet får därför inte tillåtas bli styrande för verksamheten. Planerna måste kunna revideras betydligt när behoven blir helt uppenbara.

SKI menar att SKB med utgångspunkt från FUD-program 92 åter bör se över fördelning av resurser och planerade insatser och ta ställning till en eventuell omprioritering av de resurser som satsas på Äspölaboratoriet i förhållande till SKBs övrig FoU och FUD-verksamhet. Långtidsförsök på Äspö kan behöva komma igång relativt omgående liksom de tester som har direkt tillämpning på lokaliseringen av djupförvaret. En del av de planerade försöken i Äspölaboratoriet borde rimligen kunna/behöva utföras även i djupförvaret med beaktande av att försöken och resultaten från dessa är platsspecifika.

8.5.3 Experimentplanering

Omfattande försök har idag redan genomförts i berglaboratorier i olika delar av världen. SKI vill betona att SKB bör studera erfarenheterna från dessa försök så att onödiga misstag eller olämpliga försöksutföranden kan undvikas. Baserat på hittills uppnådda resultat bör SKB identifiera vilka studerade frågor som lösts tillfredsställande och för vilka frågor de gjorda försöken varit mindre framgångsrika. Med detta som utgångspunkt kunde SKB klarare ha angett och motiverat varför planerade experiment bör genomföras på de sätt som SKB presenterat. Läsarens bedömning av relevansen i planerade experiment skulle troligen också underlättats genom detta. Det kan i detta sammanhang också nämnas att SKN i Rapport 59 (Hardin, 1992) "Survey of in situ testing at underground laboratories" översiktligt sammanställt erfarenheter från experimentprogram och planerade försök i bland annat Stripa, Grimsel, URL, Climax och Yucca Mountain.

Modellering är ett annat viktigt sätt att planera experiment. SKBs syn på modellering behöver utvecklas. Modellering och experiment bör idealt 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 anser att det är positivt och viktigt att SKB studerar olika möjligheter till långtidsförsök i Äspölaboratoriet.

SKI förutsätter att SKB innan experimenten påbörjas, beskriver planerna för dessa i lämplig rapportform. Denna redovisning bör även innehålla en modellanalys av experimentet enligt ovan. Varje försök kräver en noggrann planering så att störningar från anläggningen och från andra försök kan undvikas. Enligt SKIs konsult SINTAB/BERGAB pekar erfarenheterna från Stripa på att detta problem tidigare underskattats betydligt.

8.5.4 Metodik för detaljundersökningar

SKI kan konstatera att det planerade programmet för driftsskedet är omfattande med delvis nya experimentella metoder. SKI menar att denna verksamhet bör ingå som ett viktigt led i SKBs utveckling av detaljundersökningsmetodik. För att lyckas med programmet krävs att SKB på ett tidigt stadium identifierar behovet av erforderlig metod- och instrumentutveckling.

En viktig fråga att besvara i detta sammanhang är med vilken säkerhet sprickor och zoner med olika orientering och karaktär kan identifieras på givet avstånd från ett undersökningshål, deponeringshål eller tunnel. SKI vill här betona att konventionell tunnelkartering av den typ som SKB redan tillämpar på Äspö är användbar under förutsättning att en noggrann identifiering och differentiering av sprickzoner sker i såväl tunnel som i pilothål. Detta ger viktig information men kommer troligen inte att visa sig tillräckligt. En utveckling av seismiska mätmetoder och radarutrustning bör ges hög prioritet för att identifiera sprickzoner i såväl borrhål som i den övriga berggrunden. Ytterligare synpunkter på detta lämnas av SKI under kapitel 7, Stödande FoU, avsnitt Metoder och Instrument.

8.5.5 Dokumentation

Det är SKIs bestämda uppfattning att den omfattande rapporteringen från Äspö återkommande bör samlas i integrerade sammanställningar typ Technical Reports i större omfattning än hittills (6 TR publicerade) i stället för i Progress Reports (112 PR publicerade) och att resultaten även bör utsättas för internationell granskning genom publicering i vetenskaplig litteratur.

8.6 GRUNDVATTENSTRÖMNING OCH RADIONUKLIDMIGRATION

8.6.1 Bakgrund

I Stripa, Finnsjön och Äspö har hydrauliska egenskaper hos sprickzoner undersökts genom interferenstester. Detta har givit kunskap om sprickzoners heterogenitet och hydrauliska samband över avstånd på några hundra meter. Teknikerna borrhålsradar och borrhålsseismik har enligt SKB väsentligt ökat möjligheterna att göra tillförlitliga strukturbeskrivningar av stora bergvolymmer. Tillsammans med utvecklingen av hydrauliska mät- och modelleringstekniker sägs detta väsentligt ha ökat kunskapen om grundvattenflöden och flödesvägar i en sprucken bergmassa.

Spår försök för att undersöka transport av lösta ämnen i berg har utförts i Studsvik, Finnsjön, Stripa och Äspölaboratoriet. Trots att flera spår försök hittills genomförts så finns relativt få in situ data på viktiga transportparametrar såsom flödesporositet, dispersion, matrisdiffusion och på den sprickyta som är tillgänglig för sorption av radionuklider (den så kallade våta ytan).

Bland andra SINTAB/BERGAB påpekar att erfarenheter från spår försök visar generellt på bristande förståelse för fenomen som skaleffekter och att tester som utförts med brister i kontrollfunktionen av randvillkor inte har gett användbara resultat. SKI vill framhålla att det inte verkar meningsfullt att genomföra spår försök om dessa inte utformas så att de verkligen ger intressant information om bergets transportegenskaper. En noggrann analys av hittills vunna erfarenheter från spår försök från t.ex. Grimsel samt ingående modellutvärderingar av egna förslag till spår försök rekommenderas.

8.6.2 Försök i detaljskala

Syftet med in situ-experimenten i detalj- och blockskala är enligt SKB att få fram data som kvantitativt beskriver de olika processerna samt deras relativa betydelse i olika sprickor och flödesregimer.

Flöde, våta ytor, konstanta fördelningskoefficienter (K_d) och diffusivitet är de viktiga ingående parametrarna. SKB framhåller också att det är en svår uppgift att få fram data för den våta ytan, dvs den sprickyta som är i kontakt med det rinnande vattnet. En direkt mätning av den våta ytan kräver injicering av sorberande spårämnen och/eller någon typ av färgämnen eller gel i en spricka, som sedan försiktigt grävs ut. Experiment av denna typ är tidsödande och kostsamma och kan enligt SKB endast genomföras i mycket begränsad omfattning i samband med detaljundersökningar av ett framtida slutförvar. Här bör noteras att vid spår försök med sorberande spårämne är förmodellering speciellt viktig. Exempelvis skulle kanske en längre försökstid än normalt (10 år istället för 2) ge nya möjligheter att studera matrisdiffusion för svagt sorberande ämnen.

SKI menar att det är viktigt med hydraulisk karaktärisering innan försök påbörjas, eftersom flödet är en av de viktigaste transportparametrarna. Genombrott av spårämnen bör mätas i olika punkter såsom gjorts i Grimsel. Vidare är det viktigt att stöd för försök kan erhållas från laborieförsök på det sätt som SKB föreslår. Det är också viktigt att studera om lab-parametrar som K_d , matrisdiffusivitet och lokalt uppmätt våt yta på uttagen spricka kan skalas upp till den större försöksskalan. Det är också svårt att se hur spår försök med icke sorberande spårämnen skulle kunna ge någon information om den våta ytan. Analyser inom bland annat Intraval tyder på motsatsen. SKI anser det angeläget att SKB med modellstudier visar att experimenten verkligen kan ge intressanta resultat, innan de sätts igång. SKI anser det också viktigt att metoderna för direkt bestämning av flödeskanalernas utsträckning provas och förfinas innan de tillämpas in situ.

8.6.3 Försök i blockskala

Enligt SKBs nuvarande koncept kommer ett framtida slutförvar att utformas på ett sådant sätt att större vattenförande zoner undviks. Behållare med använt bränsle kommer att placeras i det "goda" berget på lämpligt avstånd från mindre vattenförande zoner. Försöken i blockskala syftar till att karaktärisera sådana mindre vattenförande zoner och deras koppling till spricksystemet i det omgivande goda berget.

I detta sammanhang är det enligt SKIs uppfattning viktigt att visa att man inte missar vattenförande partier och (kanske) mindre viktigt att exakt karaktärisera grundvattenflöde och transport i en mindre sprickzon eller en vattenförande spricka med stor utsträckning. Syftet med försök i blockskala kan t.ex. vara att se till vilken grad man kan acceptera identifierade områden med något högre vattenföring och om områdena är förbundna med någon "farlig" kanal som innebär att kapselläget ej kan accepteras. Försöken skall enligt planerna göras med icke sorberande och svagt sorberande spårämnen som injiceras i några borrhål. Av tidigare nämnda skäl vill SKI betona vikten av att försöken förmodelleras för att pröva uppläggningsen av försöken.

8.6.4 Försök i anläggningskala

Ett av målen med detta delprojekt är enligt SKB att ta fram data för att bättre bestämma det minimiavstånd som erfordras till lokala sprickzoner baserat på de platsspecifika transportegenskaperna. Projektet kommer även att utgöra en test på SKBs förmåga att detektera och karaktärisera lokala sprickzoner. Undersökningsobjektet är här en lokal sprickzon med en utsträckning som överstiger 200 m. SKB menar att ett lämpligt undersökningsobjekt sannolikt är det system av permeabla sprickzoner med nordvästlig strykning som identifierades under Äspöprojektets förundersökningsfas. Experimentvolymen väljs på mellan 220 och 330 meters djup för att minska störningarna på grundvattenkemi i laboratoriets djupare nivåer.

Det är enligt SKIs mening tveksamt om nämnda system av permeabla sprickzoner är ett lämpligt valt objekt för denna studie m.h.t. svårigheter i karaktäriseringen av zonerna. Det är å andra sidan positivt att SKB inte väljer att studera enbart en större sprickzon eftersom hela anläggningskalan måste studeras. Speciellt intressant är ju att studera utbytet mellan det "goda berget" och sprickzonerna. Här behöver SKB ställa upp en totalmodell för grundvattenströmning och transport i en bergvolym som innehåller en större sprickzon. Vidare behöver man formulera olika hypoteser om huruvida det t.ex. finns dolda sprickzoner med kanaler i det goda berget. Det är nödvändigt att ha en detaljerad plan för projektet i form av förmodellering, försöksdesign, mätning och utvärdering vilket även delvis antytts i SKBs förslag till utförande.

8.6.5 Försök i regionala sprickzoner

Lokalisering av ett framtida djupförvar kan komma att ske i en bergplint, omgiven av större regionala sprickzoner. SKB menar att framtida tektoniska rörelser i första hand sker i de större svaghetszonerna. Målet med försöken i regionala sprickzoner är att ta fram data för att validera modeller för flöde och transport i regionala och subregionala

sprickzoner. Undersökningsobjekten är sprickzonerna NE-1 och EW-3 som identifierades under Äspöprojektets förundersökningsfas. NE-1 är en mycket transmissiv (genomsläpplig) regional sprickzon belägen söder om Äspö medan EW-3 är en lokal sprickzon som skär södra Äspö.

En fråga som är väsentlig i sammanhanget är hur mycket det under byggnadsfasen tillförda injekteringsmedlet, totalt 83 000 l under passage av NE-1, har/kommer att påverka möjligheterna att utföra och tolka resultatet av planerade spårämnesförsök, men kanske framför allt hur vattenkemin i laboratoriet påverkats av detta. SKB bör redovisa detta i samband med att försöket planeras och genomförs.

8.6.6 Radionuklidretention

SKB konstaterar att laboratoriestudier i syfte att validera de modeller och parametrar som används för att beskriva radionuklidernas uppträdande har pågått under en tioårsperiod. Vissa av de naturliga betingelserna är svåra eller omöjliga att efterlikna på laboratoriet varför en experimentstation med bl.a. ett kemilaboratorium planeras på en plats långt ner i Äspölaboratoriet. På så sätt anser SKB att man kan få tillgång till ostört grundvatten under lång tid. Försök kommer att företas in situ med hjälp av en särskild utrustning, CHEMLAB-sonden, som är under framtagande i samarbete med franska CEA. Bland de processer som SKB planerar att studera kan nämnas redoxreaktioner, radiolys samt diffusion och sorption av radionuklider.

I anslutning till kemilaboratoriet planerar SKB dessutom långtidstester av material och materialkombinationer. Målet anges vara att validera modeller för korrosion och annan växelverkan mellan material, t.ex. för koppar, järn, bentonit, betong och kombinationer av dessa. Undersökningar av hur grundvattnet förändras till följd av återfyllnad och injektering är också planerade.

SKI stödjer dessa planer, men förespråkar återigen förmodellering och ett nära samarbete mellan experimenterare och modellörer. Det är givetvis också väsentligt att förvissa sig om i vilken grad den naturliga miljön kan hållas ostörd under den långa tid som dessa försök pågår. (Dessa frågor har också kommenterats i avsnitt 7.6.)

8.6.7 Redoxreaktioner

SKB menar att de data som erhållits inom SKB-undersökningarna visar att grundvattnet är reducerande varhelst det provtogs i berggrunden, medan däremot dess redoxbuffertkapacitet är låg. Att grundvattnet överallt är reducerande anser SKI vara en något förenklad bild. Om grundvattnet har reducerande egenskaper eller ej beror i första hand på vilka reaktioner som avses och inte om dess redoxpotential understiger ett visst givet värde. Dessutom kan spridningen i mätdata vara stor även om de flesta djupare grundvatten som undersökts har en låg redoxpotential.

Vidare vill SKI framhålla att trots att vattnet har låg redoxkapacitet kan denna ändå inte anses vara utan betydelse. Förekomst av grundvatten med relativt sett hög redoxkapa-

citet torde vara gynnsamt och vice versa. Detta gäller inte minst för återställandet av "naturliga" förhållanden efter förseglingen av ett slutförvar samt för begränsning av en eventuell redoxfronts utbredning runt deponeringshål med skadade kapslar.

SKI instämmer dock med SKB i att det är bergets redoxkapacitet som är avgörande i dessa avseenden. En svårbedömbart faktor är dock i vilken utsträckning och i vilken tidsskala som de reducerande bergmineralen är tillgängliga. Detta är av särskilt stor betydelse för bedömning av ett förlopp där syresatt vatten tränger ned i berget längs sprickzoner som redan, helt eller delvis, blivit uppoxiderade längs en "redoxfront" under den tid förvaret hållits öppet. Det är därför ett lovvärt initiativ av SKB att i Äspölaboratoriet redan ha påbörjat försök för att undersöka de parametrar som är av betydelse för en sådan redoxfronts utbredning i berget. Bland de faktorer som kommer att undersökas närmare är kanalbildning och den s.k. "våta ytan". Även inverkan på redoxkänsliga nuklider av kolloidbildning och medfällning samt inverkan av mikrober kommer att studeras inom ramen för redoxexperimentet.

SKI menar att dessa redoxförsök är mycket angelägna. En intressant frågeställning här är hur injekteringen och igensättningen av zonen EW-7 vid tunnelavsnitt 0/700 eventuellt kommer att påverka vattenkemin.

(Denna fråga diskuteras också i avsnitt 7.6, där även yttranden av remissinstanser och konsulter återfinnes.)

8.6.8 Störda zonen runt orter

Det är väl känt att utsprängning av en tunnel i sprickig, kristallin berggrund påverkar de hydrauliska egenskaperna omedelbart innanför tunnelväggen. Orsakerna till störningen har tolkats som en omfördelning av spänningar, sprängskador och kemiska reaktioner. SKB planerar experiment i den störda zonen för att förstå och förklara nämnda fenomen och för att se om de blir bestående även för ett återfyllt djupförvar.

Den störda zonens egenskaper och utsträckning måste beaktas dels vid tolkning av mätdata från en tunnel och dels vid utformning av förvaret och analysen av dess långsiktiga säkerhetsfunktion. Den störda zonen runt en ort eller ett depositionshål innebär en förändring av bergets hydrauliska egenskaper. Den störda zonen innebär också en förändring i bergets mekaniska egenskaper vilket kan påverka stabiliteten hos orter och bergum.

Den störda zonens egenskaper och funktion har studerats in situ under de senaste decennierna vid forskningslaboratorierna i Stripa, URL i Kanada, Grimsel i Schweiz samt några laboratorier i USA (Hardin, 1992). Under 1991 genomfördes ett försök i Äspölaboratoriets tillfartstunnel där utbredning och karaktär på sprängskador studerades som en funktion av olika sprängplaner.

På grund av komplexiteten med den störda zonen och för att kunna beskriva de olika processerna och experimentellt verifiera kvantitativa samband är det, enligt SKB, av största vikt att i möjligaste mån separera olika processer och studera dem var för sig. Först studeras inverkan av avgasning och två-fasflöde och i ett senare skede genomförs

mer omfattande experiment där de hydrauliska och mekaniska egenskaperna hos bergmassan studeras i samband med utbörningen av en simulerad deponeringsort. Först när ytterligare kunskap erhållits om de mekaniska och hydrauliska förändringarna kring en borrard ort kan det, enligt SKB, vara motiverat att utforma och genomföra ett experiment för att studera inverkan av sprängning.

SKI instämmer i att störda zonen är en kombinerad effekt av utsprängningsteknik och tunnelns form. Dessutom kommer flerfasströmning samt hydrokemiska fenomen att omfördela grundvattenströmningen kring tunneln. De senare effekterna har förmodligen störst inverkan på möjligheterna att genomföra detaljundersökningar från tunneln, medan den bergmekaniska störningen kan förväntas bli mer långsiktigt bestående.

SKI kan konstatera att ambitionsnivån för experimentplaneringen är hög. Studiet av tvåfasflöde görs med laboratorieexperiment och in situ tester. Detta borde dessutom kunna studeras med modellering. Mätteknik för grundvattenströmning i omättade sprickiga medier borde också vara ett område där kompetens finns utanför SKB. Det är önskvärt att SKB genom planerade försök försöker belysa den störda zonens utbredning/inverkan som funktion av ett antal designparametrar (tunnelform, tunnelstorlek) och drivningsteknik (olika sprängningsförfaranden, fullortsborrning). Synpunkter på teknik för att mäta den störda zonen, baserade på utförda sprängskadeförsök i Äspötunneln, finns redovisad i SKI-konsulterna SINTAB/BERGABs rapport, bilaga 2.

Resultat från planerade försök från störda zonen krävs innan detaljundersökningar kan påbörjas tidigast 1997 inom ramen för Djupförvarsprojektet. Detta innebär att tidsmarginalen från starten för driftsskedet 1995 fram till 1997 blir knapp om SKB vill kunna dra lärdom av uppnådda resultat i det fortsatta detaljarbetet med djupförvaret.

8.6.9 Modellering av grundvattenströmning och radionuklidmigration

Numerisk modellering av bl a grundvattenströmning har varit en integrerad del av Äspölaboratoriets verksamhet från första början. De processer som hittills modellerats inom Äspöprojektet är framför allt grundvattenflöde och i viss mån transport av lösta icke-sorberande ämnen. Transport av sorberande spårämnen (radionuklidmigration) och rörelse hos kemiska fronter ligger enligt SKB närmast i tiden för numerisk modellering inom Äspöprojektets ram.

Modelleringen ansluter till Äspölaboratoriets etappmål att utveckla och i stor skala på förvarsdjup pröva metoder och modeller för bestämning av grundvattenströmning och radionuklidmigration. Försöken innefattar det kombinerade pump- och spårämnesförsöket LPT2, försök i detalj-, block-, och anläggningsskala, försök i regionala spricksystem, redoxreaktioner samt modellering av den störda zonen runt tunneln.

SKI vill göra SKB uppmärksam på att modelleringsverksamhet knappast kan betraktas som någon enskild aktivitet vid sidan av mätningar och övrigt kunskapsinhämtande. Modellering är ett instrument för kunskapsinhämtning. Mycket få av bergets parametrar går att "mäta direkt". Alla mätningar och mätresultat är därför resultatet av olika typer av modellpassningar. Det bör särskilt noteras att modellering även kan användas för experimentplanering. Utveckling av numeriska beräkningskoder kan emellertid knappast

utgöra en naturlig del av Äspöprojektet. Det torde snarare sortera under stödjande FoU-verksamhet.

I analys av LPT2 och övriga planerade försök är det viktigt att pröva olika konceptuella modeller medan prövning av olika modelleringsmetoder (olika koder) måste vara av underordnat intresse. De föreslagna riktlinjerna för modelleringsprogrammet av den störda zonen bör även innefatta bergmekaniska beräkningar/studier.

8.7 BYGG- OCH HANTERINGSMETODER

8.7.1 Bakgrund

Viktiga komponenter i ett slutförvar är enligt SKB t ex tätningspluggar för schakt, borrhål eller tunnlar, injekteringskärmor för att avleda rörligt grundvatten och tunnelfyllning. Alla dessa delar måste ha en viss minimikvalitet för att förvaret i dess helhet skall kunna fylla säkerhetskraven. Inför ansökan om byggnadstillstånd är det därför angeläget att visa att man kan upprätthålla denna minimikvalitet. Innan förvaret byggs ut bör SKB kunna demonstrera olika metoder för att göra tunnlar och deponeringshål, t ex sprängning eller fullborrning.

8.7.2 Möjliga utvecklingsarbeten

SKB redovisar sex delaktiviteter: metodik för val av läge för förvarstunnlar och kapselpositioner, injektering och tätning av vattenförande zoner, prov av maskinutrustning, prov av deponering, prov av återfyllning med bentonit/sandblandningar samt prov av pluggning av orter.

Under rubriken metodik för val av läge för förvarstunnlar och kapselpositioner föreslår SKB att den "design-as-you-go" filosofi som prövas under anläggningsskedet vidareutvecklas och tillämpas inom ett "förvarsområde", där vissa komponenter i förvaret (buffert-berg) senare kan demonstreras. SKB avser att anpassa deponeringstunnlar och kapselhål till bergets egenskaper. Under rubriken injektering och tätning av vattenförande zoner framför SKB att endast i fråga om passage av vattenförande sprickzoner med högt vattentryck finns det behov av ytterligare prov och demonstrationer.

Stockholms universitet noterar att SKB planerar en kraftfull utveckling vad gäller teknik för återfyllnad av borrhål, tunnlar och schakt. Man saknar dock en konkret beskrivning av planerade insatser när det gäller återfyllnad av schakt och eventuell ramp som förenar förvaret med biosfären. Det är känt att borrhål, sprängningar av tunnlar etc. skapar "störda zoner" med förändrad konduktivitet. Universitet menar vidare att det är speciellt viktigt att studera kontaktytan mellan återfyllnadsmaterialet i ett vertikalt borrhål eller i en ramp i det omgivande berget. Man ställer också frågor om hur olika former av återfyllnad och pluggar klarar glaciation- och deglaciationseffekter som tryck, termiska gradienter etc. och om permafrosten ur bergmekanisk synvinkel inte har en oväntad inverkan på en återfylld ramp eller borrhål som förenar förvaret med markytan. Med utgångspunkt från detta föreslås att experimentella studier bör göras i god tid för att säkerställa att inte någon form av artificiella "superkanaler" bildas som skulle kunna

äventyra bergets roll som barriär genom att öppna mycket snabba vägar för transport av radionuklider från förvaret upp till ytan.

Chalmers tekniska högskola ifrågasätter behovet av att avsätta så stora resurser för att demonstrera bergbyggnadsteknik eftersom det finns mycket erfarenhet att hämta genom att studera kommersiella bergbyggnadsprojekt.

SKI håller med SKB om vikten av att utveckla olika led i den praktiska hanteringen för deponering av kapsel och återfyllning. Andra viktiga frågor gällande metodik för utbyggnad som behöver besvaras innan detaljundersökningar påbörjas inom Djupförvarsprojektet (1997) är tunneldrivningsmetoder, tunnelformer och injekteringsteknik. Förekomst av vattenförande "områden", svaghetszoner och anomala bergspänningar är andra viktiga frågor som kräver svar innan en detaljerad undersökning inom Djupförvarsprojektet kan genomföras. Det är inte givet att vattenförande områden enbart är relaterade till identifierbara sprickor. Som exempel kan nämnas de ställvis vattenförande finkorniga graniterna (aplit) på Äspö (Palmqvist m.fl., 1992) som inte på ett enkelt sätt kan korreleras med sprickor och svaghetszoner.

SKI menar också att SKB kunde ha satsat mer resurser på erfarenhetsåterföring från kommersiella bergbyggnadsprojekt. Samtidigt måste man vara medveten om att kraven på bergförstärkning och injektering i Äspölaboratoriet inte direkt kan jämföras med konventionella tunnel- och bergrumsprojekt för t.ex. gaslagring. I Äspötunneln har SKB satt upp målet att injekteringsmedel inte skall tillåtas att sprida sig längre ut från tunnelprofilen än 10 m för att inte förändra och påverka vattenkemin och de tester som är nödvändiga att utföra. Dessutom är konventionella tunnlar och bergrum för lagring relativt ytligt belägna, vilket innebär ett lägre hydrauliskt tryck i jämförelse med Äspötunneln. Betydande resurser behöver satsas för att utveckla teknik för injektering för passage av vattenförande zoner under höga hydrauliska tryck.

SKI håller inte med SKB om att frågor kring injektering och förstärkning i stort är lösta och att endast vissa insatser på zoner med högt flöde och tryck kvarstår. Metoder för injektering och tätning är relativt väl utvecklade för tillämpning i ytnära berg men har inte testats med beaktande av vilken påverkan som är acceptabel för den långsiktiga säkerheten, inte minst ur kemisk synvinkel, och dessutom skall beaktas vilka krav som bör och skall ställas på återtagbarhet.

SKIs geokonsult SINTAB/BERGAB menar att med tanke på att arbetet med djupförvaret nu är tidigarelagt kommer metodik för val av läge för förvarstunnlar och kapselpositioner samt injektering och tätning av vattenförande zoner att behöva prioriteras. Här innefattas två omfattande och komplicerade försöksprogram med stora inslag av utveckling och verifikation. Det är också troligt att helt nya metoder behöver tas fram för att uppnå de speciella krav som kommer att ställas. Det gäller dels kraven på lägesvalet som en del av de kriterier för godkända kapsellägen som kommer att definieras och dels tätning- och förstärkningsåtgärder i relation till återtagbarhet. SKI instämmer och menar att det är angeläget att SKB inte underskattar svårigheterna.

Innan någon demonstration av bygg- och hanteringsmetoder genomförs bör SKB göra en ingående utredning vad alternativen sprängning gentemot fullortsborrning för tunnlar och kapsellägen medför för konsekvenser för planerade utvecklingsarbeten. Resultatet

av utredningen bör sedan bli vägledande för om föreslagna delaktiviteter måste genomföras för såväl sprängning som fullbörningsdesignen. Vad beträffar prov av återfyllning med bentonit-sandblandningar är det uppenbart att betydande metodutveckling och ny utrustning behöver tas fram. Anledningen är de negativa erfarenheter som kom fram vid försöken i Stripa där avsevärda problem uppstod med kompaktering av bentonit-sandblandning i övre delen av tunnelprofilen. SKI saknar en beskrivning av på vilket sätt pluggning av orter skall genomföras och om SKB planerar att använda betong vid pluggningen av schakt, tunnlar, borrhål och som injekteringsskärmar i förvaret. För ytterligare synpunkter hänvisas till diskussionen om teknik för djupförvaring i kapitel 5.

8.8 TIDSPLAN FÖR DRIFTSSKEDET

De forsknings-, utvecklings- och demonstrationsinsatser som presenterats i de föregående kapitlen motsvarar enligt SKB behoven som de idag kan bedömas. De nu planerade experimentprogrammet sträcker sig över en femtonårsperiod. I den översiktliga tidsplanen för driftsskedet i Äspölaboratoriet har vissa överväganden och prioriteringar gjorts. Tidsplanen såsom den presenteras i fig 7-1 i rapporten sträcker sig från 1992 till 1998 där försök i detalj respektive blockskala ligger tidigt i programmet.

SKI menar att vissa delar av driftsskedets forskning måste ha gett resultat innan detaljerade undersökningar på en tänkt djupförvarsplats kan påbörjas. Särskilt gäller detta försök avseende störda zonen där en grundläggande utvärdering behöver göras beträffande värdet av detaljundersökningar från tunnlar och vad sådana undersökningar verkligen kan ge. Planerade studier och resultat avseende injektering av berg bör ligga tidigt i programmet. Den av SKB föreslagna tidpunkten kring sekelskiftet för att påbörja av demonstration av bygg- och hanteringsmetoder kring sekelskiftet är alltför sen. Vissa delar måste påbörjas långt före år 2000.

8.9 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

SKBs syfte med att anlägga Äspölaboratoriet var 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 grundvattenströmning och radionuklidmigration*. Inför byggandet av djupförvaret vill man på aktuellt förvarsdjup och under representativa förhållanden *demonstrera bygg- och hanteringsmetoder samt pröva viktiga delar i förvarssystemet*.

SKI menar att de behov som finns inom djupförvarsprojektet rent allmänt motiverar verksamheterna vid Äspö. SKI har dock synpunkter på målens omfattning, genomförbarhet och tidsplan.

SKI menar att SKBs mål att fastställa metodik för förundersökningar och detaljundersökningar samt att ta fram och pröva modeller är angelägna. Projektet skulle dock vinna

på att förstärka kopplingen till en brett upplagd säkerhetsanalys för att klara ut vilken information som är viktig respektive mindre viktig.

SKI menar att SKBs etappmål, att pröva modeller för grundvattenströmning och radionuklidmigration, är alltför begränsat. Det finns andra frågor, främst sådana som gäller berggrundens mekaniska och kemiska stabilitet, som är lika viktiga, vilket SKB också framför i andra delar av FUD-programmet.

SKB bör analysera orsaken till skillnader och olikheter i redovisade alternativa regionala och lokala konceptuella modeller. För SKBs fortsatta arbeten är det viktigt att man försöker bekräfta riktigheten i sina modeller, eftersom erfarenheterna från arbetet med modellerna behöver användas i lokaliseringsprocessen.

Utvärdering av metoder och metodik från förundersökningsskedet under perioden 1986-1990 saknas fortfarande. Mätresultat och erfarenheter från de geologiska, geofysiska och hydrauliska mätmetoder som använts behöver ingående värderas, eftersom många metoder är indirekta mätmetoder och kräver en omfattande tolkning av mätta värden/data.

SKB behöver göra en genomgripande översyn av valideringsprocessen. Som SKI påpekat kan validering aldrig enbart vara en fråga om att jämföra modellutfall med mätta värden. En allsidig bedömning av om modellen korrekt beskriver de centrala frågeställningarna måste göras. En väsentlig fråga att besvara är därför om de fältförsök som analyseras vid validering verkligen innehåller information som är av betydelse för modellens prediktioner av t. ex. grundvattenförhållanden som är väsentliga för förvaringsfunktionerna.

SKI finner det angeläget att SKB med nu vunna erfarenheter av zonpassage ägnar resurser åt att förbättra den injekterings- och sprängteknik som krävs för att passera svaghetszoner på stora djup och därför genomför såväl injekterings- som sprängskadeförsök, innan driftsskedet inleds i Äspölaboratoriet.

En utredning motsvarande PASS-studien (och därefter praktisk tillämpning under driftsskedet) bör genomföras av SKB för att bedöma för- och nackdelar med alternativa byggtekniker d.v.s. konventionell sprängning gentemot fullortsborrning.

Mät- och experimentprogrammet under Äspölaboratoriets driftsskede planeras nu enligt en preliminär tidsplan för perioden 1993 - 1998 (test av modeller för grundvattenströmning och radionuklidmigration), men omfattar totalt en driftsperiod på ca 15 år. Det omfattande experimentprogrammet kommer att ge goda möjligheter att öka förståelsen för viktiga parametrar och processer i kristallint berg och att utveckla metodik för detaljundersökningar. SKB bör dock beakta att resultaten till stor del är platsspecifika och därför inte utan vidare kan överföras till andra platser. SKI menar att målsättningen för SKB bör vara att utveckla och utvärdera såväl försöksmetodik som instrument, vilka skall kunna användas vid detaljundersökningar av en kandidatplats.

SKI föreslår att erfarenheter och resultat från de experimentprogram som genomförts framförallt i URL, Grimsel och Stripa (berglaboratorier i Kanada, Schweiz respektive Sverige) sammanställs i en "state of the art/lessons learned" rapport innan en mer

omfattande experimentplanering påbörjas i Äspölaboratoriet. SKI rekommenderar att varje experiment planeras noggrant och presenteras i separata rapporter där prediktioner av föreslagna experiment skall redovisas för att utröna om uppställda målsättningar har uppnåtts.

Experiment omfattande reflexionsseismik och "vertical seismic profiling", VSP, bör inkluderas i programmet för driftsskedet eftersom lokalisering/detektering av förekommande flacka konduktiva strukturer är av största betydelse för den långsiktiga säkerheten i ett slutförvar. Viktigt är också att radarmätningstekniken utvecklas.

SKI stöder SKBs planer att utnyttja spår försök för att bestämma bergets transportegenskaper. Försöken måste dock utformas så att de verkligen ger intressant information om bergets transportegenskaper. En noggrann analys av hittills vunna erfarenheter från spår försök från t.ex. Grimsel samt ingående modellutvärderingar av egna förslag till spår försök rekommenderas.

I SKB 91 anses mekaniska förhållanden i berget vara av största vikt för långtids-säkerheten i ett slutförvar. Trots detta saknas ett platsspecifikt bergmekaniskt program (innefattande de viktiga lokaliseringsfaktorerna prognostiserbarhet och byggbarhet av ett förvar) med genomtänkta planer för tester/mätningar t.ex. bergspänningar och rörelser längs zoner orsakad av spänningsomlagring. SKB bör på ett mycket tydligare sätt integrera bergmekaniska frågeställningar i FoU-programmet med en mer direkt tillämpning inom Äspölaboratoriet.

Den störning som sker på det omgivande berget vid håltagning (schakt, tunnel) innebär en förändring av bergets hydrauliska och kemiska egenskaper. Detta kan innebära kraftigt förhöjda permeabiliteter och ändrade redoxförhållanden, och således utgöra en potentiell vattenledare och snabb transportväg för radionuklider från ett förvar och därmed påverka den långsiktiga säkerheten. Det krävs kunskap om hur dessa fenomen påverkar den långsiktiga säkerheten, innan SKB lämnar in NRL-ansökan om att börja detaljundersökning på en kandidatplats.

Med förvärvade kunskaper under anläggningsskedet föreslås SKB fortsätta med injektionsförsök på förvarsnivå och pröva alternativa tunneldrivningsmetoder eftersom bl. a. förvarsutformningen, som är direkt kopplad till systemvalet, skall ingå i en NRL-ansökan om att påbörja detaljundersökningar på en kandidatplats.

SKI anser att det är viktigt att den omfattande rapporteringen från Äspö återkommande samlas i integrerade sammanställningar av typ Technical Reports i större omfattning än hittills i stället för i Progress Reports, och att resultaten utsätts för internationell granskning genom publicering i vetenskaplig litteratur.

SKB uppmanas att tillsätta en internationell utvärderingsgrupp för att ta fram erfarenheter från första etappen. Dessutom bör SKB anordna särskilda seminarier med deltagare från myndigheter och utomstående experter.

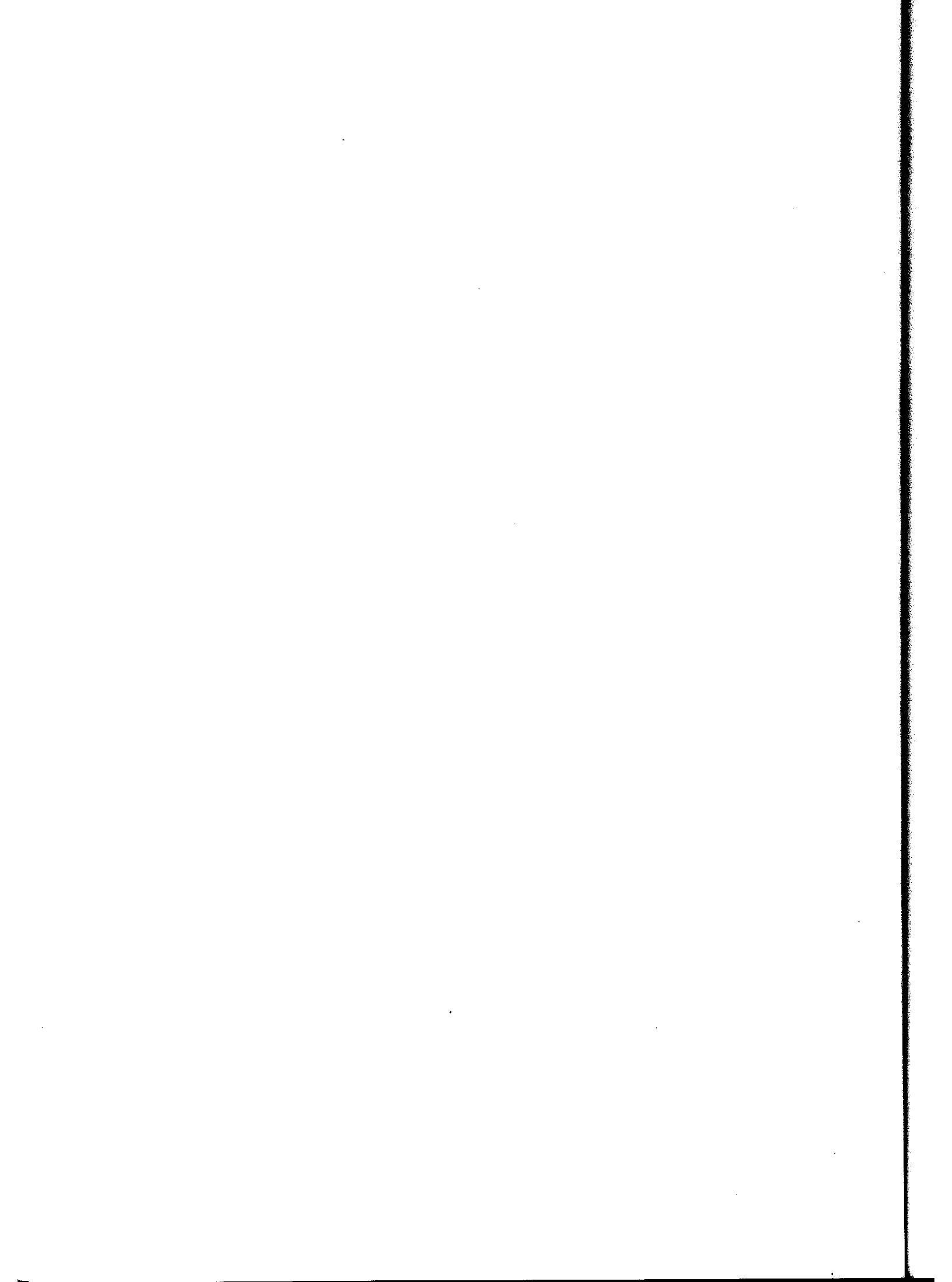
SKI menar att forskningsprogrammet för Äspölaboratoriet behöver revideras i relation dels till prioriterade behov inför SKBs förestående arbete med lokalisering av djupförvaret, dels till SKBs övriga FoU-verksamhet. Integreringen mellan Äspöprojektet och

framför allt arbetet med säkerhetsanalyser liksom arbetet med djupförvaret behöver ses över för att nå samstämmighet i uppställda mål.

Det verkar uppenbart att tidsschemat är alltför snävt tilltaget med hänsyn till den nödvändiga kopplingen mellan Äspölaboratoriets driftsskede och Djupförvarsprojektet, eftersom endast begränsad erfarenhetsåterföring från Äspö kommer att finnas tillgänglig vid den tidpunkt då, enligt SKBs planer, en NRL-ansökan att påbörja detaljundersökning på en kandidatplats skall lämnas in.

SKI kan konstatera att ambitionsnivån är hög vad beträffar planerade insatser under driftsskedet. Här krävs dock en omfattande analys av möjligheten att utföra alla försök enligt tidsplanen. Vissa delar av driftsskedets forskning måste ha gett resultat innan detaljerade undersökningar på tänkt djupförvarsplats kan påbörjas. Det gäller särskilt försök avseende störda zonen, där en grundläggande utvärdering behöver göras beträffande värdet av detaljundersökningar från tunnlar och vad dessa verkligen kan ge.

En prioritering av olika insatser utöver den redovisade behöver göras. Vissa försök måste troligen senareläggas eller utgå. Tidsplanen i sig får inte bli alltför styrande. Det viktiga är att meningsfulla resultat uppnås. Många försök är platsspecifika och behöver också utföras på slutförvarsplatsen men det är viktigt att SKB tar vara på erfarenheter från försöken utförda på Äspö.



9 ÖVRIGT AVFALL

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, *SFR-3*
- Slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, *SFL-3*
- Slutförvar för rivningsavfall från CLAB och inkapslingsstation, *SFL-4*
- Slutförvar för hårdkomponenter, *SFL-5*

(Djupförvaret för använt bränsle betecknas SFL-2. Beteckningen SFL-1 avsåg ursprungligen förvaret för förglasat högaktivt avfall, som inte längre är aktuellt i det svenska programmet. SFR-2 avsåg ett tidigare planerat, men heller ej längre aktuellt, slutförvar för hårdkomponenter i anslutning till SFR-1 och SFR-3.)

SKB framhåller (FoU 2.3.1) att en systematisk granskning av olika avfallsformer och hur de ska fördelas mellan olika förvar kommer att genomföras under kommande treårsperiod. SKI ser positivt på denna insats och anser det som mycket angeläget att en sådan granskning kommer tillstånd i god tid så att framtida felprioriteringar undviks. Som det nu är inriktas SKBs forskningsinsatser främst mot slutförvaret för använt bränsle, vilket givetvis är helt riktigt. Det finns dock en risk att andra slutförvar "glöms bort" och inte studeras i tillräcklig omfattning.

Detta kapitel behandlar närmast de frågor som tas upp i FUD kapitel 14.2, 14.3 och 15 samt FoU kapitel 12.

9.2 DRIFTAVFALL - SFR-1

De planerade insatserna beträffande SFR-1 redovisas huvudsakligen i FUD 14.3.

SKB erinrar till att börja med om att drifttillstånd erhållits för anläggningen och att vissa restriktioner angående dess användning upphävts av myndigheterna i maj 1992. SKB nämner också att förnyad säkerhetsanalys skall genomföras vart tionde år under driftskedet liksom inför det kommande beslutet om att tillsluta förvaret.

Syftet med kontrollprogrammet för SFR-1 anges vara att inför kommande säkerhetsanalyser inhämta så mycket information som möjligt om vissa processer som kan iakttas under driftskedet, t.ex. grundvattnets flöde och kemiska sammansättning, bergdeformationer och vattenupptag i lerbufferten runt silon. SKI vill framhålla att denna information inte nödvändigtvis har någon avgörande betydelse för bedömning av förvarets säkerhet på lång sikt. Det är dock väsentligt att man fullföljer kontrollprogrammet och utvärderar resultaten.

SKB anger vidare att en ökad kunskap om långtidsegenskaperna för vissa material i avfallet och tillsatsmedel är önskvärd. Detta gäller särskilt cellulosa, vars nedbrytning i betongmiljö skulle kunna ge upphov till ämnen med stark förmåga att komplexbinda t.ex. plutonium. En separat studie av sådana fenomen planeras.

SKI vill erinra om att dessa planerade studier utgör ett villkor för den fortsatta driften av SFR-1. Detta krav är i sin tur en följd av SKIs uppföljande granskning av långtids-säkerheten för SFR-1.

En förhållandevis mycket liten del av programmet ägnas åt frågor direkt knutna till SFR-1. Detta ger ett intryck av att alla viktiga insatser vad gäller SFR-1 nu är avslutade och alla frågeställningar lösta. Det torde dock fortfarande finnas problemområden som för eller senare kommer att kräva en ytterligare belysning. Detta är ju på intet sätt unikt, men särskilt viktigt för säkerhetsrelaterad verksamhet: ny kunskap tillkommer hela tiden, oavsett om beslut om byggande eller drift av anläggningar är tagna eller ej. Vissa delar av sådan ny kunskap kommer att medföra behov av nya studier och omprövning av förutsättningarna för tidigare säkerhetsanalyser. SKB måste därför planera för en mer aktiv uppföljning av utvecklingen inom vetenskap och teknik utanför den egna sfären, även för tiden efter att ett slutförvar tagits i drift. Visserligen kommer myndighetskrav att ställas på förnyade säkerhetsanalyser (inklusive utveckling av scenarier), men det är viktigt att få kontinuitet i arbetet. *Detta gäller f.ö. inte bara SFR-1 utan i lika hög grad alla planerade slutförvar.*

När det gäller SFR-1 kan SKI i stort instämma med SKB i att vissa av insatserna som görs med tanke på andra slutförvar, särskilt SFL-3, också är tillämpliga på SFR-1. Särdragen i SFR-1s belägenhet, konstruktion och barriärfunktioner måste dock beaktas.

Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk och Östhammars kommun jämför de nuvarande planerna för SFL-3 med hur SFR-1 tillkommit och saknar en utredning om varför inte ett förvar i demonstrationsskala föregått SFR-1. Nämnden och kommunen anser det dessutom mycket viktig att för allmänheten och miljörörelsen i detalj redovisa hur dosen för SFR-1 uträknats, eftersom all debatt om förvarets omgivningskonsekvenser utgår från dosförutsägelseerna.

9.3 LÅNGLIVAT LÅG- OCH MEDELAKTIVT AVFALL

Enligt SKBs plan är SFL-3-5 avsedda att samförläggas med SFL-2. Avståndet från SFL-2 avses dock bli ganska stort, i storleksordningen någon kilometer.

SKB framhåller att de kemiska egenskaperna hos det avfall som man avser att deponera i SFL-3 och SFL-5 inte nämnvärt avviker från vad som förekommer i SFR-1. Emeller-

tid kommer det betydligt större innehållet av långlivade radionuklider att ställa högre krav på den långsiktiga säkerheten. Enligt planen kommer projektering och byggande inte att påbörjas förrän tidigast några år in på 2000-talet. SKB betonar att de länder som låter upparbeta sitt bränsle erhåller betydligt större mängder långlivat låg- och medelaktivt avfall än vad som genereras i Sverige och att det därför är lämpligt att dra lärdom från dessa länder.

SKI gör bedömningen att även om byggandet av dessa förvarsdelar inte är inplanerade förrän under den andra etappen av djupförvaret, så finns det ett flertal områden som redan nu bör studeras. Ett exempel är betongens långsiktiga kemiska och fysikaliska egenskaper, där långtidsförsök kan tänkas bli nödvändiga. Gasutveckling, bildning av organiska komplex och kolloider är andra viktiga områden som bör belysas bättre. Sådana frågor bör ha fått en tillfredsställande belysning innan beslut tas om lokalisering. Att i allt för hög grad förlita sig till utländskt kunnande är sannolikt ej tillfyllest - särskilt med tanke på den trots allt begränsade tid som står till förfogande.

Vid Studsvik pågår idag behandling (konditionering) av denna typ av avfall och SKB skriver i huvudprogrammet (FUD 3.3.2) att detta avfall packas om till olika typer av behållare *lämpade för slutförvaring*. Enligt SKIs uppfattning är detta inte helt korrekt. Den enligt SKI nödvändiga konditioneringen av avfall vid Studsvik AB utförs huvudsakligen av två skäl:

- nuvarande avfallsform är inte lämplig för mellanlagring fram till dess att ett slutförvar färdigställts
- dokumentation angående radionuklidinnehåll och kemisk sammansättning är bristfällig eller saknas helt i många fall.

Det sistnämnda av dessa skäl innebär att konditioneringen brådskar, eftersom arbetet väsentligt underlättas om den personal som från början hanterade avfallet finns tillgänglig för hjälp med identifikation av innehållet.

Ett av kraven myndigheterna ställt på det behandlade avfallet är att det skall vara möjligt att inför slutförvaring på ett enkelt sätt omkonditionera avfallet (exempelvis genom att använda kokiller med bultat lock istället för gjutet lock). Detta innebär att slutlig ställning inte har tagits till om dessa avfallstyper är lämpliga för slutförvaring eller ej. Dessutom är det inte uteslutet att fortsatt konditionering av befintliga kollin, t.ex. genom lockgjutning, kan komma att bedömas bli nödvändig.

Statens naturvårdsverk anser att hantering och slutförvaring av annat långlivat avfall än använt kärnbränsle kan ge helt andra problem på grund av större volymer och heterogenitet. Verket anser att särskilda resurser bör avsättas främst för bedömning av interaktiva effekter av olika ingående komponenter, långtidsstabilitet och behandlingsmetoder. Verket påpekar också att avfall från sjukvård, industri och forskningsverksamhet i Studsvik har en heterogen sammansättning med delvis okända effekter såväl vad gäller materialets inneboende egenskaper och långsiktiga stabilitet i slutförvaret som påverkan på omgivningen.

Statens strålskyddsinstitut (SSI) menar att SKB bör redovisa ett alternativ för omhändertagande i Sverige av det långlivade avfall som förvaras i Studsvik. Ett omhändertagande i USA planeras för en del bränsle, men det finns idag inga garantier angående slutförvaring. SSI anser det vara väsentligt att detta utreds före eller i samband med myndighetsprövning vad gäller detaljundersökningar för en viss plats enligt naturresurslagen. Övriga kategorier som radiumnålar m.m. kräver särskilda studier, och SSI anser generellt att miljökonsekvenserna av slutförvaren för hårdkomponenter, avfall från Studsviks verksamhet m.m. skall utredas bättre.

Kemikalieinspektionen konstaterar att det i låg- och medelaktivt avfall och radioaktivt avfall med kort halveringstid kan förekomma kemiska ämnen med hög giftighet. Inspektionen saknar i FUD-programmet en diskussion av andra risker än de som uppstår till följd av den joniserande strålningen och uttalar att programmet bör kompletteras på dessa punkter. SKI delar denna uppfattning.

9.4 RIVNING AV KÄRNTEKNISKA ANLÄGGNINGAR - RIVNINGSAVFALL

SKB konstaterar att huvuddelen av den utrustning som behövs för rivning av kärntechniska anläggningar redan existerar och används rutinmässigt vid underhåll och ombyggnadsarbeten. Metoder för rivning av reaktortanken, interna delar och betongskyddet närmast reaktorn har däremot inte praktiserats i Sverige. För att erhålla kunskap om dessa områden följer SKB ett antal rivningsprojekt i andra länder. SKB har god insyn i dessa projekt genom ett samarbetsprogram som organiserats i OECD/NEAs regi och där SKB sköter sekretariat och programkoordinering. De övergripande målen för SKBs insatser inom rivningsområdet är:

- att säkerställa att kunskap och teknik för rivning finns utvecklad i god tid innan detaljplaneringen av rivningsarbetet skall påbörjas
- att säkerställa att avfallet från rivning kan tas om hand, transporteras och slutförvaras
- att genom kostnadsberäkningar ge underlag för behovet av att fondera medel för rivningen.

SKBs främsta medel att uppnå dessa mål är:

- uppföljning av den internationella utvecklingen
- uppföljning av erfarenheter från underhålls- och ombyggnadsarbeten på kärnkraftverken
- vissa speciella studier och tester.

En studie av teknik och kostnader för att riva de svenska kärnkraftverken utfördes 1986 (SKB, 1986). En förnyad teknik- och kostnadsstudie pågår och förväntas bli avslutad under 1993. Den analys av olika kostnadsberäkningar som utförts inom ramarna för

OECD/NEAs samarbetsprogram för rivning av kärntekniska anläggningar, (OECD/NEA, 1991b), visar att de svenska beräkningarna ger förhållandevis låga totalkostnader.

SKB förklarar de internationellt sett låga uppskattade rivningskostnaderna (FUD 15.3.1) med att det i Sverige finns ett system som tillåter direktdeponering av stora komponenter utan behov av sönderdelning. Denna förklaring är inte hela sanningen då det bl.a i (OECD/NEA, 1991b, sid 57 tabell 11), anges att den totala rivningskostnaden räknat per kg okonditionerat avfall i Sverige inte är lägre än i övriga länder. Troligare är att den totala mängden rivningsavfall beräknas vara lägre i Sverige.

SKI anser att SKB närmare bör utreda den totala rivningskostnadens beroende av antagen friklassningsgräns, d.v.s den aktivitetsgräns under vilken materialet betraktas som inaktivt och således kan deponeras på en konventionell soptipp eller återanvändas.

SKI vill dessutom erinra om att myndigheterna *inte* tagit ställning till lämpligheten av direktdeponering av stora komponenter. Det kan exempelvis bli mycket svårt att med tillräcklig noggrannhet verifiera nuklidinnehållet.

9.5 SAMMANFATTANDE BEDÖMNING

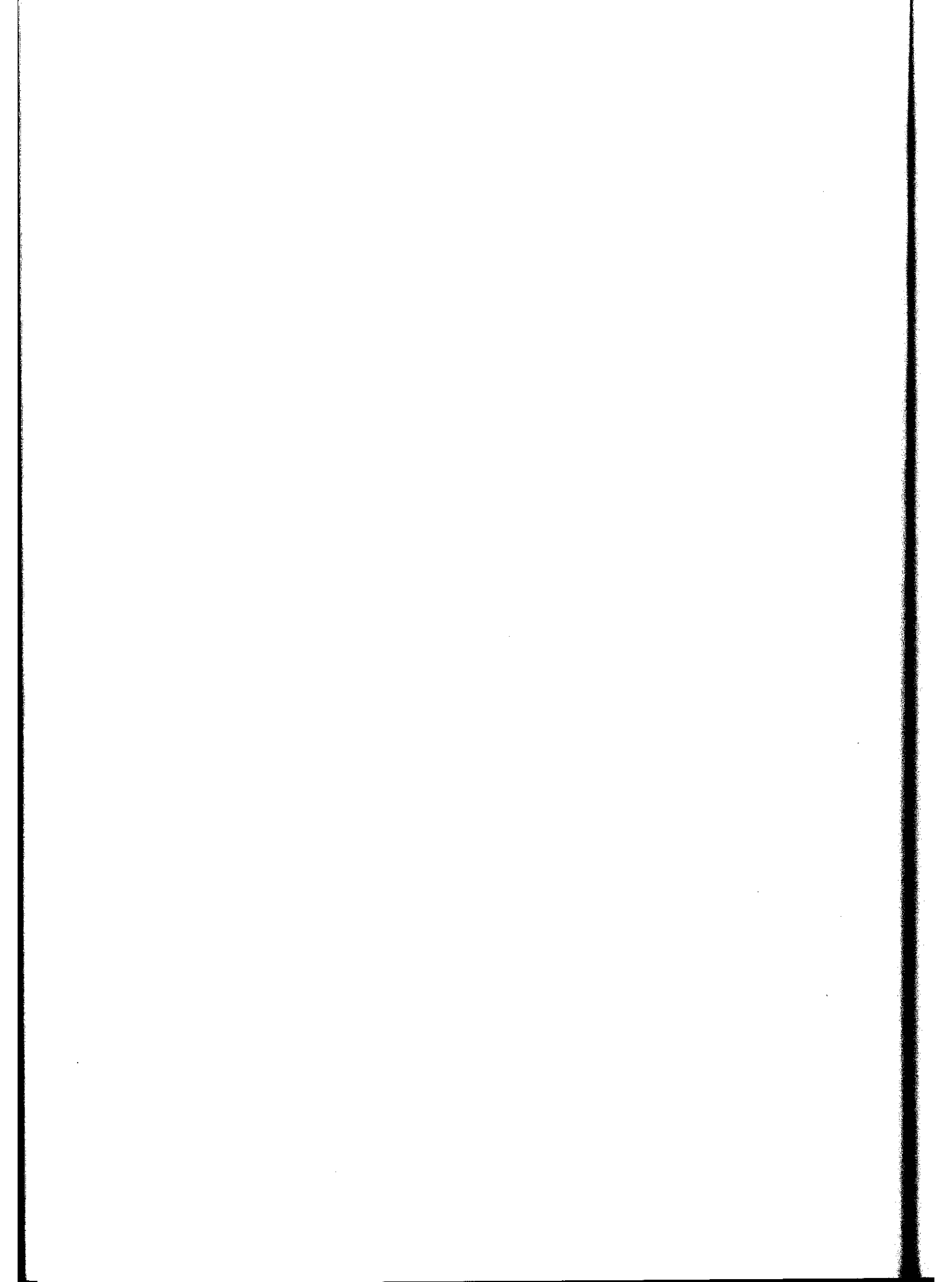
SKI anser att SKBs beskrivning av programmet för FoU avseende SFR-1 inte fått en behandling på samma nivå som övrig FoU. SKB måste planera för en bättre och kontinuerlig uppföljning av extern FoU efter det att anläggningar tagits i drift. Beredskap och resurser för egna studier, utredningar och säkerhetsanalyser måste bibehållas så länge anläggningarna är i drift. Detta gäller inte bara SFR-1 utan för alla slutförvar.

Planeringen av hantering och slutförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall, visst rivningsavfall och hårdkomponenter har inte kommit lika långt som för använt bränsle. Delar av detta avfall är mer komplext till sin sammansättning än det använda bränslet. Det kan därför inte uteslutas att det kan bli väl så svårt att visa säkerheten för motsvarande slutförvar. Det kan ifrågasättas om man med de insatser som planeras kommer att ha tillräckligt underlag framme när beslut skall fattas om lokalisering av dessa förvar, särskilt om detta är tänkt att ske samtidigt som för SFL-2.

SKI har inga större anmärkningar mot SKBs program för rivning av kärntekniska anläggningar. Inverkan av friklassningsgränser och deponeringsmetoder för stora komponenter kan dock behöva utredas bättre.

FÖRKORTNINGAR

SKI	-	Statens kärnkraftinspektion
SKN	-	Statens kärnbränslenämnd
SSI	-	Statens strålskyddsinstitut
KASAM	-	Statens Råd för Kärnavfallsfrågor
SKB	-	Svensk kärnbränslehantering AB
PASS	-	Projekt AlternativStudier Slutförvar
MKB	-	Miljökonsekvensbeskrivning
KTL	-	Kärntekniklagen
NRL	-	Naturresurslagen
SSL	-	Strålskyddslagen



REFERENSER

Ageskog, L., och Högbom, T., Cost Comparison of Repository Systems, SKB TR 92-44, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Ahlbom K., Andersson, J-E., Nordqvist, R., Ljunggren, C., Tirén, S., och Voss, C., Gideå study site. Scope of activities and main results, SKB TR 91-51, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991a.

Ahlbom K., Andersson, J-E., Nordqvist, R., Ljunggren, C., Tirén, S., och Voss, C., Fjällveden study site. Scope of activities and main results, SKB TR 91-52, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991b.

Amcoff, Ö., Stability of metallic copper in the near surface environment, SKN Report 57, Statens kärnbränslenämnd, Stockholm, 1992.

Andersson, J., Andersson, K., och Wene C-O., The Swedish Dialogue Project. An Attempt to Explore How Different Actors May Take Part in the Decision Process Related to Disposal of Radioactive Waste, International High-Level Radioactive Waste Management Conference, Las Vegas, Nevada, American Nuclear Society & American Society of Civil Engineers, April 26-30 1993 (under tryckning).

Andersson, K., SKIs utvärdering av SKBs FUD-PROGRAM 92, Sammanställning av remissvar, SKI TR 93:15, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

Apted, M., Review of the SKB RD & D Programme 92, SKI TR 93:11, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

Birgersson, L., Skagius, K., Wiborgh, M., och Widén, H., Analysis of Performance and Long-term Safety of Repository Concepts, SKB TR 92-43, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Bäckblom, G., Gustafson, G., Stanfors, R., och Wikberg, P., A synopsis of predictions before the construction of the Äspö Hard Rock Laboratory and the process of their validation, SKB PR 25-90-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1990.

Chapman, N., Apted, M., Hodgkinson, D., och Robinson, P., A Review of SKB 91 and the SKB RD & D Programme 92, SKI TR 93:7, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

Christiansson, R., och Hamberger, U., Blasting damage investigation in access ramp, section 0/526 - 0/565 m no 1. Tunnel Excavation and Geological Documentation, SKB PR 25-91-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Conca, J.L., Apted, M., och Arthur, R., Aqueous Diffusion in Repository and Backfill Environments, Scientific Basis for Nuclear Waste Management XVI, ed. C. Interrante, Materials Research Society, Pittsburgh, PA, 1993 (under tryckning).

Doe, T.W., och Geier, J.E., Interpretation of fracture system geometry using well test data, Stripa Project Technical Report, TR 91-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1990.

Ekbom, L., och Bogegård, S., Copper produced from powder by HIP to encapsulate nuclear fuel elements, SKB TR 89-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1989.

FEARO, Final guidelines for the preparation of an environmental impact statement on the nuclear fuel waste management and disposal concept, issued by the Federal Environmental Assessment Review Panel, Kanada, Mars 1992.

Follin, S., Hydraulic analysis of flow in heterogeneous formations, Part 1: Continuous hydraulic conductivity field, SKB AR 91-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Follin, S., Hydraulic analysis of flow in heterogeneous formations, Part 2: Discontinuous hydraulic conductivity field, SKB AR 91-04, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Follin, S., Numerical simulation of double-packer tests in heterogeneous media, ISRN LUTVDG/TVTIG--3035--SE, Lunds universitet, Lund, 1992.

Gustafson, G., Liedholm, M., Rhén, I., Stanfors, R., och Wikberg, P., Äspö Hard Rock Laboratory. Predictions prior to excavation and the process of their validation, SKB TR 91-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Hardin, E., Survey of In Situ Testing at Underground Laboratories with Application to Geologic Disposal of Spent Fuel Waste in Crystalline Rock, SKN Report 59, Statens kärnbränslenämnd, Stockholm, 1992.

Hermansson, H-P., Lagerblad, B., och Maijgren, B., Granskning av SKBs FUD-program 92 - kemi- och materialfrågor, SKI TR 93:12, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

Hultgren, Å., Granskning av valet av bränslekapsel i SKBs FUD-program 92, SKI TR 93:3, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

INTRAVAL, Phase 1, Summary Report, OECD/NEA, Statens kärnkraftinspektion, 1993 (under tryckning).

Juhlin, C., och Sandstedt, H., Storage of nuclear waste in very deep boreholes: Feasibility study and assessment of economic potential, SKB TR 89-39, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1989.

Kornfält, K-A., Wikman, H., Nordlund, E., och Chunlin, L., Blasting damage investigation in access ramp, section 0/526 - 0/565 m no 4. Optical examination of microcracks in thin sections of core samples and acoustic emission of core samples, SKB PR 25-91-15, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Lagerblad, B., Kemi och genes av djupa grundvatten i kristallint berg, SKI TR 93:8, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993a (under tryckning).

Lagerblad, B., Bentonitlerors stabilitet, SKI TR 93:9, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993b (under tryckning).

Liedholm, M., Regional Well data Data Analysis, SKB PR 25-87-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1987.

Milnes, A.G., och Gee, D., Bedrock stability in southeastern Sweden. Evidence from fracturing in the Ordovician limestones of northern Öland, SKB TR 92-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Moreno, L., Tsang, C. F., Tsang, Y., och Neretnieks, I., Some anomalous features of flow and transport arising from fracture aperture variability, *Water Resources Research*, 26(10), 2377-2391, 1990.

Nilsson, F., (compiled by), Mechanical integrity of canisters, SKB TR 92-45, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Nilsson, L., Hydraulic tests at Äspö and Laxemar -- Evaluation, SKB PR 25-89-20, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1990.

Nilsson, L., Blasting damage investigation in access ramp, section 0/526 - 0/565 m no 5. Hydraulic tests, SKB PR 25-91-16, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Nordiskt kriteriedokument, Disposal of High Level Radioactive Waste, Consideration of Some Basic Criteria, A Consultative Document, The Radiation Protection and Nuclear Safety Authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 1989.

OECD/NEA, Disposal of Radioactive Waste: Can Long-term Safety Be Evaluated ? An International Collective Opinion, OECD/NEA, Paris, 1991a.

OECD/NEA, Decommissioning of Nuclear Facilities, An Analysis of the Variability of Decommissioning Cost Estimates, OECD/NEA, Paris, 1991b.

Olsson, L., och Sandstedt, H., Comparison of Technology of KBS-3, MLH, VLH, and VDH Concepts by using an Expert Group, SKB TR 92-42, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Olsson, O., Blasting damage investigation in access ramp, section 0/526 - 0/565 m no 2. Geophysical Investigations in Boreholes, SKB PR 25-91-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Olsson, T., Judgement on the agreement between prediction and outcome in the access ramp. 0 - 0/700 meters, SKB PR 25-92-06, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Ouchterlony, F., Sjöberg, C., Johansson, S., och Nyberg, U., Blasting damage investigation in access ramp, section 0/526 - 0/565 m no 3. Damage Zone Assessment by Vibration Measurements, SKB PR 25-91-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Palmqvist, K., Synpunkter på SKB, PR 25-92-06 avseende "Judgement on the agreement between prediction and outcome in the access ramp, 0-700 metres", intern rapport SKI, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1992a.

Palmqvist, K., Synpunkter på SKB:s delprojekt avseende studier av sprängskador Tekn. Pm 25-91-002, PR 25-91-12, PR 25-91-13, PR 25-91-14, PR 25-91-15, PR 25-91-16, intern rapport SKN, Statens kärnbränslenämnd, Stockholm, 1992b.

Palmqvist, K., Hargelius, H., och Sundqvist, U., SKNs fortsatta granskning av förundersökningar och prognoser avseende Äspölaboratoriet, SKN Rapport 61, Statens kärnbränslenämnd, Stockholm, 1992.

Palmqvist, K., och Olsson, T., SKNs granskning av förundersökningarna inför byggandet av Äspölaboratoriet, SKN Rapport 42, Statens kärnbränslenämnd, Stockholm, 1991.

Pedersen, K., Potential effects of bacteria on radionuclide transport from a Swedish high level nuclear waste repository, SKB TR 90-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1990.

Pedersen, K., Ekendahl, S., och Arlinger, J., Microbes in crystalline bedrock. Assimilation of carbon dioxide and introduced organic compounds by bacterial populations in groundwater from deep crystalline bedrock at Laxemar and Stripa. SKB TR 91-56, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1991.

Projekt Alternativstudier för Slutförvar (PASS), Slutrapport, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992.

Pusch, R., och Börgesson, L., Performance Assessment of Bentonite Clay Barrier in Three Repository Concepts: VDH, KBS-3 and VLH, SKB TR 92-40, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Rajainmäki, H., Nieminen, M., och Laakso, L., Production methods and costs of oxygen free copper canisters for nuclear waste disposal, SKB TR 91-38, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Scherman, S., Sundqvist, U., Åhagen, H., och Palmqvist, K., Granskning av SKBs FUD-program 92 - Djupförvarsprojektet, Äspöprojektet och det geovetenskapliga FoU-programmet, SKI TR 93:5, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

Sjöblom, R., Corrosion aspects of copper in a crystalline bedrock environment - with regard to life prediction of a container in a nuclear waste repository, Application of Accelerated Corrosion Tests to Service Life Prediction of Materials, ASTM STP 1194,

Gustavo Cragolino and Narasi Sridhar, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1993.

SKB Technical Report: The Swedish Corrosion Institute and its reference group, Corrosion resistance of a copper canister for spent nuclear fuel, SKB TR 83-24, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1983.

SKB Technical Report: Technology and costs for decommissioning the Swedish nuclear power plants, SKB TR 86-18, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1986.

SKB 91, Slutlig förvaring av använt kärnbränsle. Bergrundens betydelse för säkerheten, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

SKI/HSK/SSI, Regulatory Guidance for Radioactive Waste Disposal - An Advisory Document, Statens kärnkraftinspektion /Swiss Nuclear Safety Inspectorate/Statens strålskyddsinstitut, SKI TR 90:15, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1990.

SKI Granskning av SKB 91, SKI TR 92:24, Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1992.

SKI, Granskning av SKBs FoU-Program 89, SKI TR 90:5, Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1990.

SKI Project-90, SKI TR 91:23, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1991.

SKN, FoU-Program 89, Kärnbränslenämndens utvärdering, Statens kärnbränslenämnd, Stockholm, 1990.

Smellie, J., och Laaksoharju, M., The Äspö Hard Rock Laboratory: Final evaluation of the hydrogeochemical pre-investigations in relation to existing geologic and hydraulic conditions, SKB TR 92-31, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Stanfors, R., Erlström, M., och Markström, M., Äspö Hard Rock Laboratory. Overview of the investigations 1986-1990, SKB TR 91-20, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Stanfors, R., Gustafsson, G., Munier, R., Olsson, P., Rhen, I., Stille, H., och Wikberg, P., Evaluation of geological predictions in the access ramp 0 - 0/700 meters, SKB PR 25-92-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1992.

Sundqvist, G., Kommentarer till SKBs FUD-program 92 - Lokalisering, SKI TR 93:4, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1993.

Voss, C., och 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.

Werme, L., Sellin, P., och Kjellbert, N., Copper Canisters for nuclear high level waste disposal, SKB TR 92-26, Svensk Kärnbränslehantering AB, 1992.

Wikberg, P., (ed), Gustafson, G., Rhén, I., och Stanfors, R., Äspö Hard Rock Laboratory. Evaluation and conceptual modelling based on the pre-investigations, SKB TR 91-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1991.

Winberg, A., Analysis of Spatial Variability of Hydraulic Conductivity Data in the SKB Database GEOTAB, SKI TR 89:12, Statens Kärnkraftinspektion, Stockholm, 1989.

Winograd, I.J., Coplen, T.B., Lanwehr, J.M., Riggs, A.C., Ludwig, K.R., Szabo, B.J., Kolesr, P.T., och Revesz, K.M., Continuous 500,000-year climate record from vein calcite in Devils Hole, Nevada, SCIENCE, Vol 258, October 1992.

REMISSINSTANSER

ABB Atom AB
 Arbetarskyddsstyrelsen
 Avfallskedjan
 Boverket
 Chalmers tekniska högskola
 Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen
 Forskningsrådsnämnden
 Föreningen mot Atomsopor på Torhamnslandet
 Försvarets forskningsanstalt
 Göteborgs universitet
 Högskolan i Luleå
 Ingenjörsvetenskapsakademien
 Kemikalieinspektionen
 Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)
 Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk
 Lokala säkerhetsnämnden vid Ringhals kärnkraftverk
 Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk
 Lokalavdelningen Folkkampanjen mot kärnkraft Oskarshamn
 Lunds universitet
 Länsstyrelsen i Uppsala län
 Naturskyddsföreningen i Bohuslän
 Naturvetenskapliga forskningsrådet
 Nyköpings kommun
 Oskarshamns kommun
 Otto Brotzen
 Rädda Voxnadalen
 Statens geotekniska institut
 Statens naturvårdsverk
 Statens provningsanstalt
 Statens strålskyddsinstitut (SSI)
 Stockholms universitet
 Studsvik
 Svenska Kommunförbundet
 Svenska Naturskyddsföreningen
 Sveriges Geologiska Undersökning
 Sveriges lantbruksuniversitet
 Uppsala universitet
 Varbergs kommun
 Östhammars kommun
 Överstyrelsen för civil beredskap

Dessutom har inkommit ett yttrande från Kärnkraftkommunernas
 samarbetsorgan KSO.

SKIS KONSULTER

Kjell Andersson
Karlanta-konsult, Täby
SKI TR 93:15
SKIS utvärdering av SKBS FUD-PROGRAM 92, Sammanställning av remissvar
Åke Hultgren
NFC Konsult, Nyköping
SKI TR 93:3
Granskning av valet av bränslekapsel i SKBS FUD-program 92

Intera
Mick Apted
Intera Information Technologies Ltd, Denver, USA
SKI TR 93:11
Review of the SKB RD & D Programme 92

Intera
Neil Chapman
Mick Apted
David Hodgkinson
Peter Robinson
Intera Information Technologies Ltd, Melton Mowbray, UK
SKI TR 93:7
A Review of SKB 91 and the SKB RD & D Programme 92

Hans-Peter Hermansson, Studsvik Material AB
Björn Lagerblad, Cement och Betonginstitutet
Barbro Majgren, Quality Project Management HB
SKI TR 93:12
Granskning av SKBS FUD-program 92 - kemi- och materialfrågor

SINTAB/BERGAB

Sören Scherman¹
Ulf Sundqvist¹
Harald Ahagen¹
Kai Palmqvist²
1 Svensk Ingenjörstjänst AB, Bromma
2 Berggeologiska Undersökningar AB, Göteborg
SKI TR 93:5
Granskning av SKBS FUD-program 92
- Djupförvarprojektet, Aspöprojektet och det geovetenskapliga FoU-programmet

Göran Sundqvist

Centrum för vetenskapsstudier, Göteborgs Universitet, Göteborg
SKI TR 93:4
Kommentarer till SKBS FUD-program 92 - Lokalisering

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION
Swedish Nuclear Power Inspectorate

POST/POSTAL ADDRESS SE-106 58 Stockholm

BESÖK/OFFICE Klarabergsviadukten 90

TELEFON/TELEPHONE +46 (0)8 698 84 00

TELEFAX +46 (0)8 661 90 86

E-POST/E-MAIL ski@ski.se

WEBBPLATS/WEB SITE www.ski.se