

SKI:s yttrande över SKB:s redovisning av FUD-program 2001

Statens kärnkraftinspektion

Mars 2002

Datum/Date
2002-03-27

Vår referens/Our reference
5.8-010862

Ert datum/Your date

Er referens/Your reference

Till regeringen
Miljödepartementet
103 33 Stockholm

Yttrande över Svensk Kärnbränslehantering AB:s program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall – FUD-program 2001

Mot bakgrund av SKI:s granskning och inhämtade remissyttranden föreslår SKI nedanstående ställningstaganden av regeringen till FUD-program 2001, vilket Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) lämnat in för granskning enligt 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen).

SKI:s förslag till ställningstaganden av regeringen

Baserat på SKI:s egen granskning och inkomna remissyttranden föreslår SKI att regeringen:

- konstaterar att SKB, och därmed reaktorinnehavarna, har fullgjort sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen, samt
- ställer som villkor att SKB omgående påbörjar arbetet med att ta fram strategidokument för genomförande av slutförvarsprogrammet med redovisning senast i FUD-program 2004.

SKI fäster vidare regeringens uppmärksamhet på följande observationer och bedömningar.

SKB:s tidplan

- SKB:s tidplaner för slutförvarsprogrammets genomförande ger mycket små marginaler för förseningar och oförutsedda händelser, t.ex. är en tvåårsperiod för granskning och prövning av ansökningar om att få uppföra inkapslingsanläggningen respektive bygga slutförvaret en underskattning.

- Tidsåtgången för utvecklingsarbetet med kapseln innebär troligen att det är för tidigt att 2005 lämna in ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen. Dessutom bör SKB säkerställa att tillräcklig tid avsätts för att fullt ut tillvarata erfarenheterna från de inledande platsundersökningarna vid planeringen av de kompletta platsundersökningarna.

Beslutsprocess

- En förutsättning för att ge SKB tillstånd att uppföra en inkapslingsanläggning är att det i tillståndsansökan även ingår en säkerhetsanalys för slutförvaring. Det bör även finnas ett krav på att ett slutförvar skall vara godkänt för drift innan SKB påbörjar inkapsling av använt kärnbränsle. Detta innebär att detaljundersökningar ska vara genomförda, och att SKB erhållit tillstånd att påbörja deponering i slutförvaret.
- SKB bör i kommande FUD-program tydligare redovisa, med angivande av tidpunkter, hur och var det långlivade låg- och medelaktiva kärnavfallet skall hanteras och mellanlagras innan slutlig deponering genomförs. Enligt SKB:s tidplan planeras genomförande ske först om ca. 30 år.

Säkerhetsanalys

- En internationell expertgranskning bör genomföras av den säkerhetsanalys som SKB planerar att publicera 2004.
- Redovisningstillfällen för kommande säkerhetsanalyser bör fastläggas inom ramen för det samråd som SKB, enligt regeringsbeslut 1996 och 2001, ska genomföra med SKI och SSI.
- SKB bör precisera innehållet i de preliminära säkerhetsbedömningarna och ange vilken återkoppling de ger till den kompletta platsundersökningsfasen.

Långtidsförsök och naturliga analogier

- SKB bör göra en översyn av de långtidsförsök som påbörjats vid Äspölaboratoriet och överväga om dessa behöver kompletteras eller utökas.
- SKB bör ge hög prioritet åt studier av naturliga analogier i det fortsatta arbetet.

Inkapsling

- SKB bör snarast ta fram en sammanhållen dokumentation av hittills erhållna resultat och erfarenheter från arbetet med metoder för oförstörande provning av kapslar. Det är risk för att SKB underskattar tidsåtgången för att ta fram och kvalificera metoder för oförstörande provning.

Alternativa metoder

- SKB bör fortsätta sitt program avseende olika alternativ för omhändertagande av kärnavfall med i huvudsak samma inriktning och omfattning som hittills.

Ärendet

SKI har genomfört granskningen av SKB:s FUD-program 2001 på samma sätt som för tidigare FUD-program. Programmet har sänts på remiss till ett sextiototal remissinstanser (myndigheter, universitet och högskolor samt miljöorganisationer m.fl.). Remissvar har inkommit från trettiosex av dessa.

Huvudpunkter i SKI:s överväganden och slutsatser

Reaktorinnehavarna har genom SKB uppfyllt sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen

SKI finner att SKB redovisat ett forsknings- och utvecklingsprogram som uppfyller de krav som ställs i 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet.

Övergripande synpunkter på SKB:s program

Programmet är till sitt innehåll ändamålsenligt för fortsatt vidareutveckling av en metod för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall i svenskt urberg. Forskningen bedöms vara av god kvalitet.

SKI bedömer att slutförvaring enligt KBS-3-metoden i djupa geologiska formationer fortfarande framstår som det mest ändamålsenliga sättet att slutligt omhänderta det använda kärnbränslet från det svenska kärnkraftprogrammet.

Strategidokument

Behovet av planeringsinstrument i form av strategidokument, som beskriver hur SKB ska uppnå målet för en säker slutförvaring av kärnavfallet, har vuxit sig starkare i och med att SKB:s program nu kommit in i ett intensivare skede. Det är inte tillräckligt att SKB:s planer redovisas endast i samband med FUD-programmen, i form av översiktliga beskrivningar av innehållet i olika redovisningar och kopplingar mellan olika aktiviteter. Redan inom något år behöver berörda myndigheter få klarlagt vilka granskningar som förväntas under de närmaste 10 åren och hur de beror av varandra.

SKI anser det synnerligen viktigt att SKB så snart som möjligt påbörjar arbetet med att ta fram strategidokument och redovisar detta allra senast i FUD-program 2004, men helst redan under 2003.

Inriktning av framtida FUD-program

SKI har förståelse för att SKB vill inrikta kommande FUD-program på det underlag som krävs för att kunna lämna in en ansökan år 2005 om tillstånd för lokalisering och uppförande av inkapslingsanläggningen år 2007 och en ansökan om tillstånd år 2007 att lokalisera och påbörja byggandet av slutförvaret år 2009. Fördjupningen får dock inte medföra att lagstiftningens krav på FUD-programmens allsidighet och fullständighet åsidosätts.

SKI anser det också önskvärt att SKB i nästa FUD-program redovisar sin syn på framtida kompetensförsörjning inom kärnavfallsområdet.

SKB:s tidplan

De två mest betydelsefulla tidpunkterna som SKB redovisar i FUD-program 2001 är inlämnandet av ansökan år 2005 att få påbörja uppförandet av en inkapslingsanläggning under år 2007 samt under år 2007 lämna in en ansökan att få påbörja byggandet av slutförvaret år 2009. SKI kan konstatera att tidplanen ger mycket små marginaler för förseningar och oförutsedda händelser med avseende på bl.a. följande aspekter:

- Tidsåtgången för utvecklingsarbetet med kapseln innebär troligen att det är för tidigt att år 2005 lämna in ansökan för att påbörja uppförandet av inkapslingsanläggningen år 2007.
- Det kommer rimligen att krävas mer än ett år mellan färdigställandet av säkerhetsanalysen baserad på generiska data 2004 och säkerhetsanalysen som bifogas ansökan 2005 om att få påbörja uppförandet av inkapslingsanläggningen 2007.
- En period av två år (2005-2007 respektive 2007-2009) för granskning och prövning av ansökningar om att få uppföra inkapslingsanläggningen respektive bygga slutförvaret är en underskattning.
- SKB bör säkerställa att erfarenheterna från arbetet med inledande platsundersökningar tas till vara fullt ut vid planering av kompletta platsundersökningar.

Beslutsprocess

SKI:s uppfattning är att en förutsättning för att få tillstånd att uppföra en inkapslingsanläggning är att det ingår en säkerhetsanalys även för slutförvaring i tillståndsansökan. SKI anser vidare att ett slutförvar bör vara godkänt av myndigheterna innan SKB påbörjar inkapsling av använt kärnbränsle. Detta innebär att detaljundersökningar ska vara genomförda och att SKB erhållit tillstånd att påbörja deponering i slutförvaret.

SKB har aviserat att man, efter att ansökan om att bygga slutförvaret för använt kärnbränsle lämnats in, ämnar återkomma med en säkerhetsanalys för annat långlivat avfall omkring år 2009. SKI bedömer med utgångspunkt från SKB:s plan att detta är rimligt. SKI rekommenderar dock SKB att redan nu påbörja den forskning som behöver genomföras.

SKI anser vidare att SKB bör tydliggöra, med angivande av tidpunkter, hur och var det långlivade låg- och medelaktiva kärnavfallet skall hanteras och mellanlagras innan slutlig deponering, enligt SKB:s förslag, genomförs om ca. 30 år.

Säkerhetsanalys

SKI anser att SKB ska låta genomföra en internationell expertgranskning av den säkerhetsanalys som SKB planerar att redovisa 2004. SKI ser inget behov av att SKB:s planerade säkerhetsredovisningar knyts till FUD-program 2004. Redovisningstillfällena bör istället fastläggas inom ramen för det samråd som SKB, enligt regeringsbeslut 1996 och 2001, ska genomföra med SKI och SSI.

SKI anser att SKB tydligare bör konkretisera målsättningar och avgränsningar med de preliminära säkerhetsbedömningar som SKB kommer att genomföra efter den inledande

fasen av platsundersökningar. Om dessa säkerhetsbedömningar inte ger tillräckligt underlag för att bedöma i vilken omfattning SKB beaktat återkopplingen mellan säkerhetsanalys och den kompletta platsundersökningsfasen, bör redovisningsformer för detta tas fram inom ramen för SKB:s och myndigheternas samråd om platsundersökningar samt system- och säkerhetsanalys.

Angående säkerhetsanalysen som skall ligga som grund för ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen (år 2005), anser SKI att det är av avgörande betydelse att SKB på ett övertygande sätt kan visa att säkerhetsanalysens antaganden gällande kapseldefekter har mycket goda förutsättningar att infrias.

Enligt SKI är en betydande del av de kvarstående frågorna kring säkerhetsanalys relaterade till kravet på kvalitetssäkring, vilket bör föranleda SKB att planera och tydliggöra sina målsättningar inom detta område.

Långtidsförsök i Äspölaboratoriet och naturliga analogier

SKI anser att Äspölaboratoriet är en betydelsefull resurs för SKB, både vad gäller forskning kring långsiktiga säkerhetsfunktioner och utveckling av slutförvarsteknik under realistiska betingelser.

SKB bör vara uppmärksam på att experimentella missöden och avvikelser kan innebära att förväntade resultat försenas åtskilliga år. SKI uppmanar SKB att göra en översyn av de långtidsförsök som påbörjats vid laboratoriet och överväga om dessa behöver kompletteras eller utökas.

SKB bör ge hög prioritet åt studier av naturliga analogier i det fortsatta arbetet. Dessutom bör SKB överväga om ytterligare insatser krävs för att bättre utnyttja den information som redan finns från avslutade projekt.

Inkapsling

SKI vill betona att en kritisk fråga för den tekniska genomförbarheten för KBS-3 är att det finns metoder för förslutning och kontroll av kapslar som är lämpliga vid serietillverkning. Detta innebär att ett tillräckligt stort antal fullstora kapslar skall ha tillverkats, förslutits och kontrollerats och kunnat visas uppfylla de krav som förutsätts i analysen av den långsiktiga säkerheten.

Alternativa metoder

För omhändertagande av använt kärnbränsle finns det i stort sett endast två tänkbara strategier: slutförvaring i befintlig form (direktdeponering) samt upparbetning, eventuellt följt av separation och transmutation, och slutförvaring av det därvid uppkomna kärnavfallet.

Enligt SKI:s uppfattning har SKB:s program avseende separation och transmutation en lämplig inriktning på både grundläggande forskning och teknikutveckling. System- och säkerhetsanknuten forskning samt arbetet med koordination av olika projekt är särskilt värdefullt då de för rimliga kostnader ger förutsättningar för en god inblick i den internationella utvecklingen.

SKI anser det för tidigt att nu ange vilka alternativ som ska behandlas i den MKB som ska utarbetas enligt miljöbalken. Sådana alternativ bör tas fram i de kommande samråd som SKB ska genomföra enligt miljöbalkens krav.

Behovet och omfattning av en säkerhetsanalys för alternativet djupa borrhål, som SSI föreslagit i sitt remissyttrande till SKI, bör enligt SKI:s uppfattning diskuteras inom ramen för det samråd som regeringen beslutat om 1996 och 2001.

Sammanfattningsvis anser SKI att SKB bör fortsätta sitt program avseende olika alternativ för omhändertagande av kärnavfall med i huvudsak samma inriktning och omfattning som tidigare.

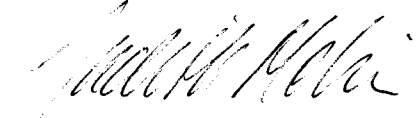
Övriga synpunkter riktade till SKB

I bifogade granskningsrapport lämnar SKI med stöd av egen granskning och remissyttrandet ett antal synpunkter i övrigt att beaktas av SKB.

Ärendets beredning

Beslut i detta ärende har fattats av SKI:s styrelse. I beslutet deltog, förutom undertecknad ordförande, ledamöterna Andersson Öhrn, Holm, Karlsson, Persson och Veiderpass, samt tjänstemännen Westerlind och Toverud, den senare föredragande.

STATENS KÄRNKRAFTINSPEKTION



Judith Melin



Öivind Toverud

Bilagor

Svensk Kärnbränslehantering AB

FUD-program 2001. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall. September 2001.

Statens kärnkraftinspektion

SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 2001. Gransknings-PM. (Yttrandet samt gransknings-PM publiceras även som SKI Rapport 02:9).

Sammanställning av remissvar över SKB:s FUD-program 2001. SKI-PM 02:02.

Remissinstanser

Yttranden från 36 remissinstanser.

Sändlista för kopior av yttrande

Arbetsmiljöverket¹
Boverket¹
Kemikalieinspektionen
Naturvårdsverket²
Riksantikvarieämbetet
Riksarkivet
Räddningsverket
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Statens energimyndighet
Statens geotekniska institut²
Statens strålskyddsinstitut²
Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll, SWEDAC¹
Styrelsen för psykologiskt försvar
Sveriges geologiska undersökning²
Särskilde rådgivaren inom kärnavfallsområdet
Totalförsvarets forskningsinstitut, FOI
Överstyrelsen för civil beredskap²

Vetenskapsrådet²
Ingenjörsvetenskapsakademien
Kungliga vetenskapsakademien

Chalmers tekniska högskola²
Kungliga tekniska högskolan²
Luleå tekniska universitet¹
Lunds tekniska högskola/Lunds universitet²

Göteborgs universitet²
Linköpings universitet
Stockholms universitet²
Sveriges lantbruksuniversitet²
Umeå universitet²
Uppsala universitet²

Hultsfreds kommun
Oskarhamns kommun²
Tierps kommun²
Älvkarleby kommun²
Östhammars kommun²
Svenska kommunförbundet

Länsstyrelsen i Kalmar län²
Länsstyrelsen i Uppsala län²

Kärnkraftskommunernas samarbetsorganisation, KSO
Lokala säkerhetsnämnden i Kävlinge kommun
Lokala säkerhetsnämnden vid Studsvik¹
Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk²
Lokala säkerhetsnämnden i Varbergs kommun

Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk²

Avfallskedjan²

Avfallskedjans förening²

Folkkampanjen mot kärnkraft-kärnvapen²

Folkkampanjen mot kärnkraft – Oskarshamn²

Greenpeace Sverige

Mehedeby-Orrskogsgruppen²

Miljöförbundet Jordens vänner²

Opinionsgruppen för säker slutförvaring, OSS - Östhammar

SOS – Tierp²

SOS – Älvkarleby²

Svenska Naturskyddsföreningen/Naturskyddsföreningen i Uppsala län²

Westinghouse Atom AB

Studsvik Holding AB

¹ Inkommit med yttrande men avstått att avge bedömning

² Inkommit med yttrande

För kännedom

Beredskapsstyrelsen, Danmark

Forsmarks Kraftgrupp AB

KASAM

OKG AB

Riksdagens upplysningstjänst

Statens strålevern, Norge

Statsrådsberedningen

STUK, Finland

Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB

Svenska IAEA-delegationen

Svenska OECD-delegationen

Sydkraft AB

Vattenfall AB

SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 2001

Gransknings-PM

Statens kärnkraftinspektion

Mars 2002

Innehåll

INNEHÅLL	1
SAMMANFATTNING	3
ÖVERGRIPANDE SYNPKUNKTER PÅ SKB:S PROGRAM	3
SÄKERHETSANALYS	5
FORSKNING KRING LÅNGSIKTIG SÄKERHET	6
BIOSFÄR	10
KLIMATUTVECKLING	10
NATURLIGA ANALOGIER	10
METODER FÖR PLATSUNDERSÖKNINGAR	11
SLUTFÖRVARET	11
TRANSPORTER, KÄRNÄMNESKONTROLL OCH FYSISKT SKYDD	11
INKAPSLING	12
ALTERNATIVA METODER	13
RIVNING	13
ANNAT LÅNGLIVAT AVFALL	14
1 INLEDNING	15
1.1 ALLMÄNT OM PROGRAMMET	15
1.2 SKI:S BEREDNING AV ÄRENDET	15
2 ÖVERGRIPANDE SYNPKUNKTER PÅ SKB:S PROGRAM	17
2.1 INLEDNING	17
2.2 RAPPORTSTRUKTUR OCH INNEHÅLL	17
2.3 INRIKTNING AV FRAMTIDA FUD-PROGRAM	19
2.4 SKB:S TIDPLAN	20
2.5 BESLUTSPROCESS OCH PLATSUNDERSÖKNINGAR	21
2.6 SYSTEMANALYS	24
2.7 STRATEGIDOKUMENT	26
3 SÄKERHETSANALYS	29
3.1 SKB:S UTVECKLINGSPROGRAM FÖR SÄKERHETSANALYS	29
3.2 SÄKERHETSANALYSENS UTFORMNING	31
3.3 SKI:S SAMMANFATTANDE BEDÖMNING SÄKERHETSANALYS	35
4 FORSKNING KRING LÅNGSIKTIG SÄKERHET	37
4.1 INLEDNING	37
4.2 ANVÄNT BRÄNSLE OCH RADIONUKLIDKEMI	38
4.3 KAPSEL	41
4.3.1 <i>Initialtillstånd</i>	41
4.3.2 <i>Deformation av gjutjärnsinsats</i>	42
4.3.3 <i>Deformation av kopparkapsel</i>	43
4.3.4 <i>Korrosion gjutjärnsinsats</i>	44
4.3.5 <i>Korrosion kopparkapsel</i>	45
4.3.6 <i>Skadad kapsels utveckling – Processer och integrerade studier</i>	47
4.3.7 <i>SKI:s sammanfattande bedömning kapsel</i>	48
4.4 BUFFERT	49
4.4.1 <i>Inledning</i>	49
4.4.2 <i>Val av buffertmaterial</i>	50
4.4.3 <i>Vattenhalt</i>	50
4.4.4 <i>Mekanisk växelverkan buffert-återfyllning</i>	51
4.4.5 <i>Värmetransport</i>	51
4.4.6 <i>Gastransport</i>	52
4.4.7 <i>Svällning och osmos</i>	52

4.4.8	Montmorillonitomvandling.....	53
4.4.9	Kolloidfrigörelse - erosion.....	53
4.4.10	Utveckling vid mättade förhållanden.....	54
4.4.11	Kolloidtransport genom bentonit.....	54
4.4.12	Vattentransport vid omättade förhållanden	55
4.4.13	Radionuklidtransport – Processer i bufferten	56
4.4.14	SKI:s sammanfattande bedömning buffert	57
4.5	ÅTERFYLLNAD	58
4.5.1	Val av återfyllnadsmaterial	58
4.5.2	Integrerade studier	59
4.5.3	Vattentransport.....	60
4.5.4	Integrerad modellering – Radionuklidtransport i närområdet.....	61
4.5.5	SKI:s sammanfattande bedömning återfyllnad.....	62
4.6	GEOSFÄR	62
4.6.1	Värmetransport	62
4.6.2	Grundvattenströmning – In- och utströmningsområden	63
4.6.3	Sprickbildning – reaktivering.....	65
4.6.4	Tidsberoende deformationer och erosion.....	68
4.6.5	Geokemi	69
4.6.6	Radionuklidtransport.....	73
4.6.7	Integrerad modellering – Radionuklidtransport.....	75
4.6.8	SKI:s sammanfattande bedömning geosfären	76
4.7	ÄSPÖLABORATORIET	77
5	BIOSFÄR	81
6	KLIMATUTVECKLING.....	85
7	NATURLIGA ANALOGIER.....	89
8	METODER FÖR PLATSUNDERSÖKNINGAR.....	93
9	SLUTFÖRVARET	97
10	TRANSPORTER, KÄRNÄMNESKONTROLL OCH FYSISKT SKYDD.....	101
10.1	TRANSPORTER	101
10.2	KÄRNÄMNESKONTROLL OCH FYSISKT SKYDD.....	103
11	INKAPSLING	105
11.1	KAPSELUTFORMNING	105
11.2	KAPSELTILLVERKNING OCH SAMMANSÄTTNING AV KAPSLAR.....	106
11.3	SVETSTEKNIK	108
11.4	OFÖRSTÖRANDE PROVNING	109
11.5	KAPSELLABORATORIET	110
11.6	INKAPSLINGSANLÄGGNING.....	110
11.7	KÄRNÄMNESKONTROLL	112
11.8	SKI:S SAMMANFATTANDE BEDÖMNING INKAPSLING.....	113
12	ALTERNATIVA METODER.....	115
13	RIVNING AV KÄRNTEKNISKA ANLÄGGNINGAR.....	123
14	ANNAT LÅNGLIVAT AVFALL	125
	REFERENSER.....	129

Sammanfattning

SKI finner att SKB, och därmed reaktorinnehavarna, har fullgjort sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen.

Övergripande synpunkter på SKB:s program

Inriktning av framtida FUD-program

SKB vill inrikta kommande FUD-program på det underlag som krävs för att kunna lämna in en ansökan år 2005 om tillstånd för lokalisering och uppförande av inkapslingsanläggningen år 2007 och en ansökan om tillstånd år 2007 att lokalisera och påbörja byggandet av slutförvaret år 2009. SKI har förståelse för SKB:s inriktning men betonar att fördjupningen inte får medföra att lagstiftningens krav på FUD-programmens allsidighet och fullständighet åsidosätts.

Eftersom ett antal remissinstanser efterfrågar ett samhällsvetenskapligt (t.ex. psykosociala faktorer, utveckling av turism och näringsliv) perspektiv på slutförvarsprogrammet anser SKI att SKB i sitt fortsatta program bör inkludera även sådana frågeställningar. Det är också önskvärt att SKB i nästa FUD-program redovisar sin syn på framtida kompetensförsörjning inom kärnavfallsområdet.

SKI anser att SKB:s redovisningstillfällen för planerade specifika säkerhetsredovisningar bör fastläggas inom ramen för det samråd som SKB, enligt regeringsbeslut 1996 och 2001, ska genomföra med SKI och SSI. SKI stöder SKB:s plan på att genomföra en internationell expertgranskning av den säkerhetsanalys som planeras 2004.

SKB:s tidplan

De två mest betydelsefulla tidpunkterna som SKB redovisar i FUD-program 2001 är inlämnandet av ansökan år 2005 att få påbörja uppförandet av en inkapslingsanläggning under år 2007 samt under år 2007 lämna in en ansökan att få påbörja byggandet av slutförvaret under 2009. SKB antar i båda fallen att granskning och prövning av ansökan tar ca. två år i anspråk. I andra sammanhang har SKB redovisat en tidplan för publicering av kommande säkerhetsanalyser, där den första fullständiga säkerhetsanalysen efter SR 97 planeras vara färdig under år 2004. Säkerhetsanalyser kommer också bifogas ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen och ansökan om att få bygga slutförvaret.

Platsundersökningarna, som är planerade att påbörjas under innevarande år, kommer att vara indelade i två faser med inledande platsundersökningar som tar ca 2 år, och den efterföljande fasen med kompletta platsundersökningar som tar ca 3 år. Platsundersökningarna skall enligt planerna vara avslutade i och med att ansökan om att få bygga slutförvaret lämnas in 2007.

SKI bedömer att SKB:s tidplaner ger mycket små marginaler för förseningar och oförutsedda händelser avseende bl.a. följande aspekter:

- En period av två år för granskning och prövning av ansökningar om att få uppföra inkapslingsanläggningen respektive bygga slutförvaret är en underskattning.
- Det kommer rimligen att krävas mer än ett år mellan färdigställandet av säkerhetsanalysen baserad på generiska data 2004 och säkerhetsanalysen som bifogas ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen 2005.
- Tidsåtgången för utvecklingsarbetet med kapseln och bufferten innebär troligen att det är för tidigt att 2005 lämna in ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen.
- SKB bör säkerställa att erfarenheterna från arbetet med inledande platsundersökningar tas till vara fullt ut vid planering av kompletta platsundersökningar.

Beslutsprocess och platsundersökningar

Enligt regeringsbesluten från 1996 och 2001 skall SKB samråda med myndigheterna om platsundersökningsprogrammet före och under platsundersökningarna.

SKI anser, liksom Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk och SSI, att SKB skall belysa FUD-programmets roll kontra MKB-samrådet för att åstadkomma en enhetlig och strukturerad beslutsprocess och att SKB skall dokumentera samråden på ett tydligt och spårbart sätt.

SKI liksom Oskarshamn kommun, lokala säkerhetsnämnden och länsstyrelsen i Kalmar län delar uppfattningen att kopplingen mellan inkapslingsanläggning och slutförvar är betydelsefull. SKI:s uppfattning är att en förutsättning för att få tillstånd att uppföra en inkapslingsanläggning är att det ingår en säkerhetsanalys även för slutförvaring i tillståndsansökan. SKI anser vidare att ett slutförvar bör vara godkänt av myndigheterna, innan SKB påbörjar inkapsling av använt kärnbränsle. Detta innebär att detaljundersökningar ska vara genomförda och att SKB erhållit tillstånd att påbörja deponering i slutförvaret.

SKB har aviserat att man, efter att ansökan om slutförvaret för använt kärnbränsle lämnats in, ämnar återkomma med en säkerhetsanalys för annat långlivat avfall omkring år 2009. SKI finner med utgångspunkt från SKB:s plan att detta är rimligt. SKI rekommenderar SKB att redan nu påbörja den forskning som behöver genomföras före 2009.

SKI anser vidare att SKB i kommande FUD-program bör tydliggöra hur och var det långlivade avfallet skall hanteras och mellanlagras innan slutlig deponering, vilket enligt SKB:s tidplan, planeras ske först om ca 30 år. SKI kan samtidigt konstatera att myndigheterna har tillräckliga möjligheter att ställa krav på avfallsproducenterna även beträffande hantering av långlivat avfall.

Systemanalys

Enligt SKI:s uppfattning har systemanalysen två uppgifter, dels att på ett logiskt och strukturerat sätt motivera valda lösningar i form av kombinationer av delar i ett system, dels klarlägga att alla väsentliga kopplingar mellan delarna i ett valt system beaktats från olika synpunkter såsom säkerhet, strålskydd, tillgänglighet och samhällsaspekter.

Det är rimligt att en fullständig uppdatering av systemanalysen görs som underlag för prövning av att uppföra en inkapslingsanläggning. Enligt SKI:s uppfattning, som framfördes redan i granskningen av FUD-program 98, behöver systemanalysen uppdateras på alla nivåer och framförallt inför det slutliga metod- och platsval som prövningen av ansökan om detaljundersökningar innebär. En sådan inställning är också helt i linje med de synpunkter på beslutsprocessen som framförs av Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk.

SKI vill inte nu binda sig för en bestämd uppfattning i frågorna om tidpunkt, omfattning och inriktning av kommande systemanalyser annat än de måste ingå i beslutsunderlaget för de planerade anläggningarna. Dessa frågor tas upp i den dialog som SKI anser behövs med SKB om utformningen av strategidokument.

Strategidokument

Behovet av planeringsinstrument i form av strategidokument, delvis liknande det som förespråkats av OECD/NEA, har vuxit sig starkare i och med att SKB:s program nu kommit in i ett intensivare skede. Det är inte tillräckligt att SKB:s planer redovisas endast i samband med FUD-programmen, som hittills varit ganska vaga när det gäller beskrivningen av innehållet i olika redovisningar och kopplingar mellan olika aktiviteter. Redan inom något år behöver myndigheterna få klarlagt vilka granskningar som förväntas under de närmaste 10 åren och hur de beror av varandra. Detta är framförallt nödvändigt för planeringen av myndigheternas arbete, men också för att i andra sammanhang beskriva hur SKB ska uppnå målet för en säker slutförvaring av kärnavfallet.

SKI planerar att under år 2002 dels föra en dialog med SKB om framtagning av ett eller flera strategidokument för SKB:s program och dels ta fram granskningsplaner som bygger på dessa dokument. Detta arbete, som förutsätts ske i dialog med SSI, har beskrivits översiktligt i ett brev från SKI till SKB, SSI, KASAM och Miljödepartementet.

SKI anser det synnerligen viktigt att SKB så snart som möjligt påbörjar arbetet med att ta fram strategidokument för genomförandet av slutförvarsprogrammet och redovisar detta allra senast i FUD-program 2004 men helst redan under 2003.

Säkerhetsanalys

SKI anser att det vore värdefullt att få till stånd en utförlig internationell granskning av SKB:s kapacitet inom området säkerhetsanalys, innan ansökan om att få uppföra slutförvaret lämnas in, liksom även ansökan om att få bygga inkapslingsanläggningen. SKI

bedömer att föremålet för en internationell granskning bör vara SKB:s planerade säkerhetsanalys 2004, som kommer att baseras på generiska data.

SKI anser även att SKB tydligare bör förtydliga målsättningar och avgränsningar med de preliminära säkerhetsbedömningar som SKB kommer att genomföra efter den inledande fasen av platsundersökningarna. Om dessa säkerhetsbedömningar inte ger tillräckligt underlag för att bedöma om SKB beaktat återkoppling mellan säkerhetsanalys och den kompletta platsundersökningsfasen, bör andra redovisningsformer för detta tas fram inom ramen för SKB:s och myndigheternas samråd om platsundersökningar samt system- och säkerhetsanalys.

Angående säkerhetsanalysen som skall ligga till grund för ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen (2005), anser SKI att det är av avgörande betydelse att SKB på ett övertygande sätt kan visa att säkerhetsanalysens antaganden vad det gäller kapseldefekter har mycket goda förutsättningar att infrias. Inriktningen på granskningen av denna säkerhetsanalys kan främst förväntas vara en bedömning av kvalitets- och designfrågor för kapseln, samt en avstämning av hur synpunkter från granskningen av säkerhetsanalysen 2004 har tagits om hand.

SKI bedömer att SKB i FUD-program 2001 i stort sett beaktat de viktigaste synpunkterna från SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SR 97. Enligt SKI är en betydande del av de kvarstående frågorna kring säkerhetsanalys relaterade till kravet på kvalitetssäkring, vilket bör föranleda SKB att planera och tydliggöra sina målsättningar inom detta område.

Forskning kring långsiktig säkerhet

SKI anser att SKB i och med FUD-program 2001 tagit fram en avsevärt förbättrad struktur för redovisningen av forskning om förvarets initialtillstånd och långtidsegenskaper. Genom att knyta an till grundstrukturen i den s.k. processrapporten, ges förutsättningarna för att integrera forskning och säkerhetsanalys på ett tydligare sätt än hittills.

SKI anser att SKB:s övergripande prioritering av forskning kring långsiktig säkerhet om tekniska barriärer och geosfär i huvudsak är ändamålsenlig i förhållande till säkerhetsanalysens behov. En bakgrund till denna bedömning är bl.a. resultatet av granskningen av SR 97. Ämnesområden för vilka SKI särskilt ser fram emot att ta del av framtida forskning inkluderar hållfasthetsfrågor för kapsel, korrosion av koppar och järn, återmättnadsförloppet, bränsleupplösning, modell för skadad kapsel, matrisdiffusion i berg och jordskalvsproblematiken.

Använt bränsle

SKI anser att de resultat som SKB hittills redovisat ger förutsättningar för utveckling av en trovärdig och realistisk bränslemodell, som medger en betydande barriärfunktion för radionuklider i bränslematrisen. För att uppnå detta behövs dock ett mera omfattande

experimentellt underlag samt väsentligt förbättrade processmodeller som kan förklara de experimentella resultaten.

SKI anser att SKB bör studera hur bränsleupplösningen påverkas av olika grad av exponering (för grundvatten) och skador på kapsel och buffert. SKB bör också själva ifrågasätta om det är möjligt att, för mycket långa tidsperioder, i säkerhetsanalysen tillgodoräkna sig den vätgas som bildas från korrosion av insatsen i kapseln.

Sammanfattningsvis anser SKI att SKB:s bränsleprogram har utvecklats positivt under de senaste åren och i stort sett bedrivs ändamålsenligt i förhållande till säkerhetsanalysens behov.

Kapsel

I FUD-program 2001 anger SKB en plan för hur acceptanskriterier skall tas fram och att erfarenheterna från provsvetsningen skall ge information om typer och frekvens för fel som kan uppstå vid svetsningen. SKI vill betona att det skall finnas en stark koppling mellan indata till säkerhetsanalysen, uppsatta acceptanskriterier för kapseln och teststatistik från den oförstörande provningen.

SKI anser det angeläget att SKB genomför förnyade beräkningar för den mekaniska hållfastheten för kapseln, där alla ingående komponenter ses över. Med tanke på omfattningen av detta arbete behöver SKB försäkra sig om att tidplanen för detta arbete är rimlig.

SKI ser positivt på att SKB sammanställt kunskapsläget för kopparkorrosion. Som SKI tidigare framfört måste nästa steg vara att använda denna kunskap i säkerhetsanalysen och i arbetet med konstruktionsförutsättningar, vars resonemang leder fram till dimensioneringen av koppartjockleken. SKI håller med SKB om att fortsatt forskning behövs inom bl.a. mikrobiella processer, egenskaper hos oxidfilmer, inverkan av betong på koppar och spänningskorrosion. SKI saknar dock ansatser om hur SKB tänker hantera spridning av korrosionshastigheter och kapsellivslängd i säkerhetsanalysen.

SKI anser, vilket även framförts tidigare, att SKB:s redovisade modell för skadad kapsel visar att även en defekt kapsel har en betydande barriärfunktion, men myndigheten är skeptisk till att den kvantitativa information som fås fram ur enskilda modellinsatser tolkas alltför bokstavigt och integreras direkt i en konsekvensanalys. SKI instämmer i SKB:s påpekande att det sannolikt krävs försök i fullskala för att förstå skalberoendet och relevansen av försök i mindre skala.

Buffert

SKI noterar att buffertens roll i ett slutförvar för använt kärnbränsle inte har varit lika uppmärksammasom de övriga två huvudkomponenterna i KBS-3-metoden, berget och kapseln. Detta kan leda till uppfattningen att bufferten är av underordnad betydelse,

vilket är fel; utan fungerande buffert inget fungerande slutförvar. Detta gäller framför allt bufferten som skydd av kapseln.

SKI konstaterar att det är svårt att utifrån SKB:s redovisning göra bedömningar av enskilda områden var för sig, eftersom brister inom ett område oftast får återverkningar eller kopplar till flera andra områden. Ett exempel är att kemiska förändringar som åstadkommit p.g.a. termiska effekter (dålig värmeledning) kan återverka på de mekaniska egenskaperna.

SKI har inte funnit att det inom de områden som SKB redovisar finns belägg för något som allvarligt talar emot att en buffert med godtagbara egenskaper skulle kunna tas fram. SKB:s program för bufferten syns vara heltäckande och vittnar om en god förståelse av samband mellan initiala egenskaper och långsiktiga processer. SKI ställer sig dock frågande till om det arbete som SKB själva anser kvarstå skall kunna hinnas med under tiden fram till prövning av tillstånd för slutförvaring enligt SKB:s planer. Detta gäller främst framtagning av en validerad modell för dels kombinerad värme- och vattentransport i omättad buffert, dels för gastransport i mättad buffert. I båda dessa fall förutses behov av experiment i olika skalor varav en del långtidsförsök i fullstor skala. Av lika stor betydelse är studier av buffertens mekaniska/reologiska egenskaper, framför allt med tanke på materialval, växelverkan buffert/kapsel/berg och växelverkan med återfyllnaden i deponeringstunneln.

Bland kemiska egenskaper och processer vill SKI särskilt framhålla cementeringen under ett tidigt (omättat) skede och att kunskap tas fram om vad detta kan innebära för andra egenskaper (mekaniska, hydrauliska) av betydelse för den långsiktiga säkerheten.

Återfyllnad

I ännu högre grad än bufferten har återfyllnaden inte uppmärksamats lika mycket som berget och kapseln. Återfyllnaden är dock en förutsättning för att bufferten skall fungera som avsett och att närområdesberget inte kortslutes som en barriär mot grundvattenströmning.

SKI:s allmänna synpunkter på egenskaper och processer i återfyllnaden och på SKB:s redovisning är desamma som för bufferten.

En väsentlig fråga som måste ha lösts innan en ansökan för byggande av slutförvaret lämnas in är slutligt val av en lämplig lerkomponent i återfyllnadsmaterialet.

Av stor betydelse är också de pågående studierna av återfyllnadens THM-egenskaper inom ramen för det pågående Backfill and Plug Test i Äspölaboratoriet. SKB bör i tid förvissa sig om hur användbara resultaten av dessa experiment är med tanke på materialval och växelverkan med bufferten i deponeringshålen.

Bland kemiska egenskaper och processer vill SKI särskilt framhålla inverkan av inträngande salt grundvatten på återfyllnadens hydrauliska egenskaper.

Geosfär

SKI anser det angeläget att en studie genomförs kring frågan om in- och utströmningsområden, eftersom detta är en viktig aspekt för den geovetenskapliga förståelsen av hydrologiska processer. SKI anser att det vore mest logiskt om SKB i sin pågående studie i första hand belyste de hydrologiska förhållandena i Småland och i andra hand i Uppland.

SKI ser det som angeläget att SKB redovisar de samlade erfarenheter som finns för att belägga att eventuell ny sprickbildning inte påverkar en tektonisk lins vid en framtida glaciation. SKI anser det också vara motiverat att SKB utreder den långsiktiga erosionen av geosfären eftersom någon utredning av erosionseffekten under flera glaciala cykler ej tidigare redovisats. SKI anser att indikationer finns på att erosionen kan vara relativt omfattande även i kustnära områden.

SKI:s uppfattning är att SKB har ett i stort sett ändamålsenligt geokemiprogram där kvaliteten på de enskilda vetenskapliga projekten överlag är hög. SKI kan dock notera vissa brister i hur resultat från geokemiska modeller, experiment och fältmätningar integreras i säkerhetsanalysarbetet. SKI anser att den kanske viktigaste geokemiska frågan vad det gäller den långsiktiga säkerheten är grundvattenkemins stabilitet över en glaciationscykel, och särskilt grundvattnets salthalt. SKB bör därför redovisa beräkningar över hur salthalten kan tänkas förändras för scenarier som inbegriper omfattande klimatförändringar över långa tidsintervall.

SKI anser att framtida säkerhetsanalyser måste ingående och tydligt behandla ovanstående frågor. SKI förutsätter också att SKB inom ramen för platsundersökningar studerar spår efter tidigare förekomst av syre på olika djup med samma metodik som tidigare redovisats för t.ex. Äspö och Klipperås.

Beträffande radionuklidtransport anser SKI att SKB tydligt bör redovisa hur man i platsundersökningarna avser mäta för egenskaper relevanta för radionuklidtransporten. Vidare anser SKI att SKB bör studera matrisdiffusionsprocessen ytterligare, samt bedriva sorptionsstudier på platspecifika material för att kunna bestämma den platspecifika betydelsen av sorptionsprocessen på ett bättre sätt. I kommande säkerhetsanalyser bör SKB även inkludera effekten av bergets heterogenitet och den resulterande variabiliteten i egenskaper som styr radionuklidtransporten i berget.

Äspölaboratoriet

SKI anser att Äspölaboratoriet är en mycket betydelsefull resurs för SKB, både vad gäller forskning kring långsiktiga säkerhetsfunktioner och utveckling av slutförvarsteknik under realistiska betingelser. SKB bör uppmärksamma att tillräckliga resurser avsätts för forskning och utveckling vid Äspölaboratoriet under hela platsundersökningsskedet.

SKB:s långtidsförsök är av särskild betydelse för den långsiktiga planeringen av verksamheten vid Äspölaboratoriet. Experimentella missöden och avvikelser kan innebära

att förväntade resultat försenas åtskilliga år. Implikationer av sådana förseningar måste övervägas. SKI uppmanar SKB att göra en översyn av de långtidsförsök som påbörjats vid laboratoriet och överväga om dessa behöver kompletteras eller utökas.

Biosfär

I FUD-program 98 angav SKB som ett mål för biosfärforskningen att analysera och utvärdera alternativa säkerhetsindikatorer, d.v.s. komplement till dos och risk. Exempel på sådana säkerhetsindikatorer kan vara koncentrationer och flöden av radionuklider. Såväl SKI som SSI bedömde det som väsentligt att dessa planer fullföljdes. SKI kan konstatera att FUD-program 2001 överhuvudtaget inte nämner alternativa säkerhetsindikatorer. Även SSI har i sitt yttrande till SKI konstaterat att frågan inte berörs av SKB. SKI anser det angeläget att SKB genomför den planering som redovisades i FUD-program 98.

SKI noterar med tillfredsställelse att SKB påbörjat olika inventeringar, kontrollprogram m.m.

SKI:s sammanfattande bedömning är liksom SSI:s, att SKB:s biosfärsprogram är både metodiskt och ambitiöst upplagt. Det återstår dock mycket arbete innan det övergripande målet att kunna genomföra trovärdiga konsekvensberäkningar i säkerhetsanalyserna är uppnått.

Klimatutveckling

För slutförvar i kustnära områden är kustlinjens framtida läge och dess inverkan på grundvattenförhållanden och biosfären en viktig säkerhets- och strålskyddsfråga. SKB:s val av två kustnära platser i sitt program kommer därför att ställa stora krav på kommande redovisningar av klimatpåverkan för såväl förvaret och berget som biosfären.

SKI saknar i FUD-program 2001 en tydlig plan för hur SKB ämnar bedriva forskningen inom detta område. SKI efterfrågar insatser med konkreta mål och tidplaner.

Naturliga analogier

SKI anser att SKB:s arbete med naturliga analogier bör ges hög prioritet i den fortsatta planeringen. Dessutom bör SKB överväga om ytterligare insatser krävs för att bättre utnyttja den information som redan finns från avslutade projekt, alternativt överväga värdet av kompletterande fältförsök på dessa platser.

Metoder för platsundersökningar

SKI konstaterar att skrivningarna i FUD-program 2001 till vissa delar redan är inaktuella och har ersatts av mer detaljerade aktivitetsplaner som nu diskuteras i pågående samråd mellan SKI, SSI och SKB.

SKI har i dessa samråd framfört synpunkten att karakteriseringen av geokemiska förhållanden bör ges hög prioritet i det inledande platsundersökningsskedet då ostörda förhållanden fortfarande råder på platsen. SKI har även framhållit vikten av spårbarhet och kvalitetssäkring beträffande datahantering i fält och i SKB:s databaser.

SKI har knutit till sig en rådgivande grupp (INSITE) med internationella experter som täcker in viktiga områden avseende platsundersökningar som ligger inom SKI:s ansvarsområde. Gruppen kommer löpande att följa SKB:s platsundersökningsprogram och ge råd till SKI.

Slutförvaret

SKI anser att tillåtet vatteninflöde till deponeringshål är ett av de viktigaste acceptanskriterierna som SKB måste redovisa senast i samband med ansökan om detaljundersökning. SKI ifrågasätter dessutom om det är tillräckligt att SKB utgående från förväntade testresultat kan dra några långtgående slutsatser om bentonitens naturliga återmättnad, som beror på inflödet till deponeringshål, på endast två korttidstester (5 år) i Äspölaboratoriet.

SKI anser det viktigt att SKB konkretiserar sina planer för utvärdering av betydelsen av förvarsdjup, tillfartsalternativ ner till förvarsdjup och alternativa varianter av förvarsutformningar. SKI vill framhålla att i den slutliga avvägningen av val av förvarsdjup måste förvarsdjupets inverkan på den långsiktiga säkerheten vara den helt dominerande och avgörande faktorn.

SKB utvecklar metodik för förslutning av borrhål för att slippa ta hänsyn till var man sätter borrhålen under platsundersökningarna. SKI:s åsikt är att det är onödigt att riskera den långsiktiga säkerheten genom att borra alltför många hål från ytan speciellt i deponeringsområden. Det kan inte helt uteslutas att någon förslutning misslyckas eller att framtida händelser kan öppna upp flödesvägar i gamla borrhålslägen.

Transporter, kärnämneskontroll och fysiskt skydd

Transporter

SKI anser att det hade varit värdefullt om transporter beskrivits utförligare i huvudrapporten, eftersom frågan är av stort allmänintresse. SKI anser att tunga transporter med en 75 tons transportbehållare inklusive kapsel och lastbärare, framförd på landsväg

eller järnväg, är mycket känsligare än sjötransporter för störningar som t.ex. demonstrationer. Stora krav ställs även på bärigheten hos vägar och järnvägar.

SKI konstaterar vidare att det inte går att på det sätt som SKB gör utgå, från att dagens system för bevakning, kommunikation och olycksberedskap är användbart för framtida transporter till ett slutförvar. Särskilt viktig blir denna fråga om förvaret lokaliseras till inlandet, d.v.s. om längre landtransporter blir nödvändiga. SKI rekommenderar därför SKB att genomföra studier av erfarenheter från andra länder.

SKI:s sammanfattande bedömning är att transportproblematiken med tanke på osäkerheterna var förvaret ska placeras är godtagbart beskriven i FUD-programmet.

Kärnämneskontroll och fysiskt skydd

SKI anser att områdena kärnämneskontroll och fysiskt skydd är mycket översiktligt beskrivna i huvudrapporten. Det kommande slutförvaret kommer i framtiden att innehålla i princip hela det svenska programmets bestrålade kärnbränsle. SKI vill därför framhålla att höga krav måste ställas på såväl icke-spridningskontroll av det klyvbara materialet som på det fysiska skyddet av detsamma.

SKI anser att det är av stor vikt att dessa aspekter kommer in i ett tidigt stadium i processen, då det erfarenhetsmässigt är mycket dyrt med senare ombyggnad av anläggningar.

SKI:s slutsats är att SKB måste redovisa hur man tänker organisera den eventuella forskning och de utredningar om hur kärnämneskontroll och fysiskt skydd ska anordnas vid de nya typerna av anläggningar det gäller här. För inkapslingsanläggningen måste resultaten redovisas i samband med ansökan om tillstånd att uppföra anläggningen

Inkapsling

SKI anser att SKB:s arbete med inkapsling i huvudsak drivs på ett ändamålsenligt sätt, men menar att SKB i högre grad än tidigare måste identifiera de kritiska frågorna för att kunna få fram tillräckligt med underlag till ansökan om att uppföra inkapslingsanläggningen.

SKI ser de pågående arbetena med konstruktionsförutsättningar för förvaret, respektive acceptanskriterier för kapseln som mycket viktiga och menar att förseningar i dessa kan försena andra delar av kapselarbetet, dels därför att de bör fungera som styrande för många aktiviteter, dels därför att de kan behöva revideras efter de konsekvensanalyser som måste utföras för att visa att konstruktionsförutsättningar och acceptanskriterier är tillräckliga.

SKI instämmer i att det finns både för- och nackdelar med att använda ett tunnare (30 mm) kopparrör än i referensalternativet (50 mm). SKI ser positivt på SKB:s samlade grepp för arbetet med tillverkningsteknik och beräkningar av hållfastheten för gjutjärns-

insatsen, men menar att SKB måste försäkra sig om att tillräckligt med tid finns avsatt för detta.

SKI uppmanar SKB att snarast ta fram en sammanhållen dokumentation av hittills erhållna resultat och erfarenheter från arbetet med oförstörande provning. SKI anser vidare att det är risk för att SKB underskattar tidsåtgången för att ta fram och kvalificera metoder för oförstörande provning.

Sammanfattningsvis vill SKI betona att en kritisk fråga för den tekniska genomförbarheten för KBS-3 är att det finns metoder för förslutning och kontroll som är tillämpliga vid serietillverkning. Detta innebär att ett tillräckligt stort antal fullstora kapslar skall ha tillverkats, förslutits och kontrollerats och kunnat visas uppfylla de krav som förutsätts i analysen av den långsiktiga säkerheten.

Alternativa metoder

Bedömningen av FUD-program 2001 avser i första hand om det föreslagna programmet är tillräckligt för att kunna uppfylla kraven på alternativredovisning i samband med en tillståndsprövning av inkapslingsanläggning och slutförvar för använt kärnbränsle.

SKI:s bedömning är att den satsning som f.n. görs på separation och transmutation är tillräcklig för att på ett meningsfullt sätt följa och bidra till den internationella utvecklingen. Den ligger dock på en nivå som inte bör underskridas. Satsningen är betydelsefull också för att bibehålla och vidareutveckla nationell kompetens som krävs för en säker slutförvaring av kärnavfall.

SSI anser i sitt yttrande att SKB bör ta fram en säkerhetsanalys för alternativet djupa borrhål och att detta kan göras med befintliga data. Enligt SKI:s uppfattning kan det då inte bli tal om en fullständig säkerhetsanalys i den mening som gäller för KBS-3-liknande förvar. Under sådana förutsättningar kan SKI stödja tanken på en säkerhetsanalys som ett led i en bredare diskussion av olika alternativ. Behov och omfattning av en säkerhetsanalys för djupa borrhål bör enligt SKI:s uppfattning diskuteras inom ramen för det samråd mellan SKB och myndigheterna som regeringen beslutat om 1996 och 2001.

Rivning

SKI anser att SKB hanterar rivnings- och avvecklingsfrågor av kärnkraftverk på ett ambitiöst sätt, vilket också avspeglas i SKB:s FUD-program 2001.

SKB:s syn att kraftreaktorer i Sverige (med undantag av Barsebäck 1) ska drivas i 40 år, innan de så fort som möjligt avvecklas och rivs, är ur rent teknisk synvinkel acceptabel. Då det emellertid finns betydande osäkerheter vad gäller ekonomiska och politiska variabler, är det rimligt att begära att alla typer av rivningsavfall ska kunna mellan- eller slutförvaras redan från år 2015.

SKI delar vidare SSI:s syn på att det i FUD-rapporterna bättre bör framgå att det är de kärntekniska anläggningarna som i egenskap av tillståndshavare (enligt kärntekniklagen) och avfallsproducenter har det övergripande ansvaret både för rivning av anläggningarna och omhändertagandet av rivningsavfallet. Detta ansvar kan tillståndshavarna endast i begränsad omfattning överlåta på SKB.

Annat långlivat avfall

SKI saknar i SKB:s FUD-program 2001 en sammanhängande redovisning angående frågor kring vilka konstruktionskrav som måste ställas på förvaret utifrån perspektivet långsiktig säkerhet. Vidare bör SKB redovisa vilka krav som måste ställas på en tänkbar kandidatplats för att den skall motsvara kraven som ställs på den föreslagna utformningen av SFL 3-5.

SKI anser att det är bra att SKB kommer att följa upp de osäkerheter i avfallets nuklidinnehåll och mängd som kan finnas. SKI håller med SSI om att SKB bör ta fram riktlinjer för karaktärisering och behandling av avfallet.

För att bedöma betongens långtidsstabilitet har SKB i sin preliminära säkerhetsanalys använt data från gammal (90 år) betong i vatten och modeller som beräknar urlakning av betongen. SKI anser att SKB bör redovisa om de processer som styr denna urlakning på kort sikt även kan gälla för tusentals år framåt i tiden. Även inverkan av salt grundvatten på betongens långtidsegenskaper bör belysas.

SKB antar att betongkonstruktionen kan ha en del sprickor redan från början och anser att detta inte påverkar den långsiktiga säkerheten negativt. SKI anser att SKB bör genomföra en analys som visar hur stora och hur många sprickor man kan tillåta i olika tidsperspektiv utan att betongens skyddande förmåga mot utläckage av radionuklider avsevärt försämras.

1 Inledning

1.1 Allmänt om programmet

Enligt kärntekniklagen skall innehavare av kärnkraftreaktor vidta alla åtgärder som behövs för att ta hand om och slutförvara använt kärnbränsle och kärnavfall. I lagen finns krav på ett forskningsprogram som ska inges till behörig myndighet vart tredje år. Statens kärnkraftinspektion (SKI) är behörig myndighet som granskar och utvärderar programmet. SKI sänder programmet för granskning och eventuella synpunkter till en bred krets av remissinstanser; bl.a. myndigheter, kommuner, universitet och högskolor samt miljöorganisationer.

Det svenska programmet för slutförvaring av använt kärnbränsle påbörjades för ca 25 år sedan och enligt Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, kommer det planerade slutförvaret att förslutas först in på 2050-talet. Det krävs en serie av beslut innan målet är nått. Beslutsprocessen kan därför betecknas som en flerstegsprocess. I dessa steg kommer säkerheten att prövas och möjlighet finns att ta ytterligare tid för utvecklingsarbete eller att välja förbättrade lösningar. SKI:s uppgift är att se till att säkerheten tillgodoses i alla dessa steg.

I regeringsbeslutet i januari år 2000 förklarade regeringen att 1998 års program för forskning, utveckling och demonstration för kärnavfallens behandling och slutförvaring, FUD-program 98, uppfyllde lagens krav, men att viss ytterligare redovisning skulle inges av SKB och redovisas senast när nästa program enligt 12 § kärntekniklagen upprättas (september 2001).

Den av regeringen begärda kompletterande redovisningen, som överlämnades av SKB till SKI i december år 2000, behandlade frågor om metodval, platsval och platsundersökningsprogram. SKI avgav sitt yttrande över kompletteringen till regeringen i juni 2001, och regeringsbeslut togs 1 november 2001. Beslutet innebar att SKB fick stöd för att påbörja platsundersökningar i Oskarshamns, Tierps och Östhammars kommun. Regeringen betonade med hänvisning till ett tidigare regeringsbeslut att SKB skall samråda med SKI och SSI såväl innan platsundersökningar påbörjas som under pågående platsundersökningar.

1.2 SKI:s beredning av ärendet

FUD-program 2001, som är det sjätte ordinarie programmet sedan 1986, har en klar inriktning och koncentration på frågor som relaterar till naturvetenskaplig forskning och teknikutveckling. Frågor som rör lokalisering av inkapslingsanläggning och slutförvar planerar SKB att redovisa i samband med tillståndsansökningar och i därtill hörande miljökonsekvensbeskrivningar.

SKI har genomfört granskningen av SKB:s FUD-program 2001 på samma sätt som vid SKI:s tidigare granskningar av FUD-program. SKI har sänt programmet på remiss till ett sextiotal remissinstanser (myndigheter, kommuner, universitet och högskolor,

miljöorganisationer m.fl.). Remissvar har inkommit från trettiosex av dessa varav fem avstår från att yttra sig över programmet. En del av remissvaren är fokuserade på frågor om programmets bredd och avsaknad av redovisning som inte har teknisk och naturvetenskaplig inriktning. Ett betydande antal remissinstanser framför synpunkter på kapsel och inkapsling, geo- och biosfär, klimatutveckling, metoder för platsundersökningar, transporter, alternativa metoder och annat långlivat avfall. Ett färre antal remissinstanser framför synpunkter på inriktning av framtida FUD-program, beslutsprocess, system- och säkerhetsanalys, buffert, Äspölaboratoriet, naturliga analogier samt rivning av kärntekniska anläggningar.

SKI:s styrelse informerades i februari om innehållet i inkomna remissvar och SKI:s preliminära synpunkter på SKB:s program. SKI:s yttrande till regeringen och tillhörande granskningspromemoria har redovisats och behandlats av SKI:s styrelse i mars.

SKI nämner inledningsvis i varje kapitel i sin granskningspromemoria vilka delar av SKB:s program som kommenteras. Flertalet kapitel innehåller rubrikerna SKB:s redovisning, remissinstansernas synpunkter och SKI:s bedömning. Några kapitel har dessutom rubriken SKI:s sammanfattande bedömning.

I en gemensam volym innefattas yttrandet till regeringen ”SKI:s yttrande över SKB:s redovisning av FUD-program 2001 – program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall” och tillhörande gransknings-PM ”SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 2001 ” (SKI Rapport 02:9). Dessutom överlämnas de fullständiga remissvaren till regeringen och en sammanställning som innefattar de i granskningspromemorian refererade remissyttrandena (SKI-PM 02:02).

2 Övergripande synpunkter på SKB:s program

2.1 Inledning

SKI redovisar i detta kapitel synpunkter på disposition och innehåll i det nu aktuella och planerade FUD-program. SKI redovisar även synpunkter på vissa frågor som SKI tidigare uppmärksammat och som SKB valt att inte inkludera i detta program, t.ex. frågor som berör beslutsprocessen, systemanalys och behov av strategidokument.

SKB har i FUD-program 2001 (SKB, 2001a) inriktat sin redovisning på forskning och teknikutveckling med hänvisning till att den senaste redovisningen, komplettering till FUD-program 98, inriktades på metod, platsval och program för platsundersökningar. Hela redovisningen är, till skillnad från tidigare FUD-program, samlad i en volym utan hänvisning till kompletterande underlagsrapporter. Däremot finns en diger referenslista för respektive kapitel i rapporten.

FUD-program 2001 har disponerats på ett annat sätt än tidigare program. SKB utgår från myndigheternas krav på den långsiktiga säkerheten och kopplar detta dels till utvecklingen av säkerhetsanalysens metodik, dels forskningen om de långsiktiga processerna i förvaret och dess omgivning.

I avsikt att underlätta för läsare och granskare ger SKB inledningsvis i varje kapitel en bakgrund om respektive forskningsområde. Därefter redovisas i varje avsnitt de myndighetssynpunkter som framförts i samband med granskning av säkerhetsrapport 97 (SR 97) och FUD-program 98. Slutligen redovisas nyvunnen kunskap sedan genomförda granskningar samt planerad forskning.

I FUD-program 2001 har SKB av tidsskäl inte haft möjlighet att ta om hand de synpunkter som redovisats i SKI:s granskning och yttrande över kompletteringen till FUD-program 98 (SKI, 2001), som överlämnades till regeringen i juni 2001. SKB har dock uttalat att man har för avsikt att behandla granskningskommentarerna i det fortsatta arbetet med programmen för platsundersökningarna.

SKB föreslår att kommande FUD-program inriktas mot de olika delar i verksamheten som SKB enligt föreslagen tidplan har för avsikt att genomföra. Detta innebär att SKB avser att *fokusera* de närmaste fem FUD-programmen 2004, 2007, 2010, 2013 och 2016 på inkapslingsteknik - val av förslutningsmetod, djupförvarsteknik, slutligt val av deponeringsmetod, drift av KBS-3 systemet samt planering och utvärdering.

2.2 Rapportstruktur och innehåll

Remissinstansernas synpunkter

Flertalet remissinstanser med undantag av några miljö- och opinionsgrupper, framför allt Avfallskedjan och Avfallskedjans förening, anser att rapporten är lättläst, väl-skriven, pedagogiskt och metodiskt upplagd med en bra disposition. Dock framhåller

flera remissinstanser att redovisningen är ensidigt koncentrerad till naturvetenskaplig forskning och teknikutveckling.

Avfallskedjan anser att SKB:s rapport i många stycken är oläslig och obegriplig för andra än mycket högt utbildade specialister vilket försvårar granskningen.

Avfallskedjans förening anser att rapporten till sitt upplägg är synnerligen opedagogisk och svårläst samt att den kräver mycket goda kunskaper och att läsaren samtidigt har tillgång till ett flertal andra rapporter.

Förstudiekommunerna betraktar inte rapporten som komplett, eftersom man bl.a. anser att samhällsvetenskaplig forskning samt sociala och etiska aspekter saknas.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) framhåller att de sociala aspekterna av riskhantering ej tas upp och att transmutation ges en styvmoderlig behandling vilket även Uppsala universitet och Chalmers tekniska högskola (CTH) anser.

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) anser att det finns en uppenbar risk för att den experimentella radioekologin i Sverige tynar bort av resursbrist eller försvinner helt. För att råda bot på detta föreslår SLU att SKB stödjer några grupper med experimentell radioekologisk inriktning. Även SSI redovisar farhågor rörande framtiden för den radioekologiska forskningen.

Uppsala universitet saknar ett helhetsperspektiv på SKB:s programförslag och efterlyser långsiktighet i planeringen beträffande framtida kompetensförsörjning och informationsbehov. Dessutom saknar universitetet en internationell utblick som ger ett globalt perspektiv på såväl teknisk som samhällsrelaterad utveckling.

Vetenskapsrådet anser att, med tanke på att FUD-program 2001 är ett i raden av forskningsprogram där varje program bygger på tidigare erfarenheter. Det är rimligt att FUD-program 2001 har den utformning som det har. Rådet anser vidare att SKB i stort tagit hänsyn till de synpunkter som framkommit i granskning av FUD-program 98 och SR 97. I de fall SKB inte gjort det har man klart motiverat varför.

Överstyrelsen för civil beredskap (ÖCB) framhåller att för att upprätthålla all förvärvad kunskap och tillförande av ny kunskap erfordras framtida tillgång av kompetent personal.

SKI:s bedömning

SKI finner att SKB:s disposition i FUD-program 2001 är ändamålsenlig och väsentligt underlättar granskarens arbete. Framför allt behöver inte granskaren i alltför stor omfattning gå tillbaka till tidigare granskningsdokument för att förvissa sig om att SKB behandlat framförda synpunkter. SKI vill dock framhålla att SKB i framtida FUD-program ännu bättre bör beskriva hur myndigheternas synpunkter omhändertagits och tydligt redovisa vilka frågor man anser kvarstår och vilka frågor som är tillräckligt utredda och därför åtminstone temporärt kan avföras från granskningsprocessen.

SKI har förståelse för att SKB i FUD-program 2001 har valt att fokusera redovisningen på forskning och teknikutveckling med hänvisning till omfattningen av FUD-program 98 och kompletteringen till FUD-program 98 vilken var inriktad på metod, platsval och program för platsundersökningar. SKI kan samtidigt delvis förstå de remissinstanser, som med hänvisning till kärntekniklagens krav på ett allsidigt forskningsprogram, har framfört kritik på programmets begränsade bredd.

2.3 Inriktning av framtida FUD-program

Remissinstansernas synpunkter

Statens strålskyddsinstitut (SSI) föreslår att regeringen ställer som villkor för SKB:s fortsatta forsknings- och utvecklingsprogram att SKB senast i samband med redovisningen av FUD-program 2004 skall redovisa vilka resultat i programmet som behöver uppnås inför de kommande stegen i omhändertagandet av använt kärnbränsle och annat långlivat avfall. Redovisningen ska visa vilka kunskaper som behövs för de avgörande frågorna för den långsiktiga säkerheten och strålskyddet, när dessa kunskaper behövs och hur de ska uppnås.

SSI anser även att den av SKB planerade metodrapporten för säkerhetsanalys ska redovisas som ett underlag till FUD-program 2004 och att SKB ska låta genomföra en internationell expertgranskning av denna metodrapport (se avsnitt 3.1).

Av övriga remissinstanser framhåller speciellt länsstyrelsen i Uppsala län att den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten bör bedrivas med hänsyn till miljöbalkens krav på alternativredovisning för bedömning av alternativa platser och alternativa utformningar av verksamheten vid en senare tillståndsprövning.

Länsstyrelsen anser vidare att fortsatta FUD-program bör syfta till att ge en komplett bild av den aktuella kunskapsutvecklingen, nationellt och internationellt, både vad gäller tekniska/naturvetenskapliga frågor och samhällsfrågor som har betydelse inför och under etableringen av anläggningar för slutligt omhändertagande av det använda kärnbränslet.

Umeå universitet konstaterar att SKB:s rapport inte i något avseende berör kostnadsaspekter på verksamheten.

SKI:s bedömning

SKI har förståelse för att SKB vill inrikta kommande FUD-program på det underlag som krävs för att kunna lämna in en ansökan år 2005 om tillstånd för lokalisering och uppförande av inkapslingsanläggningen år 2007 och en ansökan om tillstånd år 2007 att lokalisera och påbörja byggandet av slutförvaret år 2009 (påbörja detaljundersökning). SKI anser liksom SSI att det är viktigt att SKB i FUD-program 2004 redovisar kunskapsnivån för såväl naturliga som tekniska barriärer, eftersom kunskapen ligger till grund för ansökningarna och därmed även utgör en grund för myndigheternas bedömning av den långsiktiga säkerheten och strålskyddet.

SKI betonar dock att fördjupningen inte får medföra att lagstiftningens krav på FUD-programmens allsidighet och fullständighet åsidosätts. SKI föreslår att SKB behåller den grundläggande struktur som etablerats i och med FUD-program 2001, men med fördjupningar på aktuella frågeställningar.

En fråga som i olika sammanhang ställs i SKI:s kontakter med allmänhet och miljöorganisationer gäller i vad mån särskilda forskningsinsatser behövs med tanke på ett slutförvars innehåll av kemitoxiska ämnen, särskilt tungmetaller (SKI dnr 5.8-001293). Denna fråga ligger utanför SKI:s bemyndigande att ta ställning till. SKI utgår ifrån att SKB tar nödvändiga kontakter med berörda myndigheter för att ta ställning till om det är motiverat att initiera någon särskild forskning inom området kemitoxicitet i kärnavfall.

Eftersom ett antal remissinstanser efterfrågar det samhällsvetenskapliga (etiska, moraliska, sociala) perspektivet på slutförvarsprogrammet anser SKI att SKB i sitt fortsatta program bör inkludera även sådana frågeställningar.

SKI anser liksom Uppsala universitet, SLU, SSI och ÖCB att upprätthållandet av tillgänglig kompetens och framtida kompetensförsörjning är en mycket viktig fråga för såväl industrin som myndigheterna och forskarvärlden. För att upprätthålla och åstadkomma en hög säkerhetsnivå i befintliga och planerade kärntekniska anläggningar är det nödvändigt att kompetent personal finns tillgänglig under de närmaste femtio åren fram till dess att förvaren för kärnavfall försluts. Det är därför önskvärt att SKB i nästa FUD-program redovisar sin syn på framtida kompetensförsörjning inom kärnavfallsområdet.

Regeringen har i sitt beslut, om SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 98, från november 2001, angivit att SKB, i samråd med SKI och SSI, bör komma fram till hur och när kommande säkerhets- och systemanalyser ska redovisas. Mot denna bakgrund delar SKI inte SSI:s uppfattning att specifika säkerhetsredovisningar redan nu ska kopplas till FUD-program 2004. Redovisningstillfället bör istället fastläggas när samråd skett. SKI delar däremot SSI:s uppfattning om att SKB ska låta genomföra en internationell expertgranskning av säkerhetsanalysen som är planerad till år 2004.

2.4 SKB:s tidplan

SKI:s bedömning

De två mest betydelsefulla tidpunkterna som SKB redovisar i FUD-program 2001 (Figur 1-3 i FUD-program 2001) är inlämnandet av ansökan år 2005 att få påbörja uppförandet en inkapslingsanläggning under år 2007 samt under år 2007 lämna in en ansökan att få påbörja byggandet av slutförvaret under 2009. SKB antar i båda fallen att granskning och prövning av ansökan tar ca två år i anspråk. I andra sammanhang (SKB, 2001b) har SKB redovisat en tidplan för publicering av kommande säkerhetsanalyser, där den första fullständiga säkerhetsanalysen efter SR 97 planeras vara färdig under år 2004 (se vidare avsnitt 3.1). Syftet med denna säkerhetsanalys, som kommer att vara baserad på generiska data, är att demonstrera utveckling av säkerhetsanalysmetodik.

Säkerhetsanalyser kommer också bifogas ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen och ansökan om att få bygga slutförvaret.

Platsundersökningarna, som är planerade att påbörjas under innevarande år, kommer att vara indelade i två faser med inledande platsundersökningar som tar ca 2 år, och den efterföljande fasen med kompletta platsundersökningar som tar ca 3 år. Platsundersökningarna skall enligt planerna vara avslutade i och med att ansökan om att få bygga slutförvaret lämnas in (2007).

SKI bedömer att SKB:s tidplaner ger mycket små marginaler för förseningar och oförutsedda händelser. Kvalitetskraven för individuella aktiviteter får inte påverkas av en snäv och hårt fastlagd tidplan, utan en betydande grad av flexibilitet måste finnas i tidsplaneringen. SKI vill särskilt fästa uppmärksamhet på följande aspekter av SKB:s tidsplanering:

- Att tidsperioden för att komma tillräckligt långt med utvecklingsarbetet med kapseln, troligen innebär att det är för tidigt att 2005 lämna in ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen 2007. SKI noterar särskilt omfattningen på det återstående arbetet med tillverkningen av insatsen (kravspecifikation tillverkningsprov, konsekvensberäkningar etc.), och utvecklingen av metoder för oförstörande provning, inklusive kvalificeringsprocedurer för dessa (se vidare avsnitt 4.3 respektive kapitel 11).
- Att det med stor sannolikhet krävs mer än ett år mellan färdigställandet av säkerhetsanalysen baserad på generiska data 2004 och säkerhetsanalysen som bifogas ansökan 2005 om att få påbörja uppförandet av inkapslingsanläggningen (2007), för att ge tillräckligt med tid för granskning och SKB:s omhändertagande av granskningskommentarerna för användning i säkerhetsanalysen.
- Att en period av två år för granskning och prövning av ansökningar om att få uppföra inkapslingsanläggningen respektive bygga slutförvaret är en underskattning, vilket bl.a. beror på att regeringen ska fatta beslut om dels tillåtlighet enligt 17 kap. miljöbalken, dels tillstånd enligt kärntekniklagen samt att miljödomstol efter tillåtlighetsprövningen ska fatta beslut om tillstånd enligt miljöbalken.
- Att SKB bör säkerställa att erfarenheterna från arbetet med inledande platsundersökningar tas till vara fullt ut vid planering av kompletta platsundersökningar, vilket innebär att tillräcklig tid måste planeras in för utvärdering mellan de inledande och kompletta faserna.

2.5 Beslutsprocess och platsundersökningar

Remissinstansernas synpunkter

Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk upprepar i sina likalydande yttranden att slutförvarsprogrammet måste ha kommit så långt att en ansökan för detaljundersökning handlagts av myndigheterna och regeringen innan kommunen fattar sitt beslut (enligt 17 kap. miljöbalken) om en inkapslingsanläggning. Kommunen framhåller också att kopplingarna mellan inkapsling, transportsystem och slutförvar ska redas ut i detalj och vara mycket tydliga vad gäller när beslut skall tas

för de olika delarna och vilket underlag som krävs. Kommunen vill också ha en belysning av FUD-programmens roll kontra MKB-samrådet med målet att åstadkomma en enhetlig och tydlig beslutsprocess.

Även länsstyrelsen i Kalmar län upprepar i sitt yttrande att SKB behöver klargöra de tidsmässiga kopplingarna mellan de olika ingående komponenterna, d.v.s. slutförvar och inkapslingsanläggning, i ett slutförvarssystem och att SKB på ett tydligt sätt så snart som möjligt redovisar när beslut skall tas för de olika delarna och vilket samband som råder mellan dessa.

SSI föreslår i sitt remissyttrande till SKI att SKB ska göra en årlig redovisning av alla pågående MKB-samråd, i syfte att åstadkomma en avstämning av MKB-arbetet mellan SKB, myndigheterna och övriga parter.

SSI anser också det som angeläget att regeringen anger en tidplan och villkor för SKB:s program för omhändertagande av annat långlivat avfall.

SKI:s bedömning

Under platsundersökningsskedet som innefattar inledande och kompletterande platsundersökningar under en tidsperiod av åtminstone 5-6 år kommer flera samråds- och beslutsprocesser att pågå. Utöver de ordinarie treåriga FUD-programmen kommer ett omfattande MKB-samråd att ske mellan berörda parter. Enligt regeringsbesluten från 1996 och 2001 skall SKB dessutom samråda med myndigheterna före och under platsundersökningarna, och utöver detta skall samråd ske om redovisning av framtida system- och säkerhetsanalyser.

SKI noterar att SKB har för avsikt att behandla alla frågor kopplade till lokaliseringsprocessen under MKB-processen och inte redovisa dessa frågor i kommande FUD-program. SKI utgår från att SKB tydliggör vad man menar med begreppet *alla frågor kopplade till lokaliseringsprocessen* i den planering för MKB-processen som SKB avser att redovisa under året. SKI anser också, liksom Oskarshamns kommun och SSI, att SKB skall belysa FUD-programmens roll kontra MKB-samrådet för att åstadkomma en enhetlig och strukturerad beslutsprocess.

SKI anser det nödvändigt att MKB-samråden dokumenteras på ett tydligt och spårbart sätt av SKB. SSI:s förslag med årliga rapporter är ett sätt att bidra till detta. Emellertid berör samråden flera olika aktörer och inte endast SSI och SKI. Därför anser SKI att frågan om dokumentation och rapportering bör behandlas inom ramen för samråden och inte fastställas redan nu.

SKI liksom Oskarshamn kommun, lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk och länsstyrelsen i Kalmar län delar uppfattningen att kopplingen mellan inkapslingsanläggning och slutförvar är betydelsefull. SKI:s uppfattning (SKI, 1996 och SKI, 2001) är att en förutsättning för att få tillstånd att uppföra en inkapslingsanläggning är att det ska ingå en säkerhetsanalys även för slutförvaring i tillståndsansökan. SKI anser vidare att ett slutförvar bör vara godkänt av myndigheterna innan SKB påbörjar inkapsling av använt kärnbränsle. Detta innebär att detaljundersökningar ska

vara genomförda och att SKB erhållit tillstånd att påbörja deponering i slutförvaret. SKI anser att SKB, i de samråd som ska leda fram till miljökonsekvensbeskrivningar för slutförvar respektive inkapslingsanläggning, bör belysa samordningen mellan ansökningarna för de båda anläggningarna.

SKB aviserar i FUD-programmet att man, efter att ansökan om slutförvaret för använt kärnbränsle lämnats in, ämnar återkomma med en säkerhetsanalys för annat långlivat avfall omkring år 2009. SKI finner med utgångspunkt från SKB:s plan att detta är rimligt. SKB rekommenderas dock att påbörja den forskning som behöver genomföras före 2009.

SKI anser dock att SKB i kommande FUD-program bör tydliggöra hur och var det långlivade avfallet skall omhändertas och mellanlagras innan slutlig deponering, vilket enligt SKB:s plan, genomförs om ca 30 år. SKI kan samtidigt konstatera att myndigheterna har tillräckliga möjligheter att ställa krav på avfallsproducenterna även beträffande hantering av långlivat avfall.

Några remissinstanser anser att frågan om ansvaret för ett slutförvar efter förslutning är oklar och behöver förtydligas. Synpunkten har även framförts till SKI i flera andra sammanhang, t.ex. i de utfrågningar som SKI och SSI gemensamt genomförde som ett led i granskningen av SKB:s komplettering till FUD-program 98.

SKI ger här en beskrivning av de grundläggande principer för omhändertagande av använt bränsle och kärnavfall som riksdagen vid olika tillfällen ställt sig bakom.

Riksdagen har ställt sig bakom fyra grundläggande principer när det gäller hanteringen av använt kärnbränsle och kärnavfall (prop. 1980/81:90, bilaga 1, s. 319, prop. 1983/84:60, s. 38, prop. 1997/98:145, s. 381, prop. 1992/93:98, s. 29 samt näringsutskottets betänkanden 1988/89:NU31 och 1989/90:NU24):

1. Kostnaderna för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall skall täckas av avgifter på den produktion av energi som gett upphov till dem.
2. Reaktorinnehavare skall ta hand om använt kärnbränsle och kärnavfall på ett säkert sätt.
3. Staten har ett övergripande ansvar för använt kärnbränsle och kärnavfall. Det långsiktiga ansvaret för hantering och förvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall bör ligga hos staten. Efter det att slutförvaren har förslutits torde det krävas att någon form av ansvar för och tillsyn av slutförvaren kan upprätthållas under avsevärd tid. En statlig myndighet kan komma att överta ansvaret för de tillslutna slutförvaren.
4. Varje land skall ta ansvar för det använda kärnbränsle och kärnavfall som uppkommer i landet. Slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall från kärnteknisk verksamhet i ett annat land inte får förekomma i Sverige annat än i rena undantagsfall.

Dessa principer är grundläggande för uppbyggnaden av lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen). De återfinns också i lagen (1992:1537) om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m.m. (finansieringslagen). Den första principen har i sin helhet genomförts i finansieringslagen. Den andra principen har reglerats i 10-12 §§ kärntekniklagen. Den fjärde principen framkommer av 5 a § andra stycket kärntekniklagen.

När det gäller den tredje principen, att staten skall bära det långsiktiga ansvaret, har regeringen uttalat att det ligger i sakens natur att staten har det yttersta ansvaret för att verksamhet, som den är reglerad i kärntekniklagen, fungerar även på mycket lång sikt. Det skulle därför, enligt vad regeringen uttalat, inte fylla något egentligt syfte att ytterligare reglera denna fråga i kärntekniklagen (prop. 1997/98:145, s. 381 fjärde stycket).

2.6 Systemanalys

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga tekniska högskolan framhåller i sitt yttrande till SKI att en övergripande systemanalys saknas i FUD-program 2001.

SSI påminner i sitt yttrande om SKB:s redovisning av systemanalyser i samband med FUD-program 98 och kompletteringen till FUD-program 98 samt myndigheternas granskning av dessa. I avsnitt 1.3.2 i FUD-programmet presenterar SKB sina planer på kommande systemanalyser av inkapslingsanläggning och slutförvar. Dessa anges av SKB att tillsammans med säkerhetsanalyserna utgöra underlag för ansökan om uppförande av respektive anläggning.

SSI anser i sitt yttrande att SKB:s kommande systemanalys för inkapslingsanläggningen inte är tillräcklig utan att den måste omfatta samtliga delar av avfallshanteringssystemet. Motivet för detta är enligt SSI att bara en sådan fullständig systemanalys ger möjlighet att beskriva kopplingar mellan de olika anläggningarnas utformning och lokalisering. Endast med en sådan analys kan det säkerställas att de lösningar som sker som en direkt konsekvens av att bygga inkapslingsanläggningen är acceptabla.

Även Oskarshamns kommun framför i sitt yttrande att systemanalysen bör omfatta helheten snarare än att vara en redovisning av systemets enskilda delar.

SKI:s bedömning

SKI:s inställning till systemanalys som ett verktyg för redovisning av planer inför omhändertagandet av kärnavfall faller tillbaka på det utvecklingsarbete som SKI och SSI bedrev tillsammans inför granskningen av FUD-program 98 (SKI dnr 5.8-971083, SSI dnr 6220/1994/97, från 5 mars 1998). Resultatet av detta arbete låg sedan till grund för det samråd med myndigheterna om systemanalys som SKB ålagts av regeringen i beslutet 1996.

Enligt SKI:s uppfattning har systemanalyser två uppgifter, dels att på ett logiskt och strukturerat sätt motivera valda lösningar i form av kombinationer av komponenter i ett system, dels klarlägga att alla väsentliga kopplingar mellan delarna i ett valt system beaktats från olika synpunkter såsom säkerhet, strålskydd, tillgänglighet och samhällsaspekter. Systemanalytisk metodik kan vidare användas på olika nivåer i utvecklingen av ett system. På den högsta och övergripande nivån används systemanalysen för metodvalet. På nästa nivå bör systemanalys användas för att optimera och motivera dellösningar inom ett givet system av olika anläggningar. På en ännu lägre nivå kan systemanalysen användas för val och motivering av dellösningar inom en viss anläggning.

SKI anser även att för ett avfallshanteringsprogram, som inte sträcker sig över ett antal år som ett normalt industriellt projekt, utan över decennier, är det nödvändigt med uppdaterade redovisningar av systemanalyser, för olika ändamål och för olika nivåer enligt ovan. Främsta skälet till detta är givetvis att uppdateringar behövs för att ta hand om eventuell nyförvärvad kunskap och nya erfarenheter under den långa tid som utvecklingsarbetet pågår. SKI och SSI framförde i sin gemensamma rapport från 1999 (SKI, 1999) denna åsikt om behovet av förnyade systemanalyser.

Frågan om SKB:s kommande systemredovisningar är följaktligen komplex. Myndigheterna och SKB behöver komma överens om när sådana redovisningar skall göras, vilken nivå de avser och vad de skall innehålla.

SSI har i sitt yttrande över FUD-program 2001 fokuserat på behovet av en systemanalys i anslutning till ansökan om uppförandet av inkapslingsanläggningen och som enligt SSI bör inriktas på kopplingar i hanteringssystemet. Liksom SSI anser SKI att SKB:s första planerade systemanalys måste omfatta hela systemet och inte bara inkapslingsanläggningen, vilket är det intryck man får av SKB:s planer enligt avsnitt 1.3.2 i FUD-program 2001. SKI anser att detta, tillsammans med säkerhetsanalyser och den obligatoriska MKB:n, är tillräckligt som beslutsunderlag vid prövning av denna anläggning.

Det är rimligt att en fullständig uppdatering av systemanalysen görs som underlag för prövning av att uppföra en inkapslingsanläggning. Enligt SKI:s uppfattning, och som framfördes redan i granskningen av FUD-program 98, behöver systemanalysen uppdateras på alla nivåer och framförallt inför det slutliga metod- och platsval som prövningen av ansökan om detaljundersökningar innebär. En sådan inställning är också helt i linje med de synpunkter på beslutsprocessen som framförs av Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk.

SKI vill inte nu binda sig för en bestämd uppfattning i frågorna om tidpunkt, omfattning och inriktning av kommande systemanalyser annat än de måste ingå i beslutsunderlaget för de planerade anläggningarna. Dessa frågor tas upp i den dialog som SKI anser behövs med SKB om utformningen av strategidokument, se nästa avsnitt (2.7).

2.7 Strategidokument

Remissinstansernas synpunkter

Behovet av olika strategidokument för SKB:s program påtalas i SSI:s yttrande. Enligt SSI bör SKB i ett sådant dokument klargöra vilka resultat som bör vara uppnådda inför de successiva stegen i slutförvarsprogrammet. Detta skulle tydliggöra kopplingarna mellan de olika delarna i slutförvarsprogrammet och göra det lättare att bedöma om de FUD-aktiviteter som SKB redovisar är ändamålsenliga och tillräckliga. Exempel på frågor som bör behandlas i ett strategidokument är enligt SSI:

- krav på de tekniska barriärerna i de successiva stegen av programmet
- syften och målsättning med kommande system- och säkerhetsredovisningar, inklusive vilka data och modellverktyg som behövs
- målsättning för pågående och planerade långtidsförsök
- redovisning av när kritiska forskningsresultat och modeller måste vara framtagna.

Enligt SSI:s uppfattning bör SKB ta fram och redovisa ett strategidokument för omhändertagande av använt kärnbränsle senast år 2004. SSI anser också att SKB bör ta fram ett strategidokument för slutförvaringen av annat långlivat avfall.

SSI anser att det är angeläget att regeringen anger en tidplan och villkor för SKB:s program för omhändertagandet av annat långlivat avfall.

Vissa av de övriga remissinstanserna berör indirekt frågan om strategidokument. Framför allt efterlyses framtagning av planer för innehållet i kommande redovisningar och analyser inom ramen för MKB-processerna. Länsstyrelsen i Kalmar län framhåller t.ex. betydelsen av att klargöra de tidsmässiga kopplingarna mellan de olika ingående komponenterna i ett slutförvarssystem, och att SKB på ett tydligt sätt redovisar när beslut ska tas för de olika delarna.

SKI:s bedömning

SKI planerar att under år 2002 dels föra en dialog med SKB om framtagning av ett eller flera strategidokument för SKB:s program, dels ta fram granskningsplaner som bygger på dessa dokument. Detta arbete, som förutsätts ske i dialog med SSI, har beskrivits översiktligt i SKI:s brev till SKB, SSI, KASAM och Miljödepartementet 2002-02-13 (dnr 5.8-020195).

Tanken på ett ”strategidokument” väcktes från början av OECD/NEA:s granskningsgrupp för SR 97 (SKI, 2000a) och vid SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SR 97 (SKI, 2000b). Granskningsgruppen fokuserade på behovet av att identifiera kritiska säkerhetsfaktorer för slutförvaret, säkerhetsfilosofin, och framförallt hur denna utvecklats med tiden. Gruppen ansåg också att ett sådant dokument skulle kunna användas för att beskriva sambandet mellan olika delar av slutförvarssystemet. Även SKB:s syn på olika syften med säkerhetsanalysen borde beskrivas.

Flera av dessa tankar om innehållet i ett strategidokument var emellertid redan omhändertagna, inte minst i myndigheternas utveckling i synen på systemanalys och systemredovisning (SKI dnr 5.8-971083, SSI dnr 6220/1994/97, från 5 mars 1998, SKI, 1999). Detta gäller på sätt och vis även den historiska tillbakablicken som i ett bredare perspektiv redovisats av SKB (t.ex. Kjellman, 2000).

Behovet av planeringsinstrument eller strategidokument, delvis liknande det som förespråkats av OECD/NEA, har vuxit sig starkare i och med att SKB:s program nu kommit in i ett intensivare skede. Det är inte tillräckligt att SKB:s planer redovisas endast i samband med FUD-programmen, som hittills varit ganska vaga när det gäller beskrivningen av innehållet i olika redovisningar och kopplingar mellan olika aktiviteter. Redan inom något år behöver myndigheterna få klarlagt vilka granskningar som förväntas under de närmaste 10 åren och hur de beror av varandra. Detta är framförallt nödvändigt för planeringen av myndigheternas arbete, men också för att i andra sammanhang beskriva hur SKB ska uppnå målet för en säker slutförvaring av kärnavfallet.

Följande är exempel på frågor som enligt SKI:s uppfattning bör hanteras som ett levande dokument, och som SKI avser att diskutera med SKB och SSI samt även inhämta andra intressenters synpunkter på.

Säkerhetsfilosofi

SKB bör definiera de bärande argumenten för slutförvarssystemets säkerhet, vilka barriärer och barriärfunktioner som kommer att tillgodoräknas samt hur och med vilka argument säkerheten kommer att visas uppfylla gällande myndighetskrav. Delvis har detta gjorts i samband med säkerhetsrapporten SR 97 och i SKB:s olika FUD-program, men fortfarande saknas en sammanhållande redovisning av vilka principer som gäller inför det kommande arbetet inför prövningen av planerande anläggningar. En särskilt viktig fråga är hur olika säkerhets/barriärfunktioner värderas och tillsammans bidrar till långsiktig säkerhet.

Tidplan för kommande redovisningar

SKB behöver kontinuerligt uppdatera en *realistisk* tidplan för sina kommande redovisningar (metodrapport, säkerhetsanalys, preliminära säkerhetsbedömningar), och säkerhetsanalyser inför prövning av ansökningar om inkapslingsanläggning och slutförvar m.m. SKB behöver även ange i vilka sammanhang olika systemanalyser avses redovisas.

Innehåll i kommande redovisningar

SKB behöver precisera innehållet, såsom omfattning och avgränsningar, i de förutsedda redovisningarna av säkerhetsanalyser, säkerhetsrapporter och systemanalyser, inklusive redovisning av alternativ.

Plan för uppföljning av säkerhetskrav

SKB behöver redovisa hur säkerhetsanalyser och kunskap om olika komponenter i systemen används för att härleda konstruktionsförutsättningar, tekniska krav på barriärer och hur kontrollmetoder och kvalitetssäkring tillämpas för att visa att kraven uppfylls. Det bör framgå vid vilka tillfällen de olika kraven skall kunna visas vara uppfyllda. En sådan plan överensstämmer delvis med de krav på strategidokument som framförts i

SSI:s yttrande över FUD-program 2001. SKI anser dock att den detaljerade uppföljningen och planeringen av konkreta forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprojekt företrädesvis bör utföras inom ramen för den redan etablerade proceduren med FUD-program vart tredje år.

Terminologi

Ytterligare ett syfte med strategidokument är att SKB och myndigheterna utarbetar en samstämmig terminologi. Behovet av en sådan enhetlig terminologi har påtalats i flera olika sammanhang under senare tid. Exempel på termer som behöver definieras på detta sätt är: funktionskrav, tekniska kriterier, barriärfunktion, säkerhetskrav och säkerhetsfunktion.

Utformning av förvar och tekniska barriärer

SKB behöver redogöra för en tidplanering för nödvändiga strategiska val relaterade till utformningen av tekniska barriärer och realiseringen av förvarskonceptet. Om denna typ av strategiska val inte utförs enligt en på förhand utarbetad plan finns uppenbara risker kopplade till att forskning kring långsiktig säkerhet och utveckling av säkerhetsanalys inte blir konsistent och optimalt avpassad för det koncept som slutligen kommer att användas.

SKI anser att strategidokumentet för genomförandet av slutförvarsprogrammet skall ses som ett levande dokument, som ska uppdateras efterhand och vid behov, utan kopplingar till redovisningstillfällen såsom FUD-program.

3 Säkerhetsanalys

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av säkerhetsanalys som motsvarar kapitel 2 i FUD-program 2001.

3.1 SKB:s utvecklingsprogram för säkerhetsanalys

SKB:s redovisning

Ett huvudsakligt syfte med SKB:s verksamhet är att den långsiktiga säkerheten vid slutförvaring av använt kärnbränsle och annat kärnavfall kan visas uppfylla myndighetskraven. Säkerhetsanalysen är verktyget för att uppnå detta. De två viktigaste inplanerade tidpunkterna för utvärdering av förutsättningarna för långsiktig säkerhet är vid inlämning av ansökan att få uppföra inkapslingsanläggningen samt ansökan att få bygga slutförvaret för använt bränsle (SFL 2). Dessutom erfordras säkerhetsanalyser för utvärdering av det befintliga SFR (driftsavfall), det planerade SFL 3-5 (långlivat låg och medelaktivt avfall) och en utbyggnad av SFR för rivningsavfall (SFR 3). Följande ungefärliga tidplan för SKB:s säkerhetsanalyser har förutsatts som redovisats av SKB i olika sammanhang (SKB 2001a, SKB 2001b):

- Metodrapport säkerhetsanalys (2002)
- Säkerhetsanalys baserad på generiska data (2004)
- Preliminära säkerhetsutvärderingar från platsundersökningar (2004)
- Säkerhetsanalys fokuserad på kapsels funktion (bifogas ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen; 2005)
- Säkerhetsanalys baserad på platspecifika data (bifogas ansökan om att få uppföra slutförvaret; 2007)
- Säkerhetsanalys för SFL 3-5 baserad på data från platsundersökningar för SFL 2 (2009).

Till varje ny säkerhetsanalys bifogas en uppdaterad processrapport som beskriver det aktuella vetenskapliga underlaget som analysen baserats på.

SKB avser att använda metodrapporten (2002) som en utgångspunkt för att dokumentera och få respons på en från SR 97 vidareutvecklad säkerhetsanalysmetodik (SKB, 1999a). Resultatet skall sedan ligga till grund för en säkerhetsanalys baserad på generiska data (2004). Vid detta tillfälle kan enligt SKB data från de pågående platsundersökningarna inte ge underlag för en säkerhetsanalys och därför utnyttjas istället generiska data. De resultat som finns tillgängliga kommer dock utvärderas inom ramen för preliminära säkerhetsutvärderingar (2004), vilket ger underlag för att bedöma om var och en av platserna för inledande platsundersökningar kvalificerar sig för en fullständig platsundersökning. Även säkerhetsanalysen som bifogas ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen (2005) kommer utnyttja generiska data men skiljer sig så till vida att den särskilt fokuseras på kapselns funktion i slutförvarssystemet.

SKB överväger att låta metodrapporten granskas av internationell expertis.

Remissinstansernas synpunkter

SOS-Tierp anser att SKB måste presentera en ny riskanalys, mot bakgrund av bristande hantering av vissa faktorer av säkerhetsmässig betydelse i SR 97 (permafrostens djupgående, underskattning av skalvfrekvenser, avsaknad av kombination av scenarier, kolloid transport, intrång etc.).

SSI anser att SKB bör förstärka säkerhetsanalysens roll för integrering av olika delar av programmet men konstaterar att redovisningen i FUD-program 2001 är för knapphändig för att bedöma om detta kommer att uppfyllas. SSI föreslår därför att denna fråga behandlas i ett särskilt strategidokument (se avsnitt 2.7)

SSI anser vidare att SKB:s metodrapport bör genomgå, dels en formell myndighetsgranskning, dels en internationell expertgranskning. Den formella myndighetsgranskningen bör kopplas till FUD-program 2004. SKB bör enligt SSI på ett tidigt stadium redovisa omfattningen av de s.k. preliminära säkerhetsbedömningarna.

SSI påpekar betydelsen av att säkerhetsanalysen som ligger till grund för ansökan om inkapslingsanläggningen, tar hänsyn till nya rön och data som framkommit vid tillverkning av provning av kopparkapslar, buffert och återfyllnad.

SKI:s bedömning

SKI instämmer med SSI och SKB att det vore värdefullt att få till stånd en utförlig internationell granskning av SKB:s kapacitet inom området säkerhetsanalys innan ansökan om att få bygga slutförvaret lämnas in, liksom även ansökan om att få bygga inkapslingsanläggningen. SKI bedömer att föremålet för en internationell granskning bör vara säkerhetsanalysen baserad på generiska data (2004). Denna granskning skulle kunna genomföras med ungefär samma ambitionsnivå som den internationella granskningen av SR 97 (OECD/NEA, 2000). SKI förutsätter att SKB:s tidplanering kommer medge att synpunkter, dels från en internationell expertgranskning, dels från SKI och SSI, kommer kunna tas omhand innan SKB går vidare med att lämna in ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen (se vidare 2.4). För att möjliggöra en viss flexibilitet i tidplaneringen, anser SKI dock att publicering och granskningen av säkerhetsanalysen 2004 kan vara fristående från FUD-program 2004.

SKI ser ett behov att säkerställa att återkoppling mellan säkerhetsanalys och platsundersökningsprogrammet utnyttjas till fullo, särskilt som ingen av de båda säkerhetsanalyser som SKB planerar att publicera inom de närmaste åren (2004 och 2005) kommer att baseras på data från platsundersökningsprogrammet. I detta sammanhang anser SKI liksom SSI, att SKB bör konkretisera målsättningar och avgränsningar för de preliminära säkerhetsbedömningarna som SKB kommer att genomföra efter den inledande fasen av platsundersökningarna. SKB bör på förhand specificera vilken information som behövs för att kunna ta ställning till om den aktuella platsen kvalificerar sig för en fullständig platsundersökning. För att stärka integrationen mellan säkerhetsanalys och komplett platsundersökning krävs en friare tolkning av platsdata för att testa och analysera implikationer av t.ex. strukturmodeller, hydrologiska modeller samt geokemiska modeller. SKB bör ange vad som är av direkt relevans för de

preliminära säkerhetsbedömningarna. SKI kommer att följa upp detta inom ramen för SKB:s och myndigheternas samråd om platsundersökningar samt system- och säkerhetsanalys.

SKI föreslår även att en uppdaterad version av den s.k. processrapporten (SKB, 1999b) vid något tillfälle innan ansökan att få uppföra slutförvaret, granskas av internationella experter med god förankring i kritiska vetenskapsdiscipliner och andra kärnavfallsprogram. Syftet är att rapporten skall få en så bred förankring som möjligt i forskningsfronten inom alla relevanta vetenskapsområden. SKI kan konstatera att SKB:s redovisning i FUD-program 2001 och även SR 97, med vissa undantag i relativt liten utsträckning baseras på andra arbeten än de som SKB själva finansierar. SKI håller på att ta fram ett oberoende program för att granska den vetenskapliga förankringen av SKB:s processmodeller inom säkerhetsanalys, men menar att SKB behöver genomföra en egen fristående granskning.

Beträffande säkerhetsanalysen som skall ligga som grund för ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen (2005), anser SKI liksom SSI, att SKB bör inkludera ett från SR 97 avsevärt förbättrat underlag för bedömning av den förväntade kvaliteten på kopparkapslar tillverkade i industriell skala. Det är av avgörande betydelse att SKB, vid detta tillfälle, på ett övertygande sätt kan visa att säkerhetsanalysens antaganden vad det gäller kapseldefekter har mycket goda förutsättningar att infrias. Inriktningen på myndigheternas granskning av denna säkerhetsanalys kan främst förväntas vara en bedömning av kvalitets- och designfrågor för kapseln, samt en avstämning av hur synpunkter från granskningen av säkerhetsanalysen 2004 har tagits om hand. För att uppnå det föregående, erfordras sannolikt betydande granskningsinsatser av oberoende experter för bedömning av design, tillverkning, förslutning, provning samt övrig hantering av kapseln, samt eventuellt verifierande modellering och beräkningar.

3.2 Säkerhetsanalysens utformning

SKB:s redovisning

De grundläggande momenten i säkerhetsanalys kan sammanfattas som:

- Systembeskrivning inklusive beskrivning av förvarets initialtillstånd.
- Val av scenarier.
- Analys av valda scenarier.
- Konsekvensbeskrivning inklusive riskanalys.

Systembeskrivningen återfinns i en processrapport som beskriver den vetenskapliga bakgrunden för samtliga relevanta processer, liksom THMC-diagram som beskriver hur de påverkar förvarssystemet (SKB, 1999a). SKB avser att inom den närmaste perioden utreda huruvida THMC-diagrammen kan utvecklas så att tidsberoenden och utveckling av scenarier kan beskrivas. Dokumentationen av processer kommer att förbättras med bl.a. rutiner för expertbedömningar, intern granskning, och beskrivning av osäkerheter.

Vad gäller scenarier, planerar SKB en utvärdering av olika metoder att erhålla ett systematiskt val. Vissa förbättringar jämfört SR 97 kan förväntas, t.ex. med avseende på integration av jordskalvsberäkningar med andra aspekter på långsiktig säkerhet, hänsyn till platsspecifika förutsättningar, och hänsyn till osäkerheter i initialtillståndet.

För analys av valda scenarier planerar SKB att i processrapporten framgent tydligare beskriva hur samtliga processer tas om hand av olika modeller i säkerhetsanalysen. Särskilda validitetsdokument kommer tas fram för de viktigaste konsekvensanalysmodellerna. SKB:s särskilda rapport för att dokumentera urvalet av data till säkerhetsanalys, den s.k. datarapporten, kommer också uppgraderas. Dessutom har SKB utvecklat analytiska modeller för radionuklidtransport som visats i stort kunna återskapa resultaten från numeriska modellen. Fördelen med de analytiska modellerna är att probabilistiska beräkningar kan utföras med betydligt mindre beräkningskapacitet. Samtliga föreslagna förbättringar jämfört med SR 97 kommer att preciseras i metodrapporten som kommer att publiceras senare under innevarande år.

SKB redovisar i FUD 2001 resultat gällande vissa aspekter av riskanalys som kan ses som ett komplement till SR 97. Man visar bland annat att den exakta formen på en parameterfördelning har liten betydelse eftersom resultatet i stort sett enbart påverkas av centralvärdet och spridningsmåttet. Vissa parameterkorrelationer har också studerats och har funnits ge en mycket begränsad påverkan. SKB har också kompletterat osäkerhetsanalyserna i SR 97 med bestämningar av s.k. rangkorrelationskoefficienter.

Remissinstansernas synpunkter

KTH anser att SKB:s systembeskrivning är otillfredsställande samt att val och utslutning av scenarier bör motiveras tydligare. Man pekar särskilt på problemet att ta med osannolika men ändå inte otroliga scenarier.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarhamns kärnkraftverk anser att säkerhetsanalysen inte får bli för vetenskapligt inriktad, utan att även t.ex. grundläggande värderingar bakom scenarioval måste inkluderas. Man framhåller betydelsen av att säkerhetsanalysen är formulerad så att den kan ge svar på allmänhetens frågor.

SOS-Tierp menar att riskanalys bör vara den samlade benämningen på utvärderingen av förvarets långsiktiga utveckling, snarare än som idag säkerhetsanalys.

SOS-Tierp anser även att kompetens inom scenarioanalys måste breddas så att även samhällsvetenskaplig och beteendevetenskaplig kompetens utnyttjas inte minst för att utveckla intrångsscenarierna. Man vill bland annat med hänvisning till tidigare myndighetsgranskningar också ta upp buffertens och återfyllnadens funktion efter intrång. SOS-Tierp vill också påpeka att SKB:s utveckling av analytiska verktyg för radionuklidtransport inte får ske på bekostnad av vidareutvecklingen av de numeriska modellerna.

SSI anser med utgångspunkt från målformuleringarna i FUD-program 2001, att SKB tagit hänsyn till de viktigaste kommentarerna från SSI:s och SKI:s gemensamma granskning av SR 97. Myndigheten är positiv till att SKB påbörjat arbetet med att

systematisera beskrivningen av biosfärprocesser med samma metod som för tekniska och naturliga barriärer. Vad gäller val av scenarier, anser SSI att kopplingen till sannolikhet, sammanvägning av scenarier samt utvärdering av scenarioosäkerhet, är frågor som SKB bör belysa i metodrapporten (2002).

SSI påpekar att SKB inte nödvändigtvis måste genomföra en fullständigt probabilistisk analys, utan snarare bör belysa hantering av kombinerade deterministiska och probabilistiska beräkningar. SSI menar vidare att SKB i samband med nästa säkerhetsredovisning bör presentera en samlad strategi för riskanalys. Frågor som är särskilt angelägna att beakta är bl.a., formella procedurer (expertbedömningar) för skattning av svårsmätbara parametrar, användning av maximal konditionerad risk resp. medelrisk samt alternativa säkerhetsindikatorer.

SKI:s bedömning

SKI håller med SSI om att SKB i stort sett beaktat de viktigaste synpunkterna från myndigheternas gemensamma granskning av SR 97. Enligt SKI är en betydande del av de kvarstående frågorna kring säkerhetsanalys relaterade till kravet på kvalitetssäkring, vilket bör föranleda SKB att planera och tydliggöra sina målsättningar inom detta område. SKI förväntar sig att SKB:s metodrapport kommer klargöra vissa frågor men bedömer att arbetet med att förbättra kvalitetssäkringen kommer behöva fortsätta fram till ansökan om att få bygga slutförvaret. Exempel på kvalitetsaspekter som SKI kommer att följa upp vid granskningen av SKB:s säkerhetsanalyser är:

- Att en uppdaterad processrapport innehåller ett så etablerat och fullständigt vetenskapligt material som möjligt.
- Att de antaganden och modellverktyg som används vid scenarioanalysen är konsistenta med processrapportens beskrivningar.
- Att urvalet av scenarier utgår från en systematisk hantering av händelser och processer som kan påverka förvaret.
- Att dokumentation och verifiering av modellverktyg och koder är tillräcklig ur kvalitetssäkringssynpunkt.
- Att innehållet i en uppdaterad datarapport är spårbart till experimentella resultat och dokumentationen från platsundersökningar.
- Att expertbedömningar som ligger till grund för parameterval, hantering av individuella processer, val av konceptuella modeller etc. dokumenteras så fullständigt som möjligt.

En annan viktig aspekt av kvalitetssäkring är kontroll av reproducerbarhet för särskilt viktiga beräkningar inom säkerhetsanalys. SKI avser att inom de närmaste åren utveckla och förbättra dokumentationen av egna beräkningsmodeller och programkoder, som kommer användas som underlag för att kontrollera reproducerbarheten av SKB:s resultat.

SKI:s föreskrifter och allmänna råd om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall träder i kraft 1 april 2002 (SKI, 2002a; SKI, 2002b). Dessa har implikationer för vilka egenskaper som skall karakterisera barriärsystemet och hur detta skall demonstreras. SKI:s föreskrifter och allmänna råd berör ett flertal aspekter relaterade till

SKB:s säkerhetsanalyser, så som scenarioval, tidsskalor, hantering av osäkerheter, etc., som SKB måste beakta.

SKI kan konstatera att ett flertal remissinstanser tar upp frågan om hur scenarier som inbegriper mänskligt intrång och mänskliga handlingar skall hanteras i SKB:s kommande säkerhetsanalyser. SKI anser att ambitionsnivå och målsättning för analysen av denna scenariotyp bör diskuteras inom ramen för en dialog mellan främst SSI, SKB och SKI.

SKI förhåller sig positiv till att SKB planerar att ta fram validitetsdokument för de viktigaste modellerna för konsekvensanalys. SKI menar dock att SKB även bör göra en inventering av detaljerade processmodeller som understödjer konsekvensberäkningar och övergripande slutsatser i säkerhetsanalys. Enligt SKI bör enklare kvalitetssäkringsdokument tas fram även för andra modeller än de som används för konsekvensberäkningar.

SKI förhåller sig liksom SSI, positiv till att SKB tagit fram och utvärderat analytiska lösningar till ekvationerna som beskriver radionuklidtransport. Det faktum att resultaten från de analytiska lösningarna överensstämmer bra med de numeriska beräkningarna öppnar nya möjligheter att på ett enklare sätt använda omfattande probabilistiska beräkningar. SKB:s redovisning kring säkerhetsanalys tar dock inte upp den svårare och mera grundläggande frågan om hur representativ SKB:s numeriska metod att beskriva radionuklidtransport kan anses vara, inverkan av abstraktionsfel vid karakterisering av geosfären med några få effektiva parametrar, samt jämförelsen med transportmodeller som inbegriper mera detaljer vad det gäller transportvägarnas geometri. SKI utgår ifrån att SKB kommer fortsätta att arbeta med dessa frågor inom ramen för både forskningsprojekt och säkerhetsanalys (se vidare 4.6.).

SKI anser att de känslighetsanalyser som SKB redovisar är användbara och förmodligen reflekterar en i huvudsak korrekt bild över vad som är kritiska parametrar i KBS-3-systemet. Det hindrar dock inte att de måste användas med ett stort mått av försiktighet, eftersom känslighetsanalyserna påverkas av de många konceptuella förenklingar som utnyttjats. SKI uppmanar SKB att anamma en minsta gemensam kvalitetsstandard för samtliga parametrar oavsett deras känslighet i detta sammanhang samt om möjlig genomföra känslighetsanalyser baserade på mera detaljerade processmodeller för att få ett mera omfattande underlag för prioriteringar.

SKI kan konstatera att många remissinstanser är intresserade av att följa SKB:s säkerhetsanalyser men hyser vissa farhågor om att SKB:s redovisning kommer vara svårgenomtränglig och allt för tekniskt orienterad. SKI anser att SKB på ett tidigt stadium bör ta fram och sedan uppdatera en transparent och lättillgänglig variant av säkerhetsredovisningen. För att vara användbar måste denna redovisning vara så konsistent som möjligt med de tekniskt detaljerade delarna och utförligt ta upp de grundläggande problemen i att demonstrera den långsiktiga säkerheten för slutförvaret.

3.3 SKI:s sammanfattande bedömning säkerhetsanalys

Inför de kommande årens säkerhetsanalysarbete vill SKI särskilt uppmärksamma följande punkter:

- SKB:s kapacitet för att genomföra säkerhetsanalys för slutförvar bör bli föremål för en internationell utvärdering.
- En plan för kvalitetssäkring av kommande säkerhetsanalyser behöver tas fram.
- SKB bör ta fram rutiner för och dokumentera att preliminära säkerhetsanalysresultat utnyttjas för att ge återkoppling till fortsatt arbete inom platsundersökningar.
- SKB:s arbete med att ta fram säkerhetsanalyser bör integreras med utveckling av tekniska barriärer och förvarsutformning.
- Säkerhetsredovisningen bör kompletteras så att den inte bara kan utnyttjas av experter utan även av personer utan särskilda bakgrundskunskaper.

4 Forskning kring långsiktig säkerhet

SKI redovisar i detta kapitel synpunkter på SKB:s övergripande prioriteringar för forskning kring långsiktig säkerhet som redovisas i kapitel 3 i FUD-program 2001. Under underrubrikerna använt bränsle, kapsel, buffert, återfyllnad, geosfär och Äspölaboratoriet, kommenterar SKI SKB:s motsvarande kapitel 4-8 samt kapitel 12 i FUD-program 2001.

4.1 Inledning

Redovisningen av olika ämnesområden i FUD-program 2001 följer i stort den struktur SKB redan etablerat i den s.k. processrapporten. Följande delar av slutförvarssystemet beskrivs var för sig:

- Bränsle.
- Kapsel.
- Buffert.
- Återfyllning.
- Geosfär.

SKB börjar varje avsnitt med att beskriva arbetet med att karakterisera initialtillståndet, vilket anses vara deponeringstidpunkten för beskrivningen av bränsle, kapsel, buffert och återfyllnad. Därefter beskrivs de processer som kan påverka den långsiktiga utvecklingen av varje delsystem. Varje delsystem delas i sin tur in i den THMC-struktur som SKB utvecklat, vilken består av strålrelaterade processer (R), termiska processer (T), hydrauliska processer (H), mekaniska processer (M), kemiska processer (C) samt radionuklidtransport.

SKB anger i matrisform både för initialtillstånd och långsiktiga processer (med indelningen delsystem mot THMC-struktur; Tabell 3-1 och 3-2; SKB, 2001) prioriterade frågeställningar inför den kommande treårsperioden. Vad gäller initialtillstånd är det främst geosfären som är föremål för särskild uppmärksamhet eftersom man förutsätter att platsundersökningar kommer påbörjas inom kort. Exempel på långsiktiga processer som man särskilt kommer studera är de som rör bränsleupplösning, korrosion och deformation av kapsel, återmättnad av buffert och gastransport, samt för geosfären grundvattenströmning, reaktivering i samband med jordskalv, mikrobiella processer och matrisdiffusion.

SKI anser att SKB i och med FUD 2001 tagit fram en avsevärt förbättrad struktur för redovisningen av forskning om förvarets initialtillstånd och långtidsegenskaper. Genom att knyta an till grundstrukturen i den s.k. processrapporten, ges förutsättningarna för att integrera forskning och säkerhetsanalys på ett tydligare sätt än hittills. Detta förväntas underlätta den uppdatering av processrapporten som utlovats inför kommande säkerhetsanalyser. SKI rekommenderar SKB att använda en liknande struktur inför kommande FUD-program.

SKI anser att SKB:s övergripande prioritering av forskning kring långsiktig säkerhet om tekniska barriärer och geosfär (som t.ex. uttrycks i Tabell 3-1; SKB, 2001) i huvudsak är ändamålsenlig i förhållande till säkerhetsanalysens behov. En bakgrund till denna bedömning är bl.a. resultatet av granskningen av SR 97 (SKI, 2000).

Eftersom kärnavfallsfrågan kommit in i en konkret fas som förutsätter att väldefinierade mål kan uppnås och stämmas av inom en relativt snäv tidsplan, ökar kraven på att myndigheterna och SKB för en effektiv dialog som inbegriper såväl övergripande strategifrågor som tekniska och vetenskapliga detaljfrågor. SKI anser därför att betydelsen av regelbundna informationsmöten kommer att öka. SKI förutsätter därför att informationsmöten inom områdena säkerhetsanalys och forskning kring långsiktig säkerhet, samt tekniska barriärer kommer till stånd en till två gånger per år. SKI har dessutom föreslagit en struktur av uppföljningsmöten för att stämma av granskningar av FUD-program och säkerhetsanalyser. Dessa möten, som ordnas i en mindre krets av berörda experter, skall täcka in:

- Kapsel.
- Använt bränsle och närområde.
- Buffert och återfyllnad.
- Scenarier och säkerhetsanalysmetodik.
- Radionuklidtransport.

Möten för platsundersökning samt system- och säkerhetsanalys täcks dessutom in av det samråd mellan SKB, SSI och SKI som regeringen beslutat om.

SKI ställer sig liksom SSI positiv till att SKB i FUD-program 2001 sammanfattar särskilt viktiga kommentarer från tidigare granskningar. Inför kommande FUD-program bör dock SKB kontrollera att samtliga myndighetskommentarer som tas upp också bemöts explicit i den egna redovisningen.

4.2 Använt bränsle och radionuklidkemi

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av bränsle som motsvarar kapitel 4 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

SKB:s experiment har under den föregående perioden inriktats på studier av hur vätgas kan reducera oxiderade species som bildas vid radiolys invid bränsleytorna. Resultaten visar att bränsleupplösningen är mycket begränsad då vätgas finns närvarande. Detta anser man sig kunna förklara genom att bränslematrisen aktiverar vätgasen och möjliggör en reduktion av species som O_2 , H_2O_2 och UO_2^{2+} . De lägst uppmätta upplösningshastigheterna är konsistenta med icke-oxiderande upplösning av den mycket svårlösliga U(IV)-matrisen. Högre upplösningshastigheter, som uppmätts under anoxiska förhållanden utan vätgas, kan förklaras av oxidativ upplösning av $UO_2(s)$ orsakad av radiolys och i viss utsträckning oxidation av $UO_2(s)$ från inläckage av syre från omgivningen.

SKB anger att studier av bränsleupplösning är ett prioriterat område för den kommande treårsperioden. Betydelsen av området kan relateras till behovet av att i en säkerhetsanalys visa att bränslet har en betydande barriärfunktion för radionuklider som inkorporerats i bränslematrisen. Inför kommande säkerhetsanalys avser SKB att analysera bevisvärdet av erhållna resultat i syfte att föreslå försvarbara modeller för bränsleupplösning. Fortsatta experimentella insatser i form av lakförsök med använt bränsle i autoklaver och flödesceller planeras, liksom in situ försök med den s.k. CHEMLAB-sonden.

SKB planerar också att ta fram ett förbättrat dataunderlag för den snabbaste formen av bränsleupplösning (s.k. "instant release") med ny teknik. Man kommer också gå igenom radionuklidinventarieberäkningar för samtliga bränsletyper och särskilt belysa osäkerheter för vissa svårbestämbara nuklider. Långtidsförändringar av geometri och struktur kommer studeras inom ramen för ett EU-projekt.

SKB har studerat redoxprocesser för aktinider på $UO_2(s)$ och järnoxider. Syftet är att förstå retentionsprocesser i en skadad kapsel. För att kunna tillgodoräkna sig dessa effekter krävs ytterligare insatser för att karakterisera och förstå bildning av korrosionsprodukter och sekundära mineraler. Ett relaterat problem är att det finns endast en begränsad mängd information om fyrvärda aktinidoxider, vilket således blir föremål för ytterligare studier under nästkommande FUD-period. Inför kommande säkerhetsanalys planeras nya löslighetsberäkningar, liknande de som redovisades för SR 97 (Bruno m.fl., 1997).

Remissinstansernas synpunkter

Chalmers tekniska högskola efterlyser ytterligare forskningsinsatser kring grundläggande aktinidkemi. Särskilt för plutonium kemi vid högre pH anses det befintliga kunskapsunderlaget otillräckligt.

Chalmers anser också att SKB borde planera försök med en experimentkapsel med använt bränsle. Detta skulle ge möjlighet att studera korrosionsbenägenhet i verklig strålmiljö, uppvärmningens inverkan på hållfasthet samt eventuella andra okända strålnings effekter.

Chalmers påpekar att analys av kriticitetsförhållanden kunde kompletteras med scenarier som inkluderar felaktig laddning (eventuellt färskt bränsle) i någon kapsel. Umeå Universitet anser att fortsatt forskning för att fastställa säkerhetsmarginaler mot kriticitet i det inneslutna bränslet bör anses betydelsefull.

SKI:s bedömning

SKI anser att SKB:s bränsleprogram har utvecklats positivt under de senaste åren och i stort sätt bedrivs på ett sätt som kan anses ändamålsenligt i förhållande till säkerhetsanalysens behov. Det är förmodligen korrekt av SKB att avsätta förhållandevis stora resurser för att karakterisera och bättre förstå de långsiktiga upplösningshastigheterna av bränslet under förhållanden som så nära som möjligt överrensstämmer med tänkbara

förvarsförhållanden. Det kan anses vara en fördel om långsiktig säkerhet kan demonstreras med barriärfunktioner som verkar nära källan, som t.ex. en mycket begränsad bränsleupplösning.

SKI anser att de resultat som SKB hittills redovisat ger förutsättningar för utveckling av en trovärdig och realistisk bränslemodell, som medger en betydande barriärfunktion för radionuklider i bränslematrisen. Det bör dock påpekas att nyligen uppnådda resultat, till exempel med avseende på vätgasens förmåga att bromsa bränsleupplösning, fortfarande måste betraktas som preliminära. SKI anser att en stort mått av försiktighet är befogad innan ny kunskap utnyttjas i en säkerhetsanalys. Säkerhetsanalysen bör så långt som möjligt baseras på etablerad kunskap som erhållits genom att vetenskapliga experiment verifierats och genom att flera oberoende tolkningar och teoribildningar granskats och jämförts.

SKI och SSI ansåg t.ex. vid granskningen av SR 97 att tolkningen av resultaten från modeller som beskriver närområdet (skadad kapsel och bränsleupplösning) var allt för kategoriska och inte i tillräcklig utsträckning beaktade modell- och parameter-osäkerheter (SKI, 2000; Grambow, 2000). Det är därför viktigt att SKB arbetar vidare med att ta fram bättre processmodeller för att förklara sina experimentella resultat. Det grundläggande kravet för att kunna extrapolera experimentella resultat till långa tids-skalar är att man kan redovisa och ha stort förtroende för att en processmodell kan förklara erhållna resultat. Dessutom måste möjliga alternativa förklaringar kunna uteslutas (eller kan betraktas som alternativa konceptuella modeller i säkerhetsanalysens utvärdering).

Vidareutveckling av processmodeller infattar t.ex. bättre kvalitetskontroll av kinetiska data för individuella reaktioner, förbättrad representation av fasgränssytor, hantering av bränslets strukturella degradering samt representation av gradienter från det använda bränslet. Dessutom bör kvalitetssäkring av databaser och program kunna redovisas.

SKI ser vissa risker med att bränsleprogrammet främst fokuserats på frågan kring vätgasens roll för förbrukning av bildade oxidanter. Denna infallsvinkel har också en koppling till SKB:s modell för skadad kapsel (se avsnitt 4.3). Bränslemodellen bör vara så pass generell att den kan om så erfordras anpassas för andra kapselskador än små initiala defekter (så som skador som orsakats av t.ex. skalv, spänningskorrosion eller mänskliga handlingar). SKB bör studera hur partialtrycket av vätgas, och den resulterande bränsleupplösningen, påverkas av olika grad av exponering (för grundvatten) och skador på kapsel och buffert. SKB bör också själva ifrågasätta om det är möjligt att, för mycket långa tidsperioder, i säkerhetsanalys tillgodoräkna sig den vätgas som bildas från korrosion av insatsen. Det är t.ex. tänkbart att det tillgängliga järnet förbrukas eller att korrosionshastigheten faller ned till en i sammanhanget obetydlig nivå.

Inverkan av geokemiska betingelser på bränsleupplösning ger en koppling till platsspecifika förutsättningar, överslagsberäkningar för att bedöma den långsiktiga geokemiska utveckling (se avsnitt 4.6.5) och möjligtvis bentonitens porvattensammansättning (Arthur och Zhou, 2001). Även om SKB:s redovisning visar att inverkan av redox har behandlats i detalj saknar SKI en diskussion om inverkan av

andra grundvattenkemiska parametrar (salinitet, pH, karbonathalt etc.) och en analys av huruvida dessa täcks in tillräckligt väl i det experimentella programmet.

Den kvantitativa mått på bränsleupplösning som sannolikt har störst effekt i riskanalysen är den uppskattade inventariet av omedelbar upplösning ("instant release") för kritiska nuklider (I-129, Cl-36, Se-79 etc.). SKI välkomnar därför att SKB har tagit initiativ till att få fram ett bättre experimentellt underlag för dessa uppskattningar.

Angående de termodynamiska beräkningar för uppskattning av lösligheter som SKB planerar, vill SKI särskilt påminna om att osäkerhets- och känslighetsanalyser är en väsentlig del av analysen som måste redovisas (Ekberg, 2000). SKB behöver dessutom försäkra sig att alla kvalitetsfrågor relaterade till databashantering har beaktats (t.ex. Arthur, 2001).

SKI ser positivt på att SKB fortsätter utvärderingen av osäkerheterna i bedömningen av kriticitet. SKI håller dock med SKB om att kriticitet inte är trolig förutsatt att bränslet är tillräckligt utbränt och att geometrin inte förändras.

4.3 Kapsel

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av kapselforskning som motsvarar kapitel 5 i FUD-program 2001.

4.3.1 Initialtillstånd

SKB:s redovisning

I SKB:s beskrivning av initialtillståndet för kapseln ingår bl.a. variabeln geometri som inkluderar initiala defekter i förslutningen. SKB har startat ett forskningsprogram för att i en första fas fastställa acceptanskriterier och i ett senare skede arbeta mot kvalificering av utrustningar för oförstörande provning (OFP). I kommande säkerhetsanalyser bör antaganden om initiala defekter vara mer direkt kopplade till resultaten från utvecklingsarbetet med tillverkningsmetoder och metoder för OFP.

En annan variabel är temperatur, och det fortsatta arbetet angående temperaturutvecklingen i närområdet beskrivs dels under bränsle (avsnitt 4.1.4 i FUD 01) och dels under kapsel (4.2.5 i FUD 01). Kopporns emissivitet är av avgörande betydelse för temperaturfördelningen i kapseln, och kommande studier skall ge underlag för att formulera konstruktionskrav för kapselytorna.

Remissinstansernas synpunkter

SSI framför att SKB i framtida säkerhetsanalyser behöver redovisa utvecklingen av samtliga kapslar, d.v.s. även de kapslar med defekter som är mindre än vad de preliminära acceptanskriterierna anger, och utvärdera deras betydelse för det långsiktiga strålskyddet. SSI noterar vidare att SKB anger att framtagandet av kriterier för

acceptansprövningen avses ske i dialog med myndigheterna. SSI anser att framtagandet av kriterier för acceptansprövning i första hand bör ske i dialog mellan personal som arbetar med säkerhetsanalysfrågor respektive teknikutveckling inom SKB, och i andra hand i samråd med SKI och SSI.

Uppsala universitet instämmer i SKB:s bedömning att kopparytans emissivitet är av avgörande betydelse för värmefördelningen i kapseln. Universitetet vill påpeka att emissiviteten beror kritiskt på ytans renhet, vilken mycket väl kan ändras mot ökande föroreningsgrad.

SKI:s bedömning

SKI ansåg i granskningen av FUD-program 98 att SKB inte hade visat att man med tillgängliga metoder för provning kunnat uppnå kriteriet högst 0,1 % defekta kapslar. I FUD-program 2001 anger SKB en plan för hur acceptanskriterier skall tas fram och att erfarenheterna från provsvetsningen skall ge information om typer och frekvens för fel som kan uppstå vid svetsningen. SKI instämmer i att detta är rätt väg att gå, men vill påminna om att acceptanskriterier skall tas fram för tillåtna defekter i såväl kopparhölje och svetsar som i de gjutna insatserna. Konsekvensanalyser ska visa vad som händer om det finns fler och/eller större defekter än vad acceptanskriterierna anger, men även effekterna av mindre defekter bör analyseras för att visa på systemets känslighet, vilket även SSI påpekar. När det gäller kommande säkerhetsanalyser inte bara bör, utan skall, menar SKI, det finnas en stark koppling mellan indata till säkerhetsanalysen, uppsatta acceptanskriterier och teststatistik från den oförstörande provningen. SKB anger att arbetet kommer att bedrivas gemensamt med representanter från säkerhetsanalys, forskning och teknikutveckling, vilket SKI ser mycket positivt på.

SKI saknar en mer detaljerad beskrivning av studierna av emissivitet och temperaturutvecklingen i kapseln, men ser positivt på att SKB planerar använda sådana studier för att ta fram konstruktionskrav för kapselytorna. Som Uppsala universitet framför bör även emissivitetens eventuella förändring med tiden beaktas.

4.3.2 Deformation av gjutjärnsinsats

SKB:s redovisning

Tidigare beräkningar av hållfastheten för gjutjärnsinsatsen har visat att kapseln klarar 45 MPa (konstruktionsförutsättning i FUD-program 98) utan att kollapsa, vid användning av materialvärden ur tabell för den utvalda gjutlegeringen (EN-GJS-400-15). Nya beräkningar som använder materialdata från provtillverkingen av insatser har visat att kapslar som tål den högre dimensionerande lasten från SR 97 (80 MPa) inte alltid kan tillverkas.

SKB planerar förnyade hållfasthetsberäkningar i takt med att nya materialdata erhålls. Skadetålighetsberäkningar kommer att genomföras för att definiera tillåtna defekter i gjutgodset. SKB kommer eventuellt också att överväga provtillverkning i andra gjutlegeringar. Nya beräkningar för kapselns beteende vid skjuvrörelser i berget kommer

också att genomföras, vilket dock förutsätter nya materialdata för bentonit. SKB kommer vidare att utreda vilka säkerhetsfaktorer som skall tillämpas vid dimensioneringen av kapselinsatsen.

Remissinstansernas synpunkter

Mehedeby-Orrskogsggruppen respektive SOS-Älvkarleby finner det oroande att tillverkningen av gjutjärnsinsatsen medför hållfasthetsproblem och svårigheter att få jämn och hög kvalitet. SOS-Tierp menar även att det är bekymmersamt att de hållfasthetskrav som användes i SR 97 inte alltid kan uppnås. Säkerhetsanalysen måste därför omarbetas utifrån den konstruktionsförutsättning som angavs i FUD 98.

SKI:s bedömning

SKI ser det mycket angeläget att SKB genomför förnyade beräkningar för den mekaniska hållfastheten för kapseln, där alla ingående komponenter ses över såsom:

- Att verkligt erhållna materialdata från tillverkade insatser används
- Att uppdaterade materialdata för bentonit används
- Att dimensionerande last väljs konsistent med scenarivalet (laster under glaciation)
- Att tillåtna defekter definieras (utgående från konsekvensanalyser)
- Att brottkriteriet vid skjuvrörelser ses över.

Beräkningar och resonemang kring osäkerheter i materialdata, defekter respektive laster måste visa att tillräckliga marginaler finns så att kapseln inte kollapsar eller skjuvas av. En diskussion om säkerhetsfaktorer kan föras därefter, men bör inte i grunden användas för att dimensionera kapseln.

Med tanke på omfattningen av detta arbete behöver SKB försäkra sig om att tidplanen för detta arbete är rimlig och att tillräckliga resurser avsatts.

4.3.3 Deformation av kopparkapsel

SKB:s redovisning

SKB avser att genomföra modellberäkningar för realistiska belastningsfall i takt med att nya krypdata för kapslar och lock blir tillgängliga. De teoretiska studierna kommer att fortsätta under det närmaste året, men beräknas kunna slutföras inom treårsperioden. Studier av krypegenskaperna hos grundmaterial resp. svetsat material (från såväl elektronstrålesvetsning som friktionssvetsning) pågår.

När det gäller fosfors inverkan på krypegenskaperna hos koppar visar teoretiska studier att utfällning av kopparsulfid är den mest troliga orsaken till försprödning. Fosfor konkurrerar med svavlet om vakanser och gitterdefekter. Experimentella studier visar att krypduktiliteten ökar vid halter upp till 30 ppm fosfor, men att högre halt inte ger större effekt.

SKB beskriver dornpressning respektive rullformning och svetsning som en alternativ tillverkningsmetod för kopparkapslar (utöver extrudering). Utveckling av svetsningsmetoderna beskrivs och därtill hörande möjligheter till förbättrade resultat.

Remissinstansernas synpunkter

SOS-Tierp kan inte ur avsnitt 5.2.5 avläsa hur forskningen kommer att hantera slutsatsen i SR 97 att korrosionsprodukterna leder till en tryckupbyggnad som resulterar i att kopparhöljet töjs och så småningom brister.

SKI:s bedömning

SKI:s tidigare uppmaning till SKB att visa hur en förenkling (genom att anta plastisk kollaps i stället för kryp) av modellen för deformation av kopparkapseln inverkar på resultatet kvarstår. Alternativt kan en mer realistisk materialmodell användas, tillsammans med krypdata, för både grundmaterial och svets, från kapslar tillverkade enligt SKB:s valda metoder.

SKI anser att SKB:s beskrivning av de olika alternativa tillverkningsmetoderna för kopparrören (extrudering, dornpressning respektive rullformning och svetsning) inte i tillräcklig grad behandlar frågan om kornstorlek (och fördelning). Vid rullformning kan mycket stora korn erhållas vid ytterytan av kapslarna. Vid dornpressning finns risken att de upprepade uppvärmningarna ger en för låg bearbetningsgrad med stora korn eller ojämn kornstorlek som följd. SKI menar att SKB genom simulering, beräkning och dyl. (och i senare skede genom att verifiera kornstorleken i färdiga rör), ska visa att tillräcklig bearbetningsgrad uppnås i hela röret och rakt igenom koppartjockleken, oavsett tillverknings sätt.

Den fina kornstorlek som oftast uppnås vid extrudering har lett till att frågor om andel föroreningar i kopparmaterialet och deras eventuella segregering till korngränserna, och effekten av kornstorlek på krypegenskaperna, har fått lägre prioritet. Om SKB väljer metoder för rörtillverkning som kan leda till stora korn eller ojämn kornstorlek, blir det nödvändigt att påvisa att segregering av föroreningar i korngränserna inte förekommer eller att eventuella segregeringar inte leder till försämrade krypegenskaper. Bl.a. anses segregering av svavelföroreningar i korngränserna både sänka krypduktiliteten och leda till s.k. rödskörhet.

SKI menar också att frågan om koppars krypbrottgräns kvarstår, inklusive fosfors eventuella inverkan på denna.

4.3.4 Korrosion gjutjärnsinsats

SKB:s redovisning

Anaerob korrosion av gjutjärn har studerats experimentellt och korrosionshastigheten är mycket låg och oberoende av såväl vätgasttryck som halten Fe^{2+} . Detta tyder på att

korrosionshastigheten med största sannolikhet bestäms av transportegenskaperna i skiktet av korrosionsprodukter på ytan.

SKB avser i sitt fortsatta program att karakterisera de korrosionsprodukter som bildas vid kontakt med grundvattensammansättningar relevanta från platsundersökningarna respektive system med bentonit närvarande. SKB anger också att ny kunskap kommit fram om specieringen av järnkorrosionsprodukter i växelverkan med U(VI).

När det gäller galvanisk korrosion (i syrefritt vatten) menar SKB, kommer korrosionshastigheten högst att fördubblas, motsvarande den ökade arean för reduktion av vatten (tillgänglig kopparyta).

SKI:s bedömning

SKI ser SKB:s fortsatta program att karakterisera korrosionsprodukter som rimligt, men upprepar uppmaningen till SKB att fortsätta arbetet med att ta fram ett detaljerat underlag för att kunna uppskatta korrosionen av gjutjärnet, om ett hål i kopparn uppstått. I detta arbete bör hänsyn tas till den lokala miljön i den smala spalten mellan gjutjärnsinsatsen och kopparhöljet med tänkbara effekter av t.ex. karbonat och sulfid på sammansättningen hos korrosionsprodukterna, och möjligheten till aerob korrosion p.g.a. radiolys av vatten. Eventuella effekter på korrosionshastigheten på grund av metallisk koppling mellan koppar och gjutjärn (galvanisk korrosion), liksom transportegenskaper inuti och omkring en skadad kapsel, bör också ingå. SKB bör vidare tydliggöra om hänsyn även måste tas till U(VI) vid bildning av korrosionsprodukter på gjutjärn. Hur stora insatser som behövs inom området är beroende av hur stor vikt modellen för skadad kapsel har och på vilket sätt den används i säkerhetsanalysen.

4.3.5 Korrosion kopparkapsel

SKB:s redovisning

SKB har gjort en sammanställning av termodynamiska data för koppar (Puigdomenech och Taxén, 2000), och i samarbete med Posiva en sammanställning av kunskapsläget för kopparkorrosion (King m.fl., 2001). Studierna av förutsättningarna för mikrobiell korrosion har fortsatt och kommer att pågå 2004, men hittills har inget framkommit som motsäger SKB:s tidigare slutsats att sulfatreducerande bakterier inte är aktiva i kompakterad bentonit (med den densitet bentoniten kommer att ha i deponeringshålen).

SKB planerar en rad fortsatta studier av kopparkorrosion, bl.a. fältexperiment på Äspö angående lokal korrosion, kompletterat med laboratoriestudier av anaerob kopparkorrosion i vatten med höga salthalter, liksom studier av korngränskorrosion i svetsgods. Vidare planerar SKB experiment för att bestämma tidsskalan för redoxutvecklingen i bentoniten och för att kartlägga mekanismerna bakom syreförbrukningen i ren bentonit och i koppar/bentonitsystemet.

SKB har i samarbete med Posiva studerat riskerna för spänningskorrosion i närvaro av ammoniumjoner i reducerande miljö, och resultaten tyder på att det inte finns några

risker för spänningskorrosion under dessa förhållanden. SKB konstaterar vidare att eftersom dragspänningar är en nödvändig förutsättning för spänningskorrosion och kapseln befinner sig under yttre övertryck är det knappast troligt att spänningskorrosion skulle leda till genombrott genom kapselväggen. En undersökning av spricktillväxt vid spänningskorrosion tyder på att det finns ett tröskelvärde för spänningsintensiteten för att spänningskorrosionsprickor ska växa.

Remissinstansernas synpunkter

Chalmers tekniska högskola och Lunds universitet menar att frågan om hur strålningen påverkar korrosionen behöver belysas bättre. SSI menar att effekten av ett mycket högre sekundärelektronflöde i vatten- eller vätgasfyllda kaviteter och vid gränssytan mellan kapsel och vatten, bör vara med i en genomgång av processer som kan påverka de tekniska barriärerna.

SKI:s bedömning

SKI ser mycket positivt på att SKB sammanställt kunskapsläget för kopparkorrosion. Som SKI tidigare framfört i granskningen av FUD-program 98 måste sedan nästa steg vara att använda denna kunskap i säkerhetsanalysen och i arbetet med konstruktionsförutsättningar, vars resonemang leder fram till dimensioneringen av koppartjockleken.

SKI håller med SKB om att fortsatt forskning angående mikrobiella processer behövs, och att den centrala frågeställningen därvid är om mikroorganismerna kan överleva. SKB:s nuvarande program för denna forskning omfattar 2001-2004. Huruvida ytterligare forskning behövs måste avgöras när resultaten från innevarande program har kommit fram.

SKB:s övriga planerade insatser med fältexperiment och laboratorieförsök bör leda till minskade osäkerheter angående kopparkorrosion. SKI anser dock att det finns frågeställningar som behöver belysas ytterligare, framförallt egenskaperna hos kopparoxidfilmer och särskilt inverkan av klorid- och sulfidjoner (Hermansson och Eriksson, 1999; Hilden m.fl., 1999) och inverkan av betong på koppar (salta alkaliska vatten). SKB nämner detta i sin sammanställning om kopparkorrosion, men SKI saknar planer för fortsatt arbete.

Som SKI tidigare visat med överslagberäkningar kommer vissa delar av kapselns ytteryta att utsättas för dragspänningar, även om kopparkapseln i sin helhet är under yttre övertryck vid belastningen i slutförvaret. Erfarenhet från bl.a. kärnkraftbranschen har visat att även vid mycket låga spänningsintensiteter (långt under tidigare tröskelvärden) har spänningskorrosion uppträtt (Andresen m.fl., 2001). SKI anser därför att frågan om spänningskorrosion måste behandlas på annat sätt än att diskutera spänningsintensiteten, d.v.s. att SKB måste visa att kapsel inte befinner sig i sådan miljö som kan orsaka spänningskorrosion på kopparn eller ta hänsyn till spänningskorrosion i analysen av kapselns livslängd.

Avslutningsvis saknar SKI ansatser om hur SKB tänker hantera spridning av korrosionshastigheter och kapsellivslängd i säkerhetsanalysen.

4.3.6 Skadad kapsels utveckling – Processer och integrerade studier

SKB:s redovisning

SKB har studerat korrosionshastigheter för stål och gjutjärn samt den mekaniska tryck-uppbyggnaden av korrosionsprodukter. De första experimentella resultaten tyder på en obefintlig expansion. Experimenten kommer att fortsätta med karakterisering av korrosionsprodukter, studier av korrosion i närvaro av bentonit och korrosion i mer aggressiva miljöer, samt korrosion under gammabestrålning. Relaterat till modellen för skadad kapsel är också att SKB planerar insatser för att förbättra förståelsen av gastransport genom bentonit.

Remissinstansernas synpunkter

Stockholms universitet, Inst. för Geologi och Geokemi påpekar att molekyllärt väte som bildas vid korrosion av järninsatsen mycket väl kan användas som substrat av autotrofa mikroorganismer, vilket skulle kunna resultera i att bl.a. acetat bildas. Detta skulle kunna ha olika säkerhetsmässiga betydelser och mera forskning inom området anses följaktligen angelägen.

SKI:s bedömning

SKI anser att SKB:s tidigare redovisade modell för skadad kapsel visar att även en defekt kapsel har en betydande barriärfunktion. Däremot är myndigheten skeptisk till att den kvantitativa information som fås fram ur modelleringen av skadad kapsel (ex. Takase m.fl., 1998) tolkas alltför bokstavligt och integreras direkt i en konsekvensanalys (se SR 97; SKB, 1999). SKI:s uppfattning är att det finns en fara med att delvis spekulativa säkerhetsfunktioner blandas samman med säkerhetsfunktioner som vilar på en solid och förhållandevis entydig teoribildning (t.ex. löslighetsbegränsningar) och för vilka det finns gedigen dokumentation, experimentellt underlag och omfattande internationell erfarenhet (t.ex. sorption). I förhållande till mera väletablerade säkerhetsfunktioner kan SKB:s modell för skadad kapsel för närvarande inte anses vara ett nyckelargument för att visa ett slutförvars långsiktiga säkerhet. I ett kvalitativt perspektiv ökar dock modellen för skadad kapsel förtroendet för att det finns betydande säkerhetsmarginaler i KBS-3 systemet och att sannolikheten för tidiga utsläpp även från initialt skadade kapslar är mycket liten.

En viktig teknisk invändning mot modellen för skadad kapsel är att den förutsätter att korrosionsprocesser kan förutsägas under 100 000-tals år. Korttidsförsök är för sådana långa tidsskalor av begränsat värde, eftersom korrosionsprodukternas kemiska och fysikaliska egenskaper mycket väl kan förändra sig avsevärt under långa tidsskalor. Detta kan i sin tur inverka på de hastighetsbegränsande mekanismerna. Med tanke på systemets komplexitet och de långa tidsskalorna, måste SKB kunna redovisa mycket goda grunder för att försvara en linjär extrapolation av uppmätta korrosionshastigheter. Ytterligare osäkerheter förknippade med modellen för skadad kapsel är begränsade kunskaper om vätagstransport genom en mättad bentonitbuffert. Så som SKB själva påpekar i FUD-program 2001 krävs sannolikt försök i fullskala för att förstå skalberoendet och relevansen av försök i mindre skala.

En annan teknisk svårighet är problemet att förutsäga hur koppar långsamt deformeras under mycket långa tidsperioder. SKI saknar en beskrivning av vilka insatser som kan göras för att bestämma krypbrottöjningen av kopparkapseln, vilken bör vara den dimensionerande processen vid beräkning av tidpunkten då kopparhöljet brister.

4.3.7 SKI:s sammanfattande bedömning kapsel

I FUD-program 2001 anger SKB en plan för hur acceptanskriterier skall tas fram och att erfarenheterna från provsvetsningen skall ge information om typer och frekvens för fel som kan uppstå vid svetsningen. När det gäller kommande säkerhetsanalyser inte bara bör, utan skall det, enligt SKI:s mening, finnas en stark koppling mellan indata till säkerhetsanalysen, uppsatta acceptanskriterier och teststatistik från den oförstörande provningen. SKB anger att arbetet kommer att bedrivas gemensamt med representanter från säkerhetsanalys, forskning och teknikutveckling, vilket SKI ser mycket positivt på.

SKI ser det mycket angeläget att SKB genomför förnyade beräkningar för den mekaniska hållfastheten för kapseln, där alla ingående komponenter ses över. Beräkningar och resonemang kring osäkerheter i materialdata, last och defekter måste visa att tillräckliga marginaler finns så att kapseln inte kollapsar eller skjivas av. Med tanke på omfattningen av detta arbete behöver SKB försäkra sig om att tidplanen för detta arbete är rimlig.

SKI anser att frågor om koppars struktur och de mekaniska egenskaperna som kopplas till detta fortsatt kräver uppmärksamhet. De viktigaste aspekterna av detta berör hur krypförloppet modelleras, bestämning av koppars krypbrottgräns inklusive fosfortillsatsens inverkan på denna, samt erhållen kornstorlek (och fördelning) och dess eventuella inverkan på segregering av föroreningar till korngränserna. Det sistnämnda blir särskilt viktigt om kopparrören tillverkas genom rullformning eller dornpressning, som i allmänhet ger större och mer ojämna korn än vid tillverkning genom extrudering.

SKI ser mycket positivt på att SKB sammanställt kunskapsläget för kopparkorrosion. Som SKI tidigare framfört måste sedan nästa steg vara att använda denna kunskap i säkerhetsanalysen och i arbetet med konstruktionsförutsättningar, vars resonemang leder fram till dimensioneringen av koppartjockleken. SKI håller med SKB om att fortsatt forskning behövs angående mikrobiella processer, egenskaperna hos kopparoxidfilmer och särskilt inverkan av klorid- och sulfidjoner, liksom inverkan av betong på koppar (salta alkaliska vatten). SKI saknar dock ansatser om hur SKB tänker hantera spridning av korrosionshastigheter och kapsellivslängd i säkerhetsanalysen. SKI menar vidare att frågan om spänningskorrosion i kopparkapseln inte kan avfärdas med resonemang om spänningsintensiteten, utan att SKB måste visa att miljön runt kapseln inte kan orsaka spänningskorrosion.

SKI anser att SKB:s tidigare redovisade modell för skadad kapsel visar att även en defekt kapsel har en betydande barriärfunktion. Däremot är SKI, vilket även tidigare framförts, skeptisk till att den kvantitativa information som fås fram ur enskilda modellinsatser tolkas alltför bokstavligt och integreras direkt i en konsekvensanalys.

Särskilt bör SKB beakta osäkerheterna med en linjär extrapolation av uppmätta korrosionshastigheter, respektive de begränsade kunskaperna om vätgastransport genom en mättad bentonitbuffert. SKI instämmer i SKB:s påpekande att det sannolikt krävs försök i fullskala för att förstå skalberoendet och relevansen av försök i mindre skala.

4.4 Buffert

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av buffert som motsvarar kapitel 6 i FUD-program 2001.

För att underlätta läsbarheten har SKI i avsnitt 4.4 valt att inte följa SKB:s indelning i olika avsnitt i FUD-program 2001. SKI redovisar för avsnitt 4.4.2-4.4.10 såväl SKB:s redovisning som SKI:s bedömning utan underrubriker. Under 4.4.1 redovisas även remissvar från Avfallskedjan, Avfallskedjans förening, SOS-Tierp och SSI. För övriga avsnitt redovisas underrubrikerna SKB:s redovisning, remissinstansernas synpunkter och SKI:s bedömning.

4.4.1 Inledning

SKB inleder med att ange kraven på buffert enligt FUD-program 98 och går därefter igenom egenskaperna hos bentoniten MX-80, som enligt SKB uppfyller dessa krav. Enligt SKI:s uppfattning saknas bland kraven en precisering av gasgenomsläppligheten i relation till tryckuppbyggnaden innanför bufferten samt krav på den kemiska sammansättningen given av retentionsegenskaper och långtidsegenskaper i olika miljöer.

Avfallskedjan betvivlar bentonitens förträfflighet för att förhindra att radioaktiva ämnen sprids från kapslarna till grundvattnet i omgivande berggrund.

Avfallskedjans förening anser sammanfattningsvis att avsnittet om bufferten är bland de klaraste i hela rapporten som visar på SKB:s och övriga kärnkraftsindustrins fullständigt oseriösa handhavande med kärnkraftavfallets slutliga omhändertagande.

SOS-Tierp framför en lång rad synpunkter på bufferten bl.a.:

- SKB:s påstående om 1 cm sättning av kapseln under 100000 år måste få en bredare vetenskaplig prövning,
- man ställer sig frågande till SKB:s påstående att grundvattnet ej kan ge erosion av buffert och kolloidbildning, med tanke på att slutförvaret är planerat att förläggas i ett utströmningsområde
- då svällningsförloppet förutses bli ojämnt bör inte SKB utgå från att advektion *inte* är den dominerande transportmekanismen
- rörande SKB:s planerade långtidförsök ifrågasätts bl.a. huruvida statistiskt säkerställda slutsatser kommer att kunna dras från försöken.

SSI efterlyser en systematisk analys av hur buffertens kortsiktiga utveckling kan påverka dess långtidsegenskaper, t.ex. när det gäller ojämn eller långsam återmättnad,

deponerings-skador och kemisk inverkan från grundvattnet. Resultaten från denna analys behövs för att styra upp framtagning av konstruktionsförutsättningar och acceptanskriterier, t.ex. för deponeringshål, anser SSI.

4.4.2 Val av buffertmaterial

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 6.1.2, 6.1.6, 6.1.12, och 6.1.13 i FUD-program 2001.

SKB refererar till utredningar om andra buffertmaterial än en smektitrik lera som MX-80. Det sägs inte klart ut men framgår (SKB, 1999) att åtminstone leror av saponittyp och med höga halter av smektit-glimmer (Friedlandlera) skulle kunna vara gångbara alternativ. Enligt utredningen skulle dess alternativ t.o.m. kunna vara överlägsna MX-80 i vissa avseenden (t.ex. när det gäller reologiska egenskaper), men inte i andra. Syftet med SKB:s fortsatta insatser på detta område anges vara att finna korrelationer mellan sammansättning och funktionella egenskaper så att dessa kan ligga till grund för urvalskriterier vid val och inköp av buffertmaterial.

SKI inser värdet av de korrelationer som SKB planerar att ta fram och rekommenderar starkt att SKB fullföljer dessa planer. SKI ifrågasätter dock om det är tillräckligt med teoretiska korrelationer för karakterisering av dessa trots allt komplicerade material. Det vore värdefullt att få klarlagt vilket alternativ som är optimalt, inte minst med tanke på de mekaniska egenskaperna. SKB bör så snart som möjligt bestämma sig vilka försök i större skala som skulle behövas för att bekräfta de teoretiska korrelationerna. SKI vill särskilt framhålla de svårigheter som kan uppkomma om inte klart definierade motiverade alternativ av buffertmaterial är framtagna inför provningen av tillstånd till slutförvaring.

När det gäller förekomst av övriga mineral och förekomst av främst organiska föroreningar i leran anser SKI det väsentligt att SKB tar fram acceptanskriterier, eftersom dessa kan ha väl så stor inverkan på val av leverantör av buffertmaterial som halterna av de mineral som konstituerar lerans önskvärda egenskaper.

4.4.3 Vattenhalt

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 6.1.7 i FUD-program 2001.

Vattenhalten i de färdiga blocken är av avgörande betydelse både för tillverkning, hanterbarhet och önskvärda egenskaper på kortsikt såsom värmeledning och tiden för vattenmättnad. SKI förutsätter att dess faktorer beaktas och att möjligheterna till konstgjord bevätning i samband med, eller efter, inplacering av block får en uttömmande behandling i det kommande programmet.

4.4.4 Mekanisk växelverkan buffert-återfyllning

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 6.2.8 i FUD-program 2001.

Bufferten kan svälla upp i deponeringstunnelns återfyllnad vilket skulle kunna medföra lägre densitet och bärighet hos kvarvarande buffert i deponeringshålet. SKB bedriver både experimentellt arbete och modellarbeten inom området.

Enligt SKI är det viktigt att detta arbete bedrivs i en takt som gör att resultaten kan användas för att i tid fastställa konstruktionsförutsättningar för återfyllnad och deponeringsutrymmen.

4.4.5 Värmetransport

Under denna rubrik redovisas ett remissvar och SKI:s bedömning av avsnitt 6.2.3 och delar av 6.2.12 i FUD-program 2001.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik framhåller betydelsen av de fullskaliga experimenten med värmeledning och vattenupptagning och ställer frågan om vad som händer om resultaten av dess experiment inte är tillfredsställande. SU anser att kompletterande korttidsförsök i laboratorieskala bör utföras för att bekräfta om de pågående försöken i full skala är på rätt väg.

Med hänvisning bl.a. till myndigheternas kommentarer till SR 97 lyfter SKB fram svårigheterna att beskriva värmeledningen i en omättad buffert. SKI instämmer med att värmeledningen i mättat tillstånd är av mindre intresse ur forskningssynpunkt.

Avsnitt 6.2.12 avhandlar SKB:s program för att klargöra samtidigt vattenupptag och värmeledning i en omättad buffert. SKB hänvisar bl.a. till det av SKI koordinerade internationella projektet DECOVALEX där dessa frågor varit föremål för ingående studier. Resultaten anses av SKB vara värdefulla men förbättrade modeller för mekaniska och hydrauliska processer är i vissa fall önskvärda. SKB anger också att de hittills använda beräkningsmodellerna för kopplade THM-processer i omättad bentonit har visat sig vara otillräckliga för att beskriva bildning, kondensation och transport av vattenånga på ett fysikaliskt korrekt sätt. Ett program för utvärdering av olika modeller kommer därför att fortsätta under de närmaste åren. SKB kommer dessutom att genomföra studier i full skala i Äspö samt laboratieförsök, de senare för att i detalj studera olika mekanismer.

SKI anser en förståelse av processerna för vattenupptaget i den omättade bufferten vara av fundamental betydelse för tilltron till buffertens funktion i slutförvaret. SKB bör satsa stora resurser för att lösa denna fråga som inte kan få förbli olöst inför prövning av tillstånd till slutförvaring. Tiden till full vattenmättnad är avgörande också för den tid som bufferten utsätts för så höga temperaturer att dess långsiktiga egenskaper kan påverkas. Mineralomvandlingar såsom cementering och därmed sammanhörande försämring av mekaniska och andra säkerhetsrelaterade egenskaper kan inträffa under denna tidiga fas. Dessa svårigheter har varit kända sedan länge och det är nu hög tid att

SKB genomför experiment i olika skalor och utvecklar fysikalisk-kemiska modeller som kan ge svar på utestående frågor i detta hänseende, t.ex. när det gäller vattnets tillstånd i en högkompakterad buffert och dess sorption på olika mineral. SKI frågar sig hur detta skall kunna åstadkommas på den korta tid som enligt SKB:s program återstår innan ansökan om slutförvaring. Inte minst aktualiseras denna fråga om det skulle visa sig fullskaleförsöken i Äspö inte ger de avsedda resultaten eller om de skulle misslyckas på annat sätt. Enligt SKI:s uppfattning borde dessutom de laboratorieförsök som planeras även studera tänkbara mineralomvandlingar.

4.4.6 Gastransport

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 6.2.6 i FUD-program 2001

SKB medger att kunskapen om transport av gas i en kompakterad buffert är otillräcklig. Detta gäller både strukturen hos gasförande hålrum och nödvändigt övertryck för att starta transport. SKB anger dessutom att hittills gjorda experiment tyder på att leran måste expandera för att medge transport. Detta måste enligt SKI tolkas som att material kring ett deponeringshål behöver vidgas för att medge gastransport – ett hittills icke analyserat händelseförlopp. Inverkan av gasproduktion och gastransport på buffert, återfyllnad och närområdesberg skulle därvid behöva belysas i säkerhetsanalysen.

Enligt SKI är frågan om gastransport i buffert av sådan karaktär att om denna inte får sin lösning inom de närmaste tre åren kan det komma att inverka på SKB:s program, i första hand på tidplanen, men möjligen även på kapselns utformning.

SKB anger att experiment i förvarsskala inte hinner genomföras under den närmaste treårsperioden. SKI anser att detta tyder på att denna fråga inte uppmärksammas tillräckligt inom SKB. Enligt SKB är det synnerligen angeläget att fullskaliga och även försök i andra skalor påbörjas och utvärderas på kortare tid än tre år om SKB:s tidplan skall kunna hållas.

SKB nämner i sitt program inget om de omfattande arbeten på gastransport som bedrivs internationellt t.ex. inom EU:s forskningsprogram. Eftersom SKB behöver användbara resultat mycket snart kan SKB behöva genomföra självständiga satsningar på detta område som snabbare leder till målet än vad som gäller för pågående internationella projekt.

4.4.7 Svällning och osmos

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 6.2.7 och 6.2.15 i FUD-program 2001.

Lermineralen i buffert och återfyllnad kan ta upp och binda vatten. Den resulterande svällningen har främst en positiv inverkan genom att verka tätande på sprickor och heterogeniteter. Den kan också i vissa fall ha en negativ inverkan, t.ex. vid ojämn svällning runt en kapsel och svällning som leder till uppträngning av buffert i

deponeringstunnels återfyllnad. Svälltrycket avtar med salthalten i porvattnet (en osmotisk effekt) och kan alltså förändras om grundvattnets salthalt förändras med tiden. Kemiska reaktioner mellan lera och porvatten kan också leda till sänkning av svällningstryck och svällvolym.

Enligt SKI:s uppfattning har SKB god insikt i dessa processer och forskningsprogrammet som bedrivs tillsammans med POSIVA kan ge värdefulla resultat. Svällning och osmotiska effekter är av allt att döma fråga av mer kritisk betydelse för återfyllnaden än för bufferten. SKI förutsätter att de försök och modellstudier som ingår i SKB:s program på svällning och osmos utformas med detta i åtanke.

4.4.8 Montmorillonitombildning

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 6.2.17.

SKB hänvisar bl.a. till granskningen av SR 97 och konstaterar att de är eniga med myndigheterna att omvandling i tidigt skede vid hög temperatur (cementer) är en viktigare fråga än illitiser. SKB hänvisar också till undersökningar av Kinnekullelera och hydrotermal behandling av bentonitlera vid 110 °C som bekräftar detta.

SKB redovisar även studier av bentonitens stabilitet vid höga pH (ECOCLAY) och kommande studier av bl.a. termisk påverkan i det spanska BARRA-projektet. Även alternativa buffertmaterial kan komma att bli föremål för studier av långtidsstabilitet enligt SKB.

SKI anser att SKB:s program är ambitiöst i sin bredd och i princip täcker in de nödvändiga processerna för en bedömning av buffertlerornas långtidsegenskaper. Samtidigt är det SKI:s uppfattning att det är svårt av programmets uppläggning att sluta sig till hur arbete prioriteras mellan olika områden. Omvandlingsprocesser i ett tidigt skede borde enligt SKI fortfarande ha en hög prioritet. Autoklavförsöken kan t.ex. behöva kompletteras för att bättre förstå cementering och annan påverkan under mer realistiska betingelser.

4.4.9 Kolloidfrigörelse - erosion

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 6.2.19 i FUD-program 2001.

SKB har sedan påpekande av SKI 1999 och i samband med granskningen av SR 97 förnyat sina insatser på att bättre förstå kolloidbildning och transport radioaktiva ämnen med kolloider. SKB har låtit studera erosion av bentonit i olika jonstyrkor och strömningshastigheter. Försöken kommer enligt SKB att fullföljas i ett större projekt COLLOID, som bl.a. skall bedrivas i Äspö.

SKI anser att SKB nu tagit de nödvändiga initiativen för att komma framåt med denna fråga. Det är dock fortfarande inte klarlagt hur betydelsen av kolloidal transport bör hanteras i säkerhetsanalysen (se även avsnitt 4.6.6).

4.4.10 Utveckling vid mättade förhållanden

Under denna rubrik redovisar SKI sin bedömning av avsnitt 6.2.9 och 6.2.23 i FUD-program 2001.

SKB refererar i första hand till de pågående LOT-försöken (Long Term Test of Buffer Material) vid Äspölaboratoriet. Försöken syftar enligt SKB till att utvärdera modeller och hypoteser om förändringar av fysikaliska och mineralogiska egenskaper hos bufferten. De är avsedda att utföras i full skala och för tider på ett, fem och 20 år. Sedan FUD-program 98 har två ettårsförsök avslutats. Enligt SKB är en övergripande slutsats ”att inga effekter av degraderande processer, som kunde påverka buffertfunktion, upptäcktes i merparten av bentoniten som följd av vattenmättnad och värmepåverkan under ett års tid”.

SKI:s uppfattning är att de pågående försöken är värdefulla och nödvändiga för att kunna komma till mer definitiva slutsatser om buffertens egenskaper innan en prövning om ansökan om bygge av slutförvar kan bli aktuell. SKI vill i det sammanhanget påminna om att SKB kan behöva överväga kompletteringar av dessa försök om förseningar uppstår till följd av experimentella missöden (jämför avsnitt 4.7).

SKI vill också framhålla vikten av SKB:s fortsatta arbete med utveckling av en integrerad kemisk modell för bufferten och, framför allt, med en THM-modell för vattenmättade förhållanden. En sådan modell är nödvändig för bedömning inte minst av mekanisk växelverkan mellan buffert och kapsel (jmf avsnitt 4.3.2) och kapselns sättning i bufferten.

4.4.11 Kolloidtransport genom bentonit

Under denna rubrik redovisas synpunkter på avsnitt 6.2.19 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

I enlighet med SKI:s kommentarer i sin granskning av SR97 anser SKB att inverkan av kolloider bör utvärderas för fall då bufferten inte fungerar som avsett. SKB konstaterar också att kolloider i närområdet är viktiga och inte lika väl studerade som de naturliga kolloiderna. För att pröva bentonitlerans filterande förmåga genomför SKB experiment med diffusion av organiska kolloider i en kompakterad bentonitbuffert. Man fokuserar på porgeometrins betydelse för diffusionen samt möjligheten för radionuklidtransport med kolloider.

Remissinstansernas synpunkter

SSI påminner om att SKI och SSI i granskningen av SR 97 påpekade att SKB bör utvärdera inverkan av kolloider i fall med en defekt buffert och anser det oklart hur SKB tänker ta upp denna fråga i sitt forskningsprogram.

SKI:s bedömning

SKB konstaterar att organiska kolloider diffunderar genom bentonit med ungefär samma hastighet som negativa joner (t.ex. I⁻ och Cl⁻), samt att kolloiderna rör sig något snabbare vid höga jonstyrkor. SKI anser att SKB, i sina fortsatta studier av kolloidtransport genom bufferten, bör utreda vilken betydelse detta får för säkerhetsanalysen samt om samma fenomen gäller för oorganiska kolloider.

SKI noterar att erosion av buffertmaterialet som skulle kunna orsakas av grundvattenströmning längs randen på bufferten inte omnämns/diskuteras i FUD-programmet. Denna erosion kan leda till en produktion av kolloidala bärartiklar för radionuklider och därmed en underlättad spridning av radionuklider.

4.4.12 Vattentransport vid omättade förhållanden

Under denna rubrik redovisas synpunkter på avsnitt 6.2.4 i FUD-program 2001

SKB:s redovisning

SKB bedömer att kvaliteten hos indata och modeller som används i beräkningarna av vattentransport vid omättade förhållanden är tillräcklig för att genomföra en fullgod analys av den hydrauliska utvecklingen i basscenariot. SKB medger dock samtidigt att precisionen i beräkningarna skulle öka med bättre kunskap om de hydrauliska egenskaperna kring enskilda deponeringshål, något som man förväntar sig först vid själva förvarsutbyggnaden. Dessutom har man genomfört laborieförsök som indikerar ett annat beteende hos vattenmättnadsprocessen än vad som hittills antagits.

För att öka kunskaperna om processerna och förbättra modellerna som beskriver återmättnaden anger SKB att man bedriver ett antal forskningsprogram:

- Modellstudier THM, omättade förhållanden.
- Fullskaleförsök i Äspölaboratoriet.
- Stödande laborieförsök för modellering av fullskaleförsöken.
- Laborieförsök på omättad bentonit för bättre förståelse av hydro-mekaniska processer, t. ex. inverkan av tryck på porvattenundertrycket, hydrauliska konduktiviteten i omättad bentonit, samt vattenomfördelningen genom ångtransport i en temperaturgradient.
- Fullskaleförsöket FEBEX II i Grimsellaboratoriet.

SKI:s bedömning

SKI anser att den kritiska frågan inom detta område är buffertens återmättnad. För att få en god förståelse för återmättnadsprocessen konstaterade SKI i granskningen av SR 97 att kopplingarna mellan de termiska, mekaniska, kemiska och hydrologiska processerna behöver studeras vidare. SKI konstaterade dessutom att det saknades entydigt experimentellt belägg som stödjer SKB:s antaganden om bentonitbuffertens mättnads-

förlopp. SKI bedömer i granskningen av detta FUD-program att dessa synpunkter ej har utretts tillräckligt väl och de kvarstår således.

SKI anser vidare att konsekvenserna av en ojämn eller långsam återmättnad av bufferten bör utredas, samt hur bufferten påverkas av den uppvärmning som sker till följd av värmetransport från kapseln. Ytterligare en fråga som SKI anser att SKB bör utreda är hur bufferten påverkas av kontakt med grundvatten med höga salthalter. SKB bör även redovisa hur man ska säkerställa att inflödet av vatten till bufferten blir tillräckligt stort. Vad gäller de planerade fullskaleförsöken anser SKI att SKB måste klargöra vad man förväntar sig få ut av experimenten inom en rimlig tidsperiod.

SKI är medveten om att SKB har genomfört en studie av hur kapseln påverkas av ojämn bevätning. SKI har dock svårt att bedöma relevansen av SKB:s slutsats att kapselns mekaniska integritet inte påverkas, eftersom SKI ej haft tillgång till den interna rapport till vilken SKB hänvisar.

4.4.13 Radionuklidtransport – Processer i bufferten

Under denna rubrik redovisas synpunkter på avsnitt 6.2.13, 6.2.14, 6.2.16, 6.2.24, 6.2.25, 6.2.26 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

SKB redogör för olika transport- och reaktionsprocesser som bidrar till radionuklidtransporten genom bufferten:

- Advektion.
- Olika diffusionsmekanismer.
- Sorption.
- Kolloidtransport.

Advektion och kolloidtransport bedöms kunna ske endast under återmättnadsförloppet. Under vattenmättade förhållanden förväntas diffusion vara den viktigaste transportmekanismen. Buffertens ursprungliga innehåll av joner på lerpartiklarnas ytor kan ersättas av andra jonslag genom sorption och jonbyte. SKB bedömer att området advektion inte kräver ytterligare forskning, utveckling eller demonstration.

SKB konstaterar att transporten av radionuklider genom bufferten sker med olika *diffusionsmekanismer*. Man har funnit att vissa katjoner kan ha höga diffusiviteter och anser att en möjlig förklaring till detta står att finna i teorin om ytdiffusion. Denna process hanteras i säkerhetsanalysen genom att ansätta högre diffusivitetsvärden för cesium, strontium och radium. SKB ska genomföra ytterligare laborieförsök för att utreda de delvis oväntade (för ämnen som uppvisar ytdiffusion) resultaten från experimenten i Äspölaboratoriet.

SKB anser inte att en detaljerad kunskap om *sorption* i bentonit är av kritisk betydelse för funktionen av ett KBS-3-förvar, och avser därför inte driva egna studier inom området.

SKI:s bedömning

SKI ifrågasätter om det är korrekt att beskriva *ytdiffusionsprocessen* genom att ansätta högre diffusivitetvärden för cesium, strontium och radium. SKI föreslår därför att SKB använder fler än en modell för att beskriva ytdiffusionsprocessen och på så sätt hantera modellosäkerheten. SKI anser dessutom att SKB borde redovisa på vilket sätt resultaten från experimenten är delvis oväntade för ämnen som uppvisar ytdiffusion, eller åtminstone referera till ett dokument där detta finns rapporterat.

SKI föreslog i granskningen av SR 97, att SKB, för att belysa konceptuella osäkerheter, parallellt utvärderar flera olika metoder att uppskatta hur porvattensammansättningen i bentonit utvecklas både på kort och lång sikt. Det framgår dock inte i detta FUD-program hur SKB ämnar ta hänsyn till denna kommentar. SKI ifrågasätter även SKB:s sätt att avfärda *sorptionsprocessen* på det sätt som gjorts.

4.4.14 SKI:s sammanfattande bedömning buffert

SKI noterar att buffertens roll i ett slutförvar för använt kärnbränsle inte har varit lika uppmärksammat som de övriga två huvudkomponenterna i KBS-3-metoden, berget och kapseln. Detta kan leda till uppfattningen att bufferten är av underordnad betydelse, vilket är fel; utan fungerande buffert inget fungerande slutförvar. Detta gäller framför allt bufferten som skydd av kapseln.

SKI konstaterar att det är svårt utifrån SKB:s redovisning att göra bedömningar av enskilda områden var för sig, eftersom brister inom ett område oftast får återverkningar eller kopplar till flera andra områden. Ett exempel är att kemiska förändringar som åstadkommit p.g.a. termiska effekter (dålig värmeledning) kan återverka på de mekaniska egenskaperna.

SKI har inte funnit att det inom de områden som SKB redovisar finns belägg för något som allvarligt talar emot att en buffert med godtagbara egenskaper skulle kunna tas fram. SKB:s program för bufferten syns vara heltäckande och vittnar om en god förståelse av samband mellan initiala egenskaper och långsiktiga processer. SKI ställer sig dock frågande till om det arbete som SKB själva anser kvarstå skall kunna hinnas med under tiden fram till prövning av tillstånd för slutförvaring enligt SKB:s planer.

Detta gäller främst framtagning av en validerad modell för dels kombinerad värme- och vattentransport i omättad buffert, och dels för gastransport i mättad buffert. I båda dessa fall förutses behov av experiment i olika skalor varav en del långtidsförsök i fullstor skala. Av lika stor betydelse är studier av buffertens mekaniska/reologiska egenskaper, framför allt med tanke på materialval, växelverkan buffert/kapsel/berg och växelverkan med återfyllnaden i deponeringstunneln.

En annan väsentlig fråga som enligt SKI:s uppfattning måste ha lösts innan en ansökan kan lämnas in är valet av en optimal buffert med hänsyn till olika egenskaper och tillgänglighet.

Bland kemiska egenskaper och processer vill SKI särskilt framhålla cementeringen under ett tidigt (omättat) skede och att kunskap tas fram om vad detta kan innebära för andra egenskaper (mekaniska, hydrauliska) av betydelse för den långsiktiga säkerheten.

4.5 Återfyllnad

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av återfyllning som motsvarar kapitel 7 i FUD-program 2001.

I likhet med SKB:s redovisning finns det mycket överlapp mellan behandlingen av buffert och återfyllnad. Nedan tas endast sådant upp sådant som är av särskild betydelse för återfyllnaden.

4.5.1 Val av återfyllnadsmaterial

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av avsnitt 7.1.6, 7.1.11, 7.1.12, 7.1.13 samt delar av 7.2.2 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

SKB har sedan lång tid haft som huvudalternativ för återfyllnaden bergkross med tillsats av något tiotal procent bentonit. SKB har varit medveten om bristerna med ett sådant material främst känsligheten för ökningarna i salthalten hos grundvattnet. Detta skulle kunna leda till avsvällning av leran (fasseparation) och en förhöjd flödesporositet hos materialet. Följden skulle kunna bli en kraftigt förhöjd vattenströmning i återfyllnaden. Ett sätt att undvika detta skulle kunna vara att övergå till ett material som i princip består av 100 % lera, dock ej nödvändigtvis bentonit. Ett sådant alternativ, som SKB låtit utreda som material för både buffert och återfyllnad är Friedlandlera.

Remissinstansernas synpunkter

SSI framhåller vikten av återfyllnadens långsiktiga funktion och dess kopplingar till de driftrelaterade frågorna. Behov av långtidsförsök behöver identifieras, speciellt om det blir tal om ren lera som alternativ till SKB:s huvudalternativ med 15-30 % bentonit och resten bergkross. SKB måste därför göra klart hur och i vilken takt frågor av detta slag behöver klargöras i ett strategidokument, menar SSI.

SKI:s bedömning

SKI anser, liksom SSI och andra remissinstanser, att frågan om valet av lämpligt återfyllnadsmaterial måste få en lösning i rimligt god tid innan prövningen av slutförvar för använt kärnbränsle. Nödvändiga tester av ett sådant material måste utföras i olika

skalor och under relevanta betingelser. Detta område identifierades f.ö. också av SKB som prioriterat forskningsområde i SR 97. De tester av återfyllnad med blandningar av bergkross och bentonit som utförs av SKB inom ramen för fältförsöket Backfill and Plug Test är emellertid inte tillräckliga, vilket också framgår av SKB:s program där även fortsatta försök med andra material, bl.a. Friedlandlera aviserar. SKI uppmanar SKB att skyndsamt fastlägga de krav som måste ställas på återfyllnadsmaterialet så att det inför en tillståndsprovning kan tas fram underlag och metoder som visar hur dessa krav är uppfyllda, t.ex. när det gäller materialval, applikationsteknik och kontrollmetoder.

4.5.2 Integrerade studier

Under denna rubrik redovisas SKI:s bedömning av i första hand avsnitt 7.2.2 och 7.2.13 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

Under rubriken ”Integrerade studier – sammansättning och funktion” (avsnitt 7.2.2 i FUD-program 2001) redovisar SKB i stort sett allt väsentligt om programmet för återfyllnad. SKI har valt att i det föregående avsnittet av sin granskning lyfta fram frågan om valet av återfyllnadsmaterial som av fundamental betydelse. Det är annars svårt att från SKB:s redovisning särskilja punkter som inte hör hemma under denna rubrik när det gäller programmet om återfyllnaden. SKB redogör för forskningen inom fältförsöket Backfill och Plug Test. Syftet med detta arbete är mångfaldigt bl.a.:

- test av olika material och packningstekniker
- test av återfyllnadens funktion och mekaniska växelverkan med berget
- flödestester.
-

SKB anger även att studierna av alternativa material kommer att fortsätta.

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjan ifrågasätter bl.a. SKB:s påstående att det inte finns någon risk för liquefaction (flytning) med de densiteter för buffert och återfyllning som kommer att gälla i KBS-3-konceptet.

Mehedeby-Orrskoggruppen framhåller salthalten hos grundvattnet och dess betydelse för återfyllnadens funktion. Gruppen anser att FUD 2001 inte ger någon klarhet över dessa risker och om de kan pareras. Även SOS-Tierp ser det som ett stort problem att återfyllningens funktion försämrar redan vid relativt låga salthalter, och detta därför att SKB kommer att kräva väldigt höga salthalter (10 %) för att exkludera en provborrningsplats från vidare studier.

SSI tar också upp frågan om salthaltens inverkan på återfyllnadens hydrauliska egenskaper och denna faktors betydelse för val av återfyllnadsmaterial, se ovan.

SKI:s bedömning

Under denna rubrik vill SKI framhålla att de resultat som hittills tagits fram från försök på bergkross med tillsats av bentonit givetvis också måste tas fram för tänkbara alternativa materialval. Arbetet måste inriktas på att få fram ett material som tål möjliga framtida ändringar i grundvattnets salthalt med bibehållen tätningsfunktion. I det sammanhanget bör det enligt SKI kunna vara av intresse att också beakta den initiala salthalten i återfyllnaden. Framförallt anser dock SKI att den tid som enligt SKB:s planer återstår innan prövning av slutförvaret tar sig knapp i förhållande nödvändig tid till försök i olika skalor som kan behövas för alternativa återfyllnadsmaterial.

I frågan om risken för ”flytning” (liquefaction) hos buffert och återfyllnad i samband med jordbävningar ansluter sig SKI till SKB:s uppfattning att detta inte synes vara ett problem, särskilt som SKB kommer att ha full kontroll över materialens sammansättning. Denna fråga behöver liksom många andra faktorer bevakas inför det slutliga materialvalet och utformningen av slutförvaret.

4.5.3 Vattentransport

SKB:s redovisning

Återfyllningens egenskaper bestäms främst av dess sammansättning samt salthalten i grundvattnet. I SR 97 identifierades återfyllningens funktion som ett prioriterat forskningsområde som behöver belysas bättre. Sedan FUD 98 och SR 97 har SKB genomfört tester i Äspölaboratoriet där återfyllningens egenskaper vid både mättade och omättade förhållanden studerats och en materialmodell har också utvecklats. Som ett resultat av den forskning som bedrivits vid Äspö har SKB kunnat bestämma porundertrycket som funktion av vattenkvot och bentonithalt, samt den hydrauliska konduktiviteten som funktion av vattenmättnadsgrad och bentonithalt. Dessa samband är nödvändiga för att kunna beskriva vattenmättnadsprocessen i återfyllningen.

Remissinstansernas synpunkter

SOS-Tierp framhåller att genom placering i ett utströmningsområde riskerar återfyllningstunnlarna att bli just den länk mellan slutförvar och biosfär som SITE-94 varnade för.

SKI:s bedömning

SKI anser att förståelsen för återfyllnadens funktion är av stor vikt för bedömningen av slutförvarets säkerhet och ser därför positivt på att SKB sedan SR 97 har sett detta som en prioriterat område. SKI vill dock poängtera att förståelsen fortfarande är ofullständig och att området även fortsättningsvis bör prioriteras. Hänsyn måste även tas till hur återfyllnaden och bufferten samverkar, då vattenåtermättnaden i bufferten påverkas av återfyllnadens funktion.

4.5.4 Integrerad modellering – Radionuklidtransport i närområdet

SKB:s redovisning

SKB har enligt egen redovisning förbättrat datormodellen COMP23 sedan SR 97, så att det nu är betydligt snabbare och kräver mindre minne. Man har även utvecklat en analytisk approximation till COMP23, och visat att överensstämmelsen med den numeriska modellen för beräkningsfallen i SR 97 är tämligen god. SKB anger flera syften med att utveckla en analytisk modell:

- Möjliggöra snabba preliminära probabilistiska beräkningar.
- Förbättra förståelsen av transportfenomen.
- Snabbt och enkelt sätta fokus på dominerande nuklider och de viktigaste parametrarna i transportmodellerna.
- Validera och verifiera de numeriska modellerna.
- Ge fler aktörer tillgång till verktyg som inte kräver specialutbildning av användargränssnitt, användning av stordatorer etc.

SKB:s forskningsprogram innebär bl. a. att man ska försöka utveckla en mer realistisk beskrivning av radionuklidtransport mellan buffert och berg, samt att COMP23 byggs ut så att det blir möjligt att beräkna samtidig diffusion och advektion i återfyllningen.

Vad gäller kvantifieringen av *sorptionsprocesserna* i återfyllnaden beräknas sorptionskoefficienter för radionuklider i återfyllningen genom en sammanvägning av K_d -värden för bentonit och berg i proportion till återfyllningens sammansättning. SKB anser att området idag inte kräver ytterligare forskning, utveckling eller demonstration.

SKI:s bedömning

SKI ifrågasätter huruvida det är möjligt att erhålla en förbättrad förståelse av transportfenomen genom att använda en enkel analytisk modell. Dessutom anser SKI att det inte är möjligt att använda den analytiska modellen till att validera och verifiera den numeriska modellen. SKI noterar att SKB, genom att samtidigt konstatera att ”de numeriska modellerna alltid ska utgöra ”rättesnöret” och vara det viktigaste beräkningsverktyget för radionuklidtransport”, motsäger sig själva.

SKI konstaterar också att det inte tydligt framgår hur SKB har hanterat myndigheternas efterfrågan om en tydligare redovisning kring och dokumentation av modeller, data och resultat. Dessutom noterar SKI att det inte framgår huruvida SKB, förutom att förbättra modellen COMP23 vad gäller snabbhet och krav på minne, även förbättrat beskrivningen av de i modellen ingående transport- och reaktionsprocesserna.

Slutligen, vad gäller hantering av sorptionsprocessen saknar SKI motivering till SKB:s slutsats att bestämningen av K_d -värden inte kräver ytterligare insatser.

4.5.5 SKI:s sammanfattande bedömning återfyllnad

I ännu högre grad än bufferten har återfyllnaden inte uppmärksamats lika mycket som berget och kapseln. Återfyllnaden är dock en förutsättning för att bufferten skall fungera som avsett och att närområdesberget inte kortslutes som en barriär mot grundvattenströmning.

SKI:s allmänna synpunkter på egenskaper och processer i återfyllnaden och på SKB:s redovisning är desamma som för bufferten.

En väsentlig fråga som måste ha lösts innan en ansökan kan lämnas in är slutligt val av en lämplig lerkomponent i återfyllnadsmaterialet.

Av stor betydelse är också de pågående studierna av återfyllnadens THM-egenskaper inom ramen för det pågående Backfill and Plug Test i Äspölaboratoriet. SKB bör i tid förvissa sig om hur användbara resultaten av dessa experiment är med tanke på materialval och växelverkan med bufferten i deponeringshålen.

Bland kemiska egenskaper och processer vill SKI särskilt framhålla inverkan av inträngande salt grundvatten på återfyllnadens hydrauliska egenskaper.

4.6 Geosfär

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av geosfären som motsvarar kapitel 8 i FUD-program 2001.

4.6.1 Värmetransport

SKB:s redovisning

Värmetransport kräver enligt SKB ingen ytterligare forskning eftersom SKI, enligt SKB, anser att beräkningarna i SR 97 visar att designvillkoret (högst 100 grader C på kapselytan) kan uppfyllas genom att reglera mängden bränsle eller avståndet mellan kapslarna.

Termisk utveckling har enligt SKB ingen bärighet på säkerheten. SKB nämner att myndigheterna (SKI, 2000a) anser att kopplingen mellan THMC-processerna i bufferten behöver studeras vidare för att kunna beskriva mättnadsprocessen.

SKI:s bedömning

SKI och SSI ansåg i sin granskning av SR 97 att kopplingarna mellan den tidiga THMC utvecklingen i bufferten behöver belysas bättre eftersom även buffertens långtids-egenskaper kan påverkas av den miljö och de processer den utsätts för under ett tidigt skede.

SKI anser att förenklade antaganden för beräkningar bör belysas bättre. Max-temperaturen närmast kapslarna underskattas eftersom värmekällan är mer utbredd i en storskalig modell i jämförelse med den modell som används för beräkning av kapselavstånd och värmelast, vilket också framförts av SKI:s konsulter Goblet och de Marsily (2000).

SKI anser vidare med stöd av konsulterna Goblet och de Marsily att även om SKB studerat THMC kopplingarna, så har man inte uppdaterat dessa med de senaste temperaturberäkningarna. I synnerhet de kemiska aspekterna kräver ytterligare studier.

4.6.2 Grundvattenströmning – In- och utströmningsområden

En nyligen publicerad SKI-rapport författad av två amerikanska konsulter (Voss och Provost, 2001) på uppdrag av SKI, har uppmärksammats av bl.a. miljörörelsen och Tierps kommun. Flera organisationer och opinionsgrupper tolkar författarnas slutsatser i rapporten som om att en kustnära förläggning av slutförvaret är det sämsta tänkbara alternativet.

SKB:s redovisning

De största osäkerheterna kring förståelsen och modelleringen av grundvattenströmning är enligt SKB förknippad med bergets naturliga heterogenitet. Detta innebär att ett statistiskt angreppssätt måste utnyttjas för modellering och innebär också skalningsproblem vid utvärdering av fältmätningar.

Enligt SKB har framförd kritik avseende SR 97 och FUD-program 98 tagits om hand. NAMMU och Darcy Tools skall användas under platsundersökningarna för både platsförståelse och säkerhetsanalys (beskrivs i två SKB-rapporter om PLU, SKB, 2000 resp. 2001a). Även diskreta modeller skall användas för att öka förståelsen av hur optimering av ett förvar kan ske med avseende på t.ex. utformning eller säkerhet.

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjan påpekar i sitt yttrande att SKI:s konsulter Voss och Provost (USGS; USA:s geologiska undersökning) med relativt enkla beräkningsmodeller visat att lämpliga respektive olämpliga områden för lokalisering av kärnavfallsförvar kan identifieras med utgångspunkt från definierade lokaliseringskriterier. Avfallskedjan anser också att resultaten visar att det är fullt möjligt att redan på detta relativt enkla sätt avgöra vilka områden som är bättre eller sämre med hänsyn till risker för spridning av radionuklider (radioaktiva ämnen) med grundvattenströmningen. Avfallskedjans tolkning av i rapporten redovisade slutsatser är att kustnära områden bör undvikas.

Folkkampanjen mot kärnkraft - Oskarshamn anser med hänvisning till Voss och Provosts rapport att SKB:s val av provborringsplatser är bland de sämsta möjliga då det gäller långsiktig säkerhet och skyddet av miljön.

Mehedeby-Orrskogsggruppen anser att det på basis av Voss och Provosts rapport är helt nödvändigt och naturligt att hela platsvalsprocessen görs om från början.

Naturskyddsföreningen i Uppsala län refererar till SKI:s eget förord i konsultrapporten som säger att SKB inte tillräckligt utrett betydelsen av in- respektive utströmningsområden i platsvalet och ser det därför som ett grundkrav att hänsyn till denna aspekt måste tas innan platsundersökningsskedet inleds. Föreningen ser det som ett grundkrav att hänsyn tas till aspekter framförda i Voss och Provosts rapport innan platsundersökningsskedet inleds.

SOS-Tierp anser att FUD-program 2001 bekräftar vikten av att in- och utströmningsområdenas betydelse för den långsiktiga säkerheten måste utredas ytterligare innan platsundersökningar inleds. Man anser också att flera platsalternativ och förstudier i inlandet måste tillföras processen för att ge nödvändig trovärdighet.

SSI anser att det är bra att SKB nu planerar att ta fram ett bättre underlag för att kunna bedöma betydelsen av in- och utströmningsförhållanden samt salthaltsförhållanden i valet av platser för platsundersökningar. SSI anser även att det är viktigt att analyserna utföras så att de ger perspektiv på valet av platser för platsundersökningar, och att lokaliseringsalternativet Hultsfred kan bedömas på ett mer tillfredställande sätt än vad som var fallet i den kompletterande redovisningen av FUD-program 98.

Tierps kommun anser att Voss och Provosts rapport visar att det finns avsevärda säkerhetsmässiga skillnader då det gäller den hydrologiska barriären beroende på om förvaret placeras inom ett in- eller utströmningsområde för grundvatten. Kommunen konstaterar också att samtliga nu föreslagna platser för provborringar är belägna inom utströmningsområden för grundvatten, som kan innebära kortare transporttider för radionuklider, vilket generellt sett anses ogynnsamt.

Uppsala universitet framhåller i sitt remissyttrande att de fördelar en förvarsplacering i en lämplig berggrund i ett inströmningsområde kan erbjuda, med långa transporttider och flödesvägar till biosfär, bör beaktas med hänsyn till den långsiktiga säkerheten.

SKI:s bedömning

SKI anser, vilket också framfördes i granskningen av SR 97, att användande av en stokastisk kontinuummetod i platsskala inte är ordentligt motiverad. SKI stöder SKB:s arbete med att åtgärda detta inom ramen för kommande platsundersökningar.

I sina yttrande över FUD-program 95 och FUD-program 98 efterlyste SKI en tydligare redovisning av geovetenskapliga för- och nackdelar med en inlands- respektive kustnära förläggning av ett slutförvar för använt kärnbränsle samt konsekvenserna för den långsiktiga säkerheten, t.ex. vad gäller betydelsen av in- respektive utströmningsområden. Detta resulterade i att SKB tog fram rapporten "Nord-syd/Kust-inland" (Leijon, 1998).

För att få ytterligare underlag har SKI:s konsulter Voss och Provost (2001), på SKI:s uppdrag, genomfört egna analyser. Studien visar att det, om man beaktar problemet

endast ur perspektivet transporttider (strömningstider) och transportvägar (strömningsvägar) genom berggrunden, kan finnas potentiella fördelar med en inlandsförläggning ovanför högsta kustlinjen.

En lång rad faktorer spelar dock in i bedömningen av förvarets långsiktiga säkerhet och frågan om platsvalets påverkan på den förväntade retardationen av radionuklider i geosfären är bara en av dessa. En minst lika viktig fråga är om det kan finnas plats-skiljande egenskaper som påverkar förutsättningen att isolera bränslet i kopparkapseln. En annan viktig fråga är vilken utspädning man kan tillgodoräkna sig vid bedömningen av doser från radionuklider som nått biosfären. Vad gäller den hydrogeologiska bedömningen anser SKI att följande faktorer bör beaktas: bergets heterogenitet och förekomsten av sprickor och/eller sprickzoner som bildar snabba flödesvägar med korta transporttider till biosfären, bergets kemiska och mekaniska egenskaper, påverkan genom kommande klimatförändringar, samt förekomst av lokala utströmningsområden i inlandet och osäkerheten kring vad som kommer vara in- och utströmningsområden i framtiden. Om alla relevanta faktorer beaktas kan man inte med säkerhet säga vilken plats som är mest lämplig utan att först genomföra platsundersökningar. En viss osäkerhet kommer dock alltid råda eftersom bergets heterogenitet gör det svårt (för att inte säga omöjligt) att i detalj karaktärisera berggrundens egenskaper.

Det är i sammanhanget viktigt att poängtera att resultaten från studien av Voss och Provost fanns tillgängliga redan vid tidpunkten för SKI:s granskning av kompletteringen till FUD-program 98 (FUD-K), och således finns beaktade i SKI:s yttrande över SKB:s platsval.

I såväl FUD-program 2001 som i pågående samråd mellan myndigheterna och SKB inför platsundersökningarna har SKB annonserat att man har för avsikt att genomföra ett forskningsprojekt om in- och utströmningsområden samt kopplingen biosfär-geosfär. Projektet omfattar även regionala simuleringar av grundvattenströmning.

SKI anser det mycket angeläget att studien genomförs och vill betona att den viktigaste aspekten kring frågan om in- och utströmningsområden i detta skeda av det svenska kärnavfallsprogrammet är den geovetenskapliga förståelsen av hydrologiska processer. Eftersom rapporten av Voss och Provost tar upp förhållanden kring Hultsfred och Oskarshamn anser SKI att det vore mest logiskt om SKB i sin egen studie även belyste de hydrologiska förhållandena i Smålandsregionen.

4.6.3 Sprickbildning – reaktivering

SKB:s redovisning

Med *sprickbildning* avser SKB i SR 97 både nysprickbildning och propagering av befintliga sprickor. Två potentiella effekter på säkerheten har identifierats: direkt mekanisk påverkan på kapslar och effekter i form av ändrade flödesförhållanden.

SKB framhåller att förståelsen för hur processen (sprickbildning) ska hanteras beräkningsmässigt är bristfällig. Utvecklade teoretiska modeller för sprickbildning och

sprickpropagering finns, men ingen bra kunskap på hur man ändamålsenligt kan omsätta dessa till användbara beräkningsmodeller.

Reaktiveringsprocessen såsom SKB beskrivit den i SR 97 avser både skjuv- och normalrörelser vilka har säkerhetsmässig betydelse ur såväl mekanisk som hydro-mekanisk synpunkt. SKB ger en omfattande beskrivning av mekaniska och hydro-mekaniska effekter relaterat till scenarierna i SR 97. Bland annat anser SKB att processen inte kommer att ge kapselskador under förutsättning att inga deponeringshål skärs av längre sprickor och att angivet kapselkriterium, 10 cm skjuvning också gäller framgent.

SKB planerar att granska och utvärdera de senaste 10 årens resultat inom bergmekanisk modellering för att identifiera kunskapsluckor. Inte bara reaktiveringsprocessen ska granskas utan alla problemställningar som kan ha betydelse för förvarets konstruktion och långsiktiga säkerhet. SKB planerar initiera program för att klarlägga vilka mekaniskt (eller termomekaniskt) inducerade förändringar av närfältsberget och fjärrområdets permeabilitet som kan tillåtas från säkerhetsanalyssynpunkt.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet (GU) konstaterar att bevis för att *reaktivering* av sprickor förekommer är många. GU nämner också att beträffande respektavstånd mellan sprickzoner och förvaret är det med nuvarande kunskaper närmast omöjligt att klä respektavstånd i generella siffror. GU rekommenderar därför att platsspecifika undersökningar bör utföras i de utvalda undersökningsområdena, där befintliga sprickors status undersöks och eventuella metoder för datering av tektoniska händelser tillämpas, resulterande i en tektonisk modell grundad på fältobservationer. Hit hör även fastläggande av eventuellt tektoniska linsers geometri, utbredning och tidigare historia i syfte att användas för prognoser om framtida scenarier.

GU föreslår också att man utgående från ett områdes kända ålder och tektoniska historia (t.ex. delar av västra Sverige), som ett komplement till modellering, utför studier av sprickfrekvens, sprickriktningar samt sprickmineraliseringar kompletterade med dateringar, d.v.s. en naturlig analogi. GU anser att en sådan studie skulle åtminstone grovt ge ett mått på hur vanlig reaktivering är och i vilken mån nya sprickor och sprickriktningar skapas inom ett begränsat område under en längre tid.

Mehedeby-Orrskoggruppen anser att det är bra att SKB studerar postglaciala förkastningar och mätningar av rörelser i den stora Lansjärvsförkastningen vid gränsen mellan Norrbotten och Lappland för att förstå sprickbildning i berg.

SOS-Tierp konstaterar att SKB i SR 97 inte beaktat att framtida förkastningar kan ske längs nya linjer (ny sprickbildning) och att SKB därför bör förnya säkerhetsanalysen och även införa ett scenario där seismisk aktivitet leder till kapselbrott.

Stockholms universitet, enheten för Paleogeofysik & Geodynamik (SUEPG) konstaterar att i fråga om *sprickbildning* kan självfallet nya sprickor och förkastningslinjer brytas där inga tidigare funnits. SUEPG framhåller vidare bl.a. att den i SR 97 redovisade risk-

analysen baserad dels på prediktering av framtida skalvfrekvenser, dels på en metod för beräkning av de mekaniska effekterna av enskilda skalv i form av reaktivering av förvarsbergets sprickor är felaktig och missvisande (SUEPG hänvisar till Boda projektet).

SUEPG konstaterar också att man inte kan bortse från att jordskalv kan orsaka ny sprickbildning och att man inte kan extrapolera observerade skalvfrekvenser 100 000 år framåt i tiden. SUEPG framhåller att mycket av det som tidigare sagts i jordbävningsscenarioet och tektonikscenarioet (i SR 97) nu måste betecknas som rena falsarier. SUEPG anser också att SKB:s tal om ”inplacering av förvaret i förhållande till större deformationszoner” synes vila på grova underskattningar av de seismiska effekterna och riskerna.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) konstaterar att nybildning av postglaciala förkastningar respektive reaktivering av befintliga spricksystem torde vara en funktion av istäckets tjockleksfördelning. SGU anser därför att den pågående studien rörande datering av sprickzoner är viktig för att kunna skilja mellan enbart glacialt betingade deformationszoner och tektoniska zoner vilka bidats och reaktiverats i samband med geologiska händelser i pre-glacial tid.

Vetenskapsrådet ifrågasätter SKB:s antagande att framtida seismiska händelser uteslutande kommer att ske utefter befintliga sprickor. Vetenskapsrådet framhåller att möjligheten att rörelser inom de närmaste 100 000 åren sker längs nya linjer torde inte kunna uteslutas inom något avsnitt av svensk berggrund. Rådet framhåller vidare att den fortsatta forskningen därför bör ägnas mindre åt prediktion men mera åt möjliga rörelsers karaktär och djupgående.

SKI:s bedömning

SKI finner det angeläget att SKB satsar resurser för att ta fram användbara beräkningsmodeller för *sprickbildning*, såväl nysprickbilning som propagering av befintliga sprickor.

I SR 97-granskningen ifrågasatte myndigheterna riktigheten i antagandet att framtida seismiska händelser uteslutande kommer att ske utefter befintliga sprickzoner (*reaktivering*) och att möjligheten att framtida förkastningsrörelser delvis sker längs nya linjer måste beaktas.

SKI konstaterar att SKB:s bedömning att den uppskattade risken i tektonikscenarioet överskattats troligen är riktig, eftersom bedömningen utgår från friktionsfria sprickor i förvarsberget.

SKI anser att de i SR 97-granskningen framförda synpunkter och krav fortfarande gäller. Utgående från SKB:s planerade forskningsaktivitet inom området sprickbildning och reaktivering förefaller det som om att svar på flertalet frågor kommer att ges, möjligen med undantag av kapselskadekriteriet (se nedan).

I FUD 98-granskningen konstaterade SKI att SKB behöver tydliggöra vilka kunskaper som är tillräckliga och vilka ytterligare insatser som fordras beträffande regionala

plastiska skjuvzoner och innebörden av förvaringsförläggning i eller invid sådana zoner (tektoniska linser). Eftersom SKB i sin komplettering till FUD-program 98 inte redovisat några faktiska erfarenheter (vetenskapliga rapporter) av att eventuell ny sprickbildning inte påverkar en tektonisk lins, återstår för SKB att visa att linsen i Forsmark inte kommer att påverkas vid en framtida glaciation. Även GU framhåller betydelsen av fastläggande av ev. tektoniska linsers geometri, utbredning och tidigare historia, i syfte att användas för prognoser om framtida scenarier.

SKI noterar att det saknas en referens i FUD-program 2001 till påståendet att processen termomekanisk belastning inte kommer att ge kapselskador under förutsättning att inga deponeringshål skärs av längre sprickor och att angivet kapselkriterium, 10 cm skjuvning också gäller framgent. SKI anser att det återstår för SKB att visa att kapseln klarar de påfrestningar som kan åsamkas genom termomekanisk belastning. Dessutom bör effekten av värmepulsen på spricksystemet i form av permanenta förändringar hos spricksystemet och därmed flödesförhållanden behandlas utförligare.

SKI anser det vara bra att dokumentering av jordskalvs effekter på undermarks-konstruktioner pågår. Efter genomförd studie torde därmed SKB:s antagande om att effekten på förvaringsdjup är ringa kunna bekräftas eller dementeras.

SKB antyder att resultatet från undersökningar av Bodagrottorna i trakten av Iggesund (SUEPG:s undersökningsområde för postglaciala skalv) snarare är en följd av glaciala erosionsprocesser (Wänstedt, 2000). SKI:s åsikt är att det troligen är mer korrekt att benämna fenomenet bankning som Carlsten och Strähle (2001) gör i sin SKB-rapport, men ytterligare studier krävs innan skalvteorin kan avfärdas.

4.6.4 Tidsberoende deformationer och erosion

SKB:s redovisning

Här avses deformationer som uppstår p.g.a. långsamma kontinuerliga lastförändringar (betingade av storskaliga tektoniska rörelser) och deformationer (kryp-rörelser) som beror på bergmassans inneboende tidsberoende deformationsegenskaper. Slutsatsen i SR 97 är att spänningstillväxten inte ger deformationer som kan skada kapseln. SKB konstaterar också att förståelsen av kryp-rörelser i berg är dålig.

Erosion är enligt SKB av underordnad betydelse men det föreligger osäkerheter hur djupt erosion kan ske i deformationszoner. SKB anser också erosionen i kustområden varit liten. För att nå klarhet i erosionsprocessens omfattning har SKB för avsikt att initiera en utredning om detta.

Remissinstansernas synpunkter

SGU håller med SKB att processen erosion inte är av betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet inom de närmsta 100 000 åren.

Vetenskapsrådet ifrågasätter SKB:s plan på fortsatt utredning beträffande erosion med hänvisning till att det är mindre sannolikt att SKB planerar en förläggning av ett förvar till deformationszoner och sprickdalar där glacialerosionen är djupare än i dess omgivning.

SKI:s bedömning

SKB konstaterar att kapseln kan skadas om deponeringshålen skärs av sprickor med flera hundra meters utsträckning. SKI anser därför att SKB måste tillse att långa sprickor inte kan tillåtas skära ett kapselhål. Inte heller korta (1-10 m) sprickor kan tillåtas skära kapselhål om det innebär höga flöden.

SKI anser också att utöver det GPS-nät som etablerats i Laxemarområdet borde SKB överväga om inte även området inkluderande Äspölaboratoriet kunde utnyttjas för att mäta deformationer i form av kryprörelser i berget. SKB kunde här få en uppfattning om kryprörelser beroende på bergguttag (Äspölaboratoriet) är väsentligt större i jämförelse med opåverkad berggrund (Laxemar).

SKI anser trots SGU:s och Vetenskapsrådet synpunkter ovan det vara bra att SKB utreder den långsiktiga erosionen eftersom SKI kan konstatera att långsiktig erosion av geosfären ej behandlades i SR 97. Om SKB:s tolkning av fenomenet Bodagrottorna (se avsnitt 4.6.3) är korrekt, d.v.s. att det här handlar om glacialerosion, visar det enligt SKI:s uppfattning på att erosionen kan vara relativt omfattande även i kustnära områden.

4.6.5 Geokemi

SKB:s redovisning

I samband med platsundersökningar är karakteriseringen av geokemi och grundvattensammansättning en av de viktigaste delarna. Inriktningen på den forskning som erfordras för att tolka denna information är kunskaper om relevanta kemiska och fysikaliska processer samt möjlighet att kunna modellera dessa i ett kvantitativt ramverk. I SKB:s redovisning diskuteras särskilt följande processer (SKB, 2001):

- Advektion och blandning.
- Diffusion.
- Kemiska processer grundvatten/bergmatris.
- Kemiska processer sprickmineraler.
- Kemiska processer med konstruktionsmaterial.
- Kolloidbildning.
- Mikrobiella processer.
- Reaktionen med gaser lösta i grundvatten.

SKB bedömer att beräkningar för att förstå blandning av olika ”typvatten” genom grundvattenströmning är ett nyckelområde inom tolkning av platsdata. Beräkningar i syfte att förstå blandningsförhållanden av ”typvatten”, så som meteoriskt vatten, glacialt

vatten, havsvatten, mycket salta grundvattnen ("brines"), är idag ett etablerat område. Däremot har SKB ännu inte lyckats relatera beräkningarna av blandningsproportioner till hydrologiska data.

Diffusion påverkar särskilt stagnant grundvatten (matrisvatten) som existerar i porer utan koppling till konduktiva strukturer i berget. SKB planerar att genom numerisk modellering studera förutsättningarna för bildning av s.k. "brines" (mycket salta grundvatten) som i allmänhet är nära stagnanta.

Vad gäller kemiska processer planerar SKB att särskilt studera sådana som kan påverka återmättnaden efter förslutning av förvaret, samt även redoxreaktioner mellan grundvatten och bentonit. Forskning kring redoxprocesser betraktas som i stort sätt avslutad i och med att det s.k. REX-projektet avslutats (Puigdomenech m.fl., 2001), men SKB kommer dock att genomföra vissa beräkningar av bergets förmåga att konsumera inträngande syre i samband med avsmältning av en inlandsis. Vissa studier av mikrobernas förmåga att buffra redox kommer även genomföras, även om frågan om de sulfatreducerade bakteriernas eventuella inverkan på korrosion av kopparkapseln nu har fått en högre prioritet.

Den kemiska effekten av närvaro av betong i slutförvaret kommer studeras i samarbete med Posiva. Vad gäller kolloider har ett särskilt projekt initierats som kommer att fokuseras på bentonitlerans potential att bilda kolloider samt kollidernas stabilitet och effekter på radionuklidtransport (se avsnitt 4.6.6). Övriga processer som omnämns så som gasbildning, metanisomsättning och saltutfrysning kan kräva enstaka forskningsinsatser.

Remissinstansernas synpunkter

Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk uppmärksammar frågan om instängt syre som framkom vid konsultbolaget GRAM:s utfrågning i Oskarhamn hösten 2001 (GRAM, 2001).

Stockholms universitet, Inst. för Geologi och Geokemi anser att SKB inte tillräckligt väl utrett möjligheten av bildning av acetat och andra organiska ämnen som verka som komplexbildare. Acetat kan bildas av olika mikrobiella processer. Vidare anser man att sammansättningen av lösta gaser i djupa grundvatten förtjänar större uppmärksamhet än vad som antyds av SKB:s program.

Tierps kommun påtalar de tidsberoende aspekterna av kemiska egenskaper som uppmätts vid platsundersökningar som syre och salthalt.

Ett flertal remissinstanser anser det finns starka motiv att särskilt fokusera på bergets egenskaper och barriärfunktion, bl.a. beroende på att det är den sista barriären innan radionuklider kan nå biosfären (Älvkarleby kommun, SOS-Tierp, Tierps kommun).

SKI:s bedömning

SKI anser att SKB har ett i stort sett ändamålsenligt geokemiprogram där kvalitén på de enskilda vetenskapliga projekten överlag är hög. SKI kan dock notera vissa brister i hur resultat från geokemiska modeller, experiment och fältmätningar integreras i säkerhetsanalys (se nedan). Beskrivningen av inriktning och målsättningar för geokemiprogrammet i redovisningen kring platsundersökningsprogrammet är också något oklar.

Det geokemiprogram som redovisas är mycket fokuserat på att grundvattenbetingelserna vid en tilltänkt försvarsplats skall uppfylla krav som garanterar de tekniska barriärernas beständighet. Övriga aspekter redovisas som bidrag till geovetenskaplig förståelse utan närmare specifikation och diskuteras inte närmare i samband med specifikation av krav och kriterier för platsutvärdering (Andersson m.fl., 2000). Endast en mycket kortfattat beskrivning finns med i SKB:s planeringsunderlag för platsundersökningsprogrammet (SKB, 2001a). SKI påpekade vid granskningen av kompletteringen till FUD-program 98 (SKI, 2001) att de förhållanden som existerar idag endast är ett initialtillstånd, med en efterföljande utveckling under 100 000-tals år som måste vägas in bedömningen av barriärernas beständighet. Det är betydelsefullt att SKB under ett platsundersökningsskede får en förståelse av ett kandidatområdes tidigare geokemiska och hydrologiska utveckling. Denna förståelse bidrar med trovärdighet i säkerhetsanalysens sammanhang och en möjlighet att bedöma om hydrologiska och geokemiska förhållanden kommer förändras på något avgörande sätt under den tidsperiod som behöver beaktas.

SKI uppmanar därför SKB att närmare precisera med vilken ambitionsnivå geovetenskaplig förståelse kommer utvärderas och vilka målsättningar som måste uppfyllas inom detta område för att underlaget skall blir tillräckligt för att fatta beslut om platsval och som underlag för ansökan att få uppföra ett slutförvar. Det är viktigt att SKB bildar sig en uppfattning om t.ex. grundvattnets ålder och omsättning, eventuell förekomst av mycket unga grundvatten samt spår vad det gäller ursprung och bildning av salinitet.

Det viktigaste geokemiska frågan vad det gäller den långsiktiga säkerheten är sannolikt grundvattenkemins stabilitet över en glaciationscykel, och kanske särskilt grundvattnets salthalt. Detta är en platsspecifik fråga som inte kan bedömas förrän erforderliga platsdata finns framme. För att utvärdera detta krävs att erhållen paleohydrologisk information tas tillvara och kombineras med t.ex. tidsberoende grundvattenmodellering där densitetsberoende effekter måste ägnas särskild uppmärksamhet. SKB bör redovisa beräkningar över hur salthalten kan tänkas förändras för scenarier som inbegriper omfattande klimatförändringar över långa tidsintervall. Dessa prognoser bör sedan ligga till grund för bedömningar om barriärsystemets långsiktiga funktioner etc. Rapporten om geokemi i ett 100 000 års perspektiv (SKB, 2001b) utgör en utmärkt sammanfattning av kunskapsläget, som bör vara användbar som grund för tolkning av data från platsundersökningsprogrammet.

Frågan om huruvida syresatta glaciala smältvatten kan nå försvarsdjup har diskuterats i tidigare FUD-program och granskningar (SKB, 1998b; SKI, 1999). SKB har sedan föregående FUD-program slutrapporterat REX-projektet och redovisat ytterligare

resultat från såväl modellstudier och fältundersökningar. SKI:s tolkning (av bland annat SKB, 2001c) kan sammanfattas i följande punkter:

- Den svenska berggrunden bör beroende på dess innehåll av reducerande mineral (främst pyrit och silikatmineral som biotit) generellt kunna konsumera inträngande syre utan att djupförvarets redoxförhållanden påverkas.
- Konsumtion av syre via bakteriella processer, konsumtion av lösta organiska ämnen och reaktioner med lösta gaser kan vara ännu mer effektiv men effekten är svårare att bevisa för långa tidsskalor, samt ändrade biosfärsförhållanden och hydrologiska betingelser.
- Fältstudier syftande till att förstå inverkan av tidigare istider antyder att penetration av syre har varit begränsad till relativt grunda djup, men några definitiva slutsatser kan inte dras bland annat eftersom geokemiska processer som kan ha påverkats av syretillförsel är reversibla.
- Modellstudier antyder att syre förbrukas på grunda djup dock ej för mycket konservativa men ej orimliga val av parametrar (den mest svårbemästrade parameter valet rör reaktiva ytor för reducerande mineral och heterogeniteten för flödesvägar och mineral).

Den säkerhetsanalytmässiga innebörden av dessa slutsatser bör vara att ett scenario med förändrade redoxförhållanden på förvarsdjup kan anses ha mycket låg sannolikhet. Eftersom detta fall inte rimligen kan uteslutas, anser SKI det dock betydelsefullt att de tekniska barriärernas motståndskraft mot syretillförsel illustreras. Säkerhetsfilosofin kring KBS-3 metoden fokuseras kring kopparkapseln integritet och detta föranleder att redovisningskraven tillämpas mest strikt för processer som kan äventyra kapseln integritet. SKB nämner i FUD-program 2001 men diskuterar inte närmare konsumtion av syre i samband med återmättnadsfasen. Även detta fall behöver redovisas men bör vara lättare att hantera eftersom förutsättningarna är mer väl kända. Ett tredje tänkbar möjlighet är oxiderande betingelser skapas av radiolys vid bränslets yta. Detta fall är dock enbart möjligt om förvaret innehåller defekta kapslar (se vidare avsnitt 4.2)

Betydelsen av förvarets redoxbetingelser illustreras tydligt av att tidigare internationella expertgranskningar fokuserats på denna fråga (OECD/NEA, 2000; GRAM 2001). SKI anser att framtida säkerhetsanalyser måste ingående och tydligt behandla dessa frågor. SKI förutsätter också att SKB inom ramen för platsundersökningar studerar spår efter tidigare förekomst av syre på olika djup med samma metodik som tidigare redovisats för t.ex. Äspö och Klipperås.

För modellering av geokemiska processer med olika jämviktprogram som omnämns i FUD-program 2001 erfordras goda kunskaper om kvalitetsfrågor för termodynamiska data. SKI förutsätter att SKB kommer använda sig av en gemensam och kvalitetsssäkrad uppsättning termodynamiska data för alla beräkningar som kommer återopas i framtida säkerhetsanalyser.

4.6.6 Radionuklidtransport

För att utreda effekterna av ett möjligt läckage av radionuklider från slutförvaret efter dess förslutning måste hänsyn tas till en rad transport- och retentionsmekanismer. SKB har i sin redogörelse för radionuklidtransporten i geosfären fokuserat på:

- Advektion och dispersion.
- Molekylär diffusion och matrisdiffusion.
- Sorption.
- Speciering.
- Kolloidtransport.

SKB:s redovisning

SKB konstaterar att begreppet flödesvätt yta är av avgörande betydelse för *matrisdiffusionen*, och att det är behäftad med betydande konceptuella osäkerheter. I enlighet med detta innebär SKB:s forskningsprogram fortsatta simuleringar med diskreta spricknätverksmodeller med syftet att öka förståelsen av flödesrelaterade transportparametrar som flödesvätt yta. Man har även inlett ett forskningsprojekt med syftet att kunna mäta bergets diffusivitet direkt i fält. SKB anser att det bör etableras en samsyn mellan inblandade aktörer av hur retention/matrisdiffusion hanteras i matematiska modeller samt hur och vilka data som bör mätas i fält.

SKB anser sig ha undersökt vissa mekanismer för *sorption* av radionuklider i detalj. Resultaten från studierna av sorptionsmekanismerna redovisas i en doktorsavhandling (Jakobsson, 1999). SKB:s forskningsprogram kommer att innebära fortsatta studier av sorptionsmekanismer på mineralytor, samt ytterligare demonstrationsexperiment på Äspö (med hjälp av den s.k. CHEMLAB-sonden) för att belysa betydelsen av redox-processer för sorption.

Eftersom det nu finns studier som talar för att *kolloider* kan ha en större betydelse för radionuklidtransporten än man förväntat sig (t.ex. studien vid Nevada Test Site i USA, som indikerar att plutonium transporterats sorberat på kolloider snarare än löst i vattenfasen; Kertsting et al., 1999), konstaterar SKB att ytterligare forskning inom området krävs om kolloidal transport ska inkorporeras i säkerhetsanalysens modellkedja. Man menar dock samtidigt att kolloider kan hanteras separat. Bland annat planeras ett experimentellt demonstrationsprojekt där bildningen av kolloider från bentonitbuffert ska undersökas, med syftet att studera under vilka förhållanden kolloider bildas och är stabila. Man planerar även en viss modellutveckling för att överslagsmässigt kunna kvantifiera betydelsen av kolloidal transport för säkerheten, och om behov finns ämnar man inkorporera kolloidal transport i sin beräkningskedja.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet anser att SKB, genom att mäta elektrisk ledningsförmåga för att undersöka *matrisdiffusionsprocessen*, kan ha fått missvisande resultat (i form av diffusionshastighet och diffusionsavstånd). Istället föreslår man att SKB bör lägga större vikt på naturliga analogier, som kan beskrivas utifrån studier av befintliga sprickor,

t. ex. med hjälp av impregneringsteknik, dopning av vatten samt mikrostudier, vilka ger utrymme för ett pessimistiskt antagande om den del av berget som utgör en aktiv volym vid ett läckage.

KTH anser att studier av *kolloidernas* eventuella betydelse för ett förvar bör drivas tills konklusiva slutsatser uppnåtts. Liksom KTH, önskar SOS-Tierp att frågan om kolloidtransportens betydelse för radionuklidtransporten utreds ordentligt, och anser dessutom att risken för erosion av bufferten och frigörandet av kolloider måste ingå i kommande säkerhetsanalyser.

KTH anser vidare att naturliga isotoper och antropogena substanser (t.ex. CFC) bör utnyttjas för att studera transport och retentionsegenskaper hos berggrunden. Stockholms universitet, Inst. för Fysik anser att SKB i framtida säkerhetsanalyser bör behandla konceptuella osäkerheter i modelleringen av radionuklidtransport simultant med parameterosäkerheter, genom att använda fler än en transportmodell för närområdet, geosfären och biosfären.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik konstaterar också att det är viktigt att sambandet mellan vattenflöden och geometrin i större sprickor (den ”*specifika våta ytan*”) leder till nyvunnen kunskap under den kommande perioden för att kunna reducera osäkerheter i ingångsdata till vissa modeller för geosfärtransport, vilka används i säkerhetsanalysen, och man påpekar att det inte är tydligt redovisat om de insatser SKB planerar att göra är i paritet med insikten i frågan.

SOS-Tierp anser att det behövs ett jämförbart alternativ till KBS-3-metoden, eftersom det inte råder samsyn inom forskarvärlden då det gäller retention av radionuklider.

SSI anser att SKB, i samband med utvecklingen av metoder för säkerhetsanalys, bör utveckla sin analys av radionuklidtransport i övergången mellan geosfär och biosfär, för att kunna presentera en trovärdig säkerhetsanalys i samband med en ansökan.

SKI:s bedömning

I granskningen av SR97 gjorde SKI bedömningen att SKB bör utveckla tolkningen av *flödesvätt yta* samt metoder som ger nödvändiga fältdata för att stödja dess användning. I granskningen av FUD-98 ansåg SKI att mätmetoder för transportegenskaper bör utvecklas. SKI konstaterar i sin granskning av detta FUD-program, att tidigare kommentarer planeras att omhändertas på ett tillfredsställande sätt. SKI anser dock att SKB tydligt bör redovisa hur man i platsundersökningarna avser mäta relevanta egenskaper, då det enligt SKI:s uppfattning råder stora osäkerheter kring hur man ska mäta egenskaper som styr *matrisdiffusionens* effekt och då det är oklart hur det effektiva diffusionsdjupet i det intakta berg som angränsar ett sprickplan beror på olika mätbara storheter. På grund av dessa oklarheter anser SKI att SKB bör genomföra processinriktade studier av matrisdiffusion i både sprickfyllnadsmaterial och intakt berg.

I granskningen av SR 97 konstaterade SKI att de utnyttjade K_d -värdena kan ha haft för snäva osäkerhetsintervall, vilket i sin tur påverkat valet av pessimistiskt värde i analysen. SKB menar att dessa osäkerhetsintervall bäst kan uppskattas då en ytterligare

förståelse av de grundläggande mekanismer som styr *sorptionen* erhålles. Vidare konstaterade SKI i sin granskning av FUD 98 att både en god processförståelse samt en relevant databas av K_d -värden för säkerhetsanalysens behov erfordras. SKI saknar en redovisning av hur myndighetens kritik/frågor har omhändertagits av SKB samt vilken ny kunskap som framkommit i SKB:s detaljerade studier av sorptionsmekanismer och även huruvida denna nya kunskap planeras användas/inkorporeras i kommande säkerhetsanalyser.

SKI efterfrågar även sorptionsstudier på platsspecifika material, för att säkrare kunna kvantifiera den platsspecifika betydelsen av sorptionsprocessen. SKI anser vidare att ytkomplexeringsmetoden behöver vidareutvecklas för att bli användbar i bedömningen av K_d -värden. Denna metod skulle kunna användas för att utreda betydelsen av både porvattensammansättningen och den specifika mineralsammansättningen.

SKI:s uppfattning att SKB bör utreda betydelsen av sorptionskinetik för radionuklidtransport genom sprickigt berg stöds av forskningsresultat från SKI-konsulterna Wörman och Xu (Xu och Wörman, 1999). Wörman och Xu konstaterar i sin granskning av SR 97 (SKI, 2000), att det inte tydligt framgår hur pessimistiskt valda K_d -värden kan kompensera för sorptionskinetik, ytdiffusion eller andra brister i processbeskrivningen. SKI konstaterar i sin granskning av detta FUD-program att dessa oklarheter kvarstår.

SKI anser att SKB, i kommande säkerhetsanalyser, bör inkludera effekten av bergets heterogenitet och den resulterande variabiliteten i egenskaper som styr retentionen av radionuklider i berget (mineralsammansättning, porositet, andel exponerade mineralytor). Forskningsresultat från SKI-konsulterna Wörman och Xu (Xu m.fl., 2001) visar att denna effekt kan vara betydande.

På uppdrag av SKI har en grupp forskare från Galson Sciences Limited utfört en modellstudie rörande den potentiella betydelse *kolloider* kan ha i säkerhetsanalyser. Preliminära resultat visar på betydelsen av kinetiken samt att kolloidtransport skulle kunna ha betydelse även för svenska förhållanden. SKI:s tidigare bedömning att SKB bör skaffa sig en djupare förståelse för de processer som styr kolloiders transport/mobilitet (se SKI:s granskningskommentarer till SR 97; SKI, 2000a och FUD-program 98; SKI, 1999), för att därefter på ett relevant sätt inkorporera även denna process i sin säkerhetsanalys, kvarstår således. SKI anser även att de platsspecifika kolloidhalterna måste studeras i samband med de kommande platsundersökningarna.

4.6.7 Integrerad modellering – Radionuklidtransport

SKB:s redovisning

I SR 97 modellerade SKB radionuklidtransporten med den numeriska modellen FARF31. Sedan SR 97 har även en analytisk approximation till FARF31 utvecklats, vilken SKB bland annat kommer använda för preliminära probabilistiska beräkningar i kommande säkerhetsanalyser.

SKB bedriver forskning i Äspölaboratoriet, bland annat bedrivs flera experiment för att öka förståelsen av transport och fördröjning av radionuklider i sprickigt berg (TRUE-experimenten). De experimentella framtagna data jämförs sedan med modeller av berget för att se hur de stämmer överens.

SKI:s bedömning

I granskningen av SR 97 konstaterade SKI att modellen FARF31, som av SKB används för att modellera radionuklidtransport, bör jämföras med mer detaljerade processmodeller och att en mer ingående redovisning av förenklingsfel bör redovisas. Dessutom efterfrågades en bättre dokumentation av konceptuella antaganden och matematiska formuleringar, samt en redovisning av ett vetenskapligt stöd för modellen. Vidare påpekade SKI att SKB bör överväga om FARF31 kanske bör utvecklas för att inkorporera variabelt penetrationsdjup för matrisdiffusion.

SKI kan i granskningen av detta FUD-program konstatera att SKB:s aktiviteter inom området är tillfyllest och att dessa tar hand om SKI:s tidigare synpunkter på ett tillfredsställande sätt.

Om TRUE-experimenten visar att retention endast kan beskrivas i sammanhanget transport i ett tredimensionellt nätverk av sprickor, så anser SKI att SKB bör redovisa de förenklingsfel som kan uppstå vid en tillämpning i den endimensionella FARF31-modellen.

4.6.8 SKI:s sammanfattande bedömning geosfären

SKI anser att använda förenklingar för temperaturberäkningar bör belysas bättre. Maxtemperaturen närmast kapslarna underskattas eftersom värmekällan är mer utbredd i en storskalig modell i jämförelse med den modell som SKB använt för beräkning av kapselavstånd och värmelast.

SKI anser det vara mycket angeläget att en studie genomförs kring frågan om in- och utströmningsområden, eftersom detta är en viktig aspekt för den geovetenskapliga förståelsen av hydrologiska processer. SKI anser att det vore mest logiskt om SKB i sin planerade studie i första hand belyste de hydrologiska förhållandena i Småland och i andra hand i Uppland.

SKI anser att det återstår för SKB att visa att kapseln integritet bibehålls i samband med termomekanisk belastning.

SKI anser att SKB bör redovisa de samlade erfarenheter som finns för att belägga att eventuell ny sprickbildning inte påverkar en tektonisk lins vid en framtida glaciation.

SKI anser det vara motiverat att SKB utreder den långsiktiga erosionen av geosfären eftersom någon utredning av erosionseffekten under flera glaciala cykler ej tidigare redovisats av SKB. SKI:s anser att indikationer finns på att erosionen kan vara relativt omfattande även i kustnära områden.

SKI uppfattning är att SKB har ett i stort sett ett ändamålsenligt geokemiprogram där kvalitén på de enskilda vetenskapliga projekten överlag är hög. SKI kan dock notera vissa brister i hur resultat från geokemiska modeller, experiment och fältmätningar integreras i säkerhetsanalys.

SKI anser att den kanske viktigaste geokemiska frågan vad det gäller den långsiktiga säkerheten är grundvattenkemins stabilitet över en glaciationscykel, och särskilt grundvattnets salthalt. SKB bör därför redovisa beräkningar över hur salthalten kan tänkas förändras för scenarier som inbegriper omfattande klimatförändringar över långa tidsintervall.

SKI anser att framtida säkerhetsanalyser måste ingående och tydligt behandla ovanstående frågor. SKI förutsätter också att SKB inom ramen för platsundersökningar studerar spår efter tidigare förekomst av syre på olika djup med samma metodik som tidigare redovisats för t.ex. Äspö och Klipperås.

Beträffande kvantifieringen av matrisdiffusionsprocessen, anser SKI att SKB tydligt bör redovisa hur man i platsundersökningarna avser mäta relevanta egenskaper. Enligt SKI:s uppfattning råder det stora osäkerheter kring hur man ska mäta egenskaper som styr *matrisdiffusionens* effekt. Det är oklart hur det effektiva diffusionsdjupet i det intakta berg som angränsar ett sprickplan beror på olika mätbara storheter.

SKI efterfrågar även sorptionsstudier på platsspecifika material, för att säkrare kunna kvantifiera den platsspecifika betydelsen av sorptionsprocessen. SKI anser vidare att ytkomplexeringsmetoden behöver vidareutvecklas för att bli användbar i bedömningen av K_d -värden. Dessutom bör frågan om sorptionskinetikens betydelse för radionuklidtransporten och säkerheten belysas. Slutligen bör SKB, i kommande säkerhetsanalyser, inkludera effekten av bergets heterogenitet och den resulterande variabiliteten i egenskaper som styr retentionen av radionuklider i berget.

4.7 Äspölaboratoriet

SKI kommenterar i detta avsnitt delar av SKB:s redovisning av Äspölaboratoriet som motsvarar kapitel 12 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

SKB:s fyra etappmål redovisade i FUD-program 98 har nu ersatts med ett FoU-program med det övergripande syftet att testa modeller för bergets barriärfunktion för att:

- öka den vetenskapliga förståelsen för djupförvarets säkerhetsmarginaler och ge dataunderlag till säkerhetsanalyser av förvarets långsiktiga säkerhet
- ta fram de särskilda underlag som behövs för att komplettera data från platsundersökningarna inför ansökan om lokalisering av djupförvaret

- tydligt presentera geosfärens roll för de olika barriärfunktionerna isolering, fördröjning och utspädning.

De överordnade målen mot vilka SKB:s insatser styrs är:

- underlag för kommande säkerhetsanalys av kandidatplatser
- underlag för utarbetning av program för detaljundersökning.

SKB anser att beskrivna modeller av geologi, geohydrologi och geokemi avseende Äspövolymen har visat sig vara tillräckliga underlag för planeringen av platsundersökningsverksamheten. SKB har för övrigt inga planer på utbyggnad av Äspölaboratoriet den närmsta sexårsperioden, om inte nya behov uppstår.

Remissinstansernas synpunkter

SOS-Tierp och SOS-Älvkarleby anser att antalet kapslar i försöksserien i prototypförvaret är för låg, vilket gör att man kan ifrågasätta huruvida några statistiskt säkerställda slutsatser kommer att kunna dras från försöket.

SSI konstaterar att de slutliga resultaten från planerade långtidsexperiment i prototypförvaret kommer att bli klara först cirka fem år efter det att SKB planerar att ha inlett driften av slutförvaret varför det är centralt att SKB redan nu förtydligar syftena med och förväntningarna på experimenten och de utvärderingskriterier som kommer att användas. SSI konstaterar också att SKB dessutom behöver överväga kompletterande experiment, bland annat för att ge ett bättre statistiskt underlag för de slutsatser som behöver dras från experimenten.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik frågar sig vad som händer om SKB efter experimentet (i prototypförvaret) kommer fram till att resultaten inte är tillfredsställande. Institutionen konstaterar också att om SKB till slut väljer medellånga hål som förvarskoncept är det inte självklart att slutsatser från isolerade hål i prototypförvaret kan generaliseras till det nya konceptet.

SKI:s bedömning

SKI anser att Äspölaboratoriet är mycket betydelsefull resurs för SKB, både för forskningen kring långsiktiga säkerhetsfunktioner och utveckling av slutförvarsteknik under realistiska betingelser. SKI bedömer att SKB gjort stora framsteg vad gäller båda dessa aspekter tack vare verksamheten vid Äspö. Det är angeläget att verksamheten vid laboratoriet inte nedprioriteras och att kvaliteten inte försämras, i och med att nya fältobjekt tillkommer under platsundersökningsskedet.

Av särskild dignitet för den långsiktiga planeringen av verksamheten vid Äspölaboratoriet, är av uppenbara skäl SKB:s långtidsförsök. Experimentella missöden och avvikelser kan innebära att förväntade resultat försenas åtskilliga år. Implikationer av sådana förseningar måste övervägas. SKI uppmanar SKB att göra en översyn av de långtidsförsök som påbörjats vid laboratoriet och undersöka om dessa behöver kompletteras eller utökas så att det finns marginaler för eventuella framtida missöden.

En angelägen fråga i sammanhanget är återmättnadsfasen för både buffert och återfyllnad, för vilken försöken vid Äspö har en viktig roll för att bekräfta att en tillräcklig kunskapsnivå finns framme. SKI håller med SSI om att SKB behöver förtydliga förväntningarna på experimenten och de utvärderingskriterier som kommer att användas. Betydelsen av detta understryks av att flera andra remissinstanser också tar upp denna fråga (SOS-Tierp, SOS-Älvkarleby, Stockholms universitet, Inst. för Fysik).

SKB aviserar att ingen utbyggnad av Äspölaboratoriet för närvarande planeras, om inte nya behov uppstår. SKI bedömer att laboratoriet skulle kunna utnyttjas för att demonstrera gastransport genom bufferten i fullskala (bildad vätgas från korrosion av järninsatsen). Säkerhetsanalysen SR 97 inkluderade långtgående tolkningar av denna process trots att det inte finns något belägg för att kunskapen om gastransport som erhållits genom försök i labbskala är tillräcklig.

I övrigt kan nya behov naturligtvis uppstå om SKB arbetar vidare på varianter av KBS-3-metoden, så som horisontell deponering. En annan utformning av återfyllnaden med naturlig lera istället för bentonit och krossat berg, har diskuterats och kan också behöva demonstreras i fullskala. För att det skall vara möjligt att betrakta dessa alternativ som realistiska, utan att för den skull skjuta fram processen i flera årtionden, kan SKB behöva fatta beslut om demonstration av dessa och eventuellt andra alternativ relativt snart.

5 Biosfär

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av biosfären som motsvarar kapitel 9 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

Beskrivning och beräkning av radioaktiva ämnens spridning i miljön är nödvändiga för att kunna bedöma konsekvenserna av slutförvaring. De beräknade konsekvenserna utgör bland annat underlag för att bedöma om myndigheternas krav är uppfyllda samt för att jämföra olika tekniska lösningar och lokaliseringar med varandra. SKB betonar att trovärdiga beräkningar kräver att biosfären beskrivs på ett realistiskt sätt. Anledningen är att alltför förenklade modeller kan leda till att konsekvenser överskattas vilket i sin tur kan medföra felaktiga prioriteringar vid konstruktionen av ett slutförvar.

SKB formulerar det övergripande målet för biosfärsprogrammet som ”att med modern vetenskaplig kunskapsbas beskriva de från radiologisk synpunkt viktigaste processerna i biosfären samt för att ge ett tillräckligt vetenskapligt stöd för att bedöma miljökonsekvenser av konstruktion och drift av ett förvar.”

SKB:s biosfärsprogram består av såväl fältundersökningar och laboratorieexperiment som modellering.

Remissinstansernas synpunkter

Mehedeby-Orrskoggruppen anser att kunskaperna om myrar och våtmarker borde förbättras väsentligt, såsom anges i SKB:s FUD-program, och att detta borde skett innan platser för provborrningar föreslås. Mot bland annat denna bakgrund anser gruppen att SKB:s val av område i Tierp är oacceptabelt.

Naturvårdsverket anser att det bör utvecklas program för att kunna särskilja naturliga variationer i miljön från de som orsakas av ett slutförvar.

SOS-Tierp anser att SKB:s modeller inte behandlar ekosystem i sin helhet. Vidare anser man att SKB i biosfärsmodelleringen utgår från utspädning på ett sätt som inte är förenligt med modernt miljömedvetande. Dessutom anser SOS-Tierp att biosfärs-scenarierna måste belysa effekterna av olika typer av läckage och att det är särskilt viktigt att belysa effekten av spekulativa intrång i förvaret.

SSI är den remissinstans som lämnat mest synpunkter på SKB:s biosfärsprogram och den grundläggande bedömningen är att SKB bedriver ett metodiskt och ambitiöst arbete. Enligt SSI:s uppfattning bör SKB dock

- redovisa vilken betydelse biosfären har för det slutgiltiga valet av plats och hur biosfären värderas i säkerhetsredovisningen
- upprätta en tidsplan för hur långt biosfärsarbetet behöver ha kommit inför de kompletta platsundersökningarna.

Därutöver anser SSI att SKB behöver redovisa konkretare planer eller ställningstaganden på följande områden:

- dokumentation av processerna som ingår i interaktionsmatriserna
- modellering av övergångar mellan ekosystem, till följd av t.ex. landhöjning eller klimatförändringar
- den processbaserade systemekologiska modellutvecklingen och dess betydelse för utformningen av de kompletta platsundersökningarna
- hur miljöskyddet ska tillgodoses och hanteras i säkerhetsanalyser och platsundersökningsprogram
- radionuklidtransport i övergången mellan geosfär och biosfär.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik konstaterar att SKB under senare år gjort väsentliga insatser när det gäller biosfärens betydelse för den långsiktiga säkerheten. Man anser det vara nödvändigt att utveckla en modell som täcker övergång mellan geosfär och biosfär.

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) anser att SKB:s biosfärsprogram kan bli framgångsrikt om det finns kunskap både om de använda modellernas relevans och om vilka ingångsparametrar som ska användas. SLU påtalar att det finns en uppenbar risk att den experimentella radioekologin försvinner helt i Sverige p.g.a. resursbrist. Bristen på experimentell kompetens kan leda till att bristfälliga ingångsparametrar används i modellerna. SLU föreslår därför att SKB ska stödja grupper med experimentell radiologisk inriktning.

Uppsala universitet anser att SKB:s systemekologiska angreppssätt är bra. Universitetet pekar på att det finns flera olika naturtyper i de områden som kan bli aktuella för ett slutförvar och att en svaghet i FUD-programmet är att relativt lite tycks satsas på hur de olika typerna ska kopplas ihop. Vidare framförs att litoralzonen inte nämns i någon större omfattning av SKB men man menar att detta kan vara en definitionsfråga. SKB bör klargöra detta.

SKI:s bedömning

SKI:s sammanfattande bedömning är liksom SSI:s, att SKB:s biosfärsprogram är både metodiskt och ambitiöst upplagt. Det återstår dock mycket arbete innan det övergripande målet att kunna genomföra trovärdiga konsekvensberäkningar i säkerhetsanalyserna. SKI ställer sig därför bakom SSI:s uppfattning att SKB behöver fortsätta att konkretisera sin planering vad gäller såväl modellutveckling som fältstudier, dvs. vilken data som måste samlas in i platsundersökningsskedet. Ett exempel är övergången mellan geosfär och biosfär.

SKI noterar med tillfredsställelse att SKB påbörjat olika inventeringar, kontrollprogram m.m. och därmed inlett arbetet med baslinjemätningar. Detta arbete kommer enligt SKB:s redovisning också att utgöra underlag för att kunna särskilja naturliga variationer i miljön från de som orsakas av ett slutförvar, vilket är något som även Naturvårdsverket uppmärksammat.

SSI:s föreskrifter om slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall (SSI FS 1998:1) innehåller krav på att även effekter på miljön ska utvärderas. I FUD-program 2001 redovisar SKB inte någon konkret planering för hur man avser att göra detta. SKB hänvisar framför allt till den utveckling som görs inom EU-projektet FASSET, som SSI leder. SKI delar SSI:s uppfattning att SKB bör ha konkretiserat sin planering inför de kompletta platsundersökningarna.

I FUD-program 98 angav SKB som ett mål för biosfärsforskningen att analysera och utvärdera alternativa säkerhetsindikatorer, dvs. komplement till dos och risk. Exempel på sådana säkerhetsindikatorer kan vara koncentrationer och flöden av radionuklider. Såväl SKI som SSI bedömde det som väsentligt att dessa planer fullföljdes. SKI kan konstatera att FUD-program 2001 överhuvudtaget inte nämner alternativa säkerhetsindikatorer. Även SSI har i sitt yttrande till SKI konstaterat att frågan inte berörs av SKB. SKI anser det angeläget att SKB genomför den planering som redovisades i FUD-program 98.

Avslutningsvis anser SKI det bra att SKB avser att i större utsträckning publicera resultat i internationella tidskrifter, vilket bidrar till den vetenskapliga granskningen av forskningen.

6 Klimatutveckling

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av klimatutveckling som motsvarar kapitel 10 i FUD-program 2001. Avsnitt 3.7 och 9.9 (FUD 01) tar även upp frågor kopplade till klimatutveckling. Kapitel 5 till 8 behandlar, enligt SKB, i processbeskrivningarna ett antal klimatrelaterade frågor som inte täcks in av redovisningen i kapitel 10.

Klimatförändringar kan med stor säkerhet förväntas i det mer än hundratusenåriga perspektiv som djupförvarets säkerhet ska analyseras. En god förståelse och beskrivning av klimatförändringar och dess påverkan på förvarets funktion är därför nödvändig i en säkerhetsanalys. Kunskaper om vad en plats för ett slutförvar i genomgått historisk tid är en viktig pusselbit i den geologiska, hydrologiska och geokemiska förståelsen av platsens långsiktiga utveckling. Denna kunskap är viktig att beakta när man beskriver framtida klimattillstånd och dess påverkan på ett slutförvar.

SKB:s redovisning

SKB konstaterar i FUD-program 2001 att förväntade klimatförändringar kommer att påverka biosfären, men även berggrunden ända ned till förvarsdjup. Denna typ av förändringar måste därför inkluderas i en analys av förvarets långsiktiga säkerhet. SKB refererar i detta sammanhang till SR 97 och det särskilda klimatscenariot.

SKB identifierar flera områden som behöver studeras närmare, exempelvis möjliga klimatvariationer, utveckling av permafrost, sambandet mellan islast och rörelser, kopplingen mellan hydraulisk och mekanisk utveckling samt de storskaliga tektoniska förändringarna. SKB tar även upp frågor hur klimatförändringar i steget efter en glaciation, i sin tur leder till påverkan på förvarsegenskaperna, t.ex. blandningen av grundvatten med olika ursprung, kapselns hållfasthet, buffererosion vid extremt jonfattiga grundvattensammansättningar och återfyllningens utveckling och funktion. I denna rapport behandlas de sistnämnda frågorna i SKI:s kommentarer i avsnitt 4.3-4.6.

SKB studerar kopplingen mellan hydrauliska och mekaniska processer samt deras inverkan på förhållandena i närområdet av en deponerad kapsel inom EU projektet BENCHPAR. SKB planerar också att vidareutveckla en konceptuell modell som beskriver de hydrauliska förhållandena under en inlandsis.

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjans förening anser att man överhuvudtaget inte ska deponera kärnavfall i grundvattenförande urberggrund mot beaktande av kommande glaciationer.

Mehedeby-Orrskogsguppen betonar att framtida klimatförändringar i anslutning till det glaciala tillståndet radikalt kan förändra förvarets skyddsförmåga genom att skada eller slå ut de tekniska barriärerna. Som exempel nämns effekter av jordskalv, förändringar i vattenföringen och vattenkemin vid förvaret.

SOS-Tierp noterar att SKB inte har tagit hänsyn till isfria perioder under istider, med en mer omfattande permafrost. Man pekar på att effekter av en djupgående permafrost måste klarläggas. SOS-Tierp noterar också att SKB i FUD-program 2001 själva påpekar att det med stor säkerhet kommer att inträffa klimatförändringar i framtiden som påverkar bergrunden ända ner till förvarsdjup.

SOS-Älvkarleby och SOS-Tierp ifrågasätter om SKB, med de planer som redovisas i FUD-program 2001, kommer att kunna visa hur kommande istider kan påverka ett slutförvar.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik anser att SKB behöver fastställa hur informationen om klimatprocesserna kommer att infogas i metodologin för säkerhetsanalys.

Stockholms universitet, Inst. för Geologi och Geokemi påpekar att ett djupförvar i fast berg är en mycket osannolik plats för metanhydratbildning (metanis), även om metanhydrat under vissa förutsättningar kan förekomma i yt nära lägen.

Stockholms universitet, Enheten för Paleogeofysik & Geodynamik (SUEPG) anser att metanis teoretiskt kan bildas nästan var som helst inne i berget där det finns sprickor och hålrum. Omvandling från fast metanis till gas kan enligt SUEPG ske explosionsartat. SUEPG framför att det inte finns entydiga bevis på att en sådan explosionsartad omvandling har inträffat, men nämner Boda grottorna som ett exempel där detta fenomen kan ha ägt rum, i kombination med stora jordbävningar. SUEPG anser att SKB inte har beaktat viktig information från Boda projektet.

SSI ser positivt på att SKB planerar datainsamling och utveckling av modeller för att öka förståelsen av klimatfrågor. SSI påpekar att SKB:s val av kustnära platser ställer stora krav på redovisning av klimatpåverkan och biosfärens roll. SKB bör därför, enligt SSI, utvärdera sin forskning om Östersjöns framtid, och betydelsen av havsnivåförändringar för de radiologiska konsekvenserna (t.ex. frigörelse av radionuklider som tidigare ackumulerats i havssediment).

SSI påpekar att biosfären har en viktig plats i säkerhetsredovisningen och särskilt frågan om utsläpp sker till en marin eller en terrester miljö. SKB måste ta ställning till om det är försvarbart att kan räkna med en utspädning av radionuklidutsläpp, på det sätt som klimatsceneriet i SR 97 förutsatte. SSI efterlyser därför att SKB tar fram metoder för att kunna göra expertbedömningar för val av klimatscenarioer.

SSI anser vidare att SKB:s forskning om Östersjöns framtid bör inkludera en utvärdering av effekterna av ett utsläpp i Östersjön som leder till anrikning i sediment och betydelsen av detta i perspektivet kustlinjens möjliga fluktuationer. SSI framför också att den särskilda redovisning som krävs i enlighet med SSI:s föreskrifter för den första tusenårsperioden, även bör innehålla en bedömning av möjliga klimatvariationer under denna period.

SKI:s bedömning

SKI anser det viktigt att aktiviteter inom klimatområdet får en hög prioritet. Något förvånande är att SKB inte kommit längre i sin planering, då de enligt egen uppgift efter SR 97 och FUD-program 98 huvudsakligen inriktat fortsatt arbete med utgångspunkt från de synpunkter som lämnades i samband med myndigheternas granskningar.

SKI saknar i FUD-program 2001 en plan för hur SKB ämnar bedriva forskningen inom detta område och efterfrågar tydligare mål och tidplaner. Vidare behöver insatserna sättas in i ett större perspektiv som bättre åskådliggör när FoU-resultat behöver vara framtagna med hänsyn till behoven i arbetet med t.ex. platsutvärderingar, och säkerhetsanalyser.

En av SKB:s slutsatser från SR 97 var att klimatrelaterade förändringar inte bör påverka förvarets säkerhet. Myndigheterna ifrågasatte dock om SKB presenterat tillräckligt mycket material för att underbygga denna slutsats. Myndigheterna hade även synpunkter på att SKB i SR 97 inte utförligare analyserat alternativa klimatutvecklingar. Redovisningen i FUD-program 2001 antyder att SKB har beaktat de framförda synpunkterna men konkretiserar inte närmare hur de kommer att hanteras. SKI efterlyser att SKB tydliggör kommande forsknings- och utvecklingsinsatser.

SKI delar helt SSI:s synpunkt att för ett slutförvar i kustnära områden är kustlinjens framtida läge och dess inverkan på grundvattenförhållanden och biosfären en viktig säkerhets- och strålskyddsfråga. SKB:s val av två kustnära platser i sitt program kommer därför innebära skärpta krav på kommande redovisningar av klimatpåverkan på såväl förvaret, berget som biosfären.

SKI konstaterar att SKB i FUD-program 2001 redogör för ytterligare utredningar av landhöjningsförloppet, bl.a. påverkan på kustlinjens läge, geohydrologin och grundvattensammansättningen. SKB avser även att på ett integrerat sätt koppla ihop klimatutvecklingen i ett 100 000 årsperspektiv med studier av den storskaliga tektoniska utvecklingen. SKI ifrågasatte det tektonikscenario som SKB presenterade i SR 97, eftersom den seismiska aktivitet som kan förväntas i samband med en deglaciationsfas inte beaktades. SKI ser därför mycket positivt på att SKB i detta avseende tagit fasta på synpunkter från SR 97 granskningen. SKI anser det betydelsefullt att detta arbete påbörjas så snart som möjligt och är intresserad av att ta del av SKB:s detaljerade planer.

Enligt SKI är det viktigt att SKB i sin analys av växthuseffektens betydelse för klimatutvecklingen även belyser och värderar den i ett längre tidsperspektiv, t.ex. påverkan på inledningen av nästa istid eller permafrostens utveckling.

Utveckling av permafrost och dess betydelse för djupförvarets säkerhet skall studeras inom ramen för ett samarbete med Finland, Kanada och Storbritannien. SKI anser det positivt att SKB planerar en sammanhållen insats när det gäller frågor om permafrostens djupgående under olika tidsperioder. Underlaget i FUD-program 2001 räcker emellertid inte för att bedöma om SKB:s nuvarande planer är ändamålsenliga.

Vid granskningen av FUD-program 98 bedömde SKI att det var övervägande positivt att mycket av kunskapsuppbyggnaden inom området sker internationellt. Detta hindrar dock inte att SKB själva måste ta upp de svenska/skandinaviska förhållandena inom ramen för sina egna projekt.

SKI anser att SKB behöver klargöra betydelsen av smältvattenproduktion vid botten av en inlandsis och dess betydelse för hydrologi och grundvattenkemi. SKI understryker vikten av att SKB överväger hur man på bästa sätt tar fram pålitliga smältmodeller.

SKI:s sammanfattande bedömning klimatutveckling

För ett slutförvar i kustnära områden är kustlinjens framtida läge och dess inverkan på grundvattenförhållanden och biosfären en viktig säkerhets- och strålskyddsfråga. SKB:s val av två kustnära platser i sitt program kommer därför att innebära att myndigheterna måste ställa höga krav på kommande redovisningar av klimatpåverkan för såväl förvaret och berget som biosfären.

SKI saknar i FUD-program 2001 en tydlig plan för hur SKB ämnar bedriva forskningen inom området klimatutveckling. SKI efterfrågar tydligare mål och konkreta tidplaner.

7 Naturliga analogier

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av naturliga analogier som motsvarar kapitel 11 i FUD-program 2001.

SKB:s redovisning

SKB har sedan många år varit engagerad i internationella projekt rörande naturliga analogier. Dessa ger information som kompletterar försök i laboratorium och platsundersökningar. Fördelen med naturliga analogier är att de ger en möjlighet att studera processer som pågått under mycket längre tider än vad som kan följas i ett laboratorieförsök. Processer som analogierna fokuserats på har i regel pågått under tidsperioder som är jämförbara med förvarets förväntade livslängd. Nackdelen är dock att randvillkor och andra förutsättningar som har påverkat processerna under hela denna tid är svåra att bedöma. Därför kan data från analogistudier oftast inte användas direkt i en säkerhetsanalys. Däremot är det enligt SKB inte ovanligt att säkerhetsanalysmodeller prövas på naturliga analogier. I FUD-program 2001 har SKB i tabellform sammanställt exempel på naturliga analogier som har använts för att studera processer av betydelse för säkerhetsanalyser av slutförvar. SKB har aktivt deltagit i ungefär hälften av de uppräknade studierna.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet (GU) framför att det många gånger är omöjligt att extrapolera resultat från laboratorieförsök till de långa tidsrymder som gäller för ett slutförvar. GU anser därför att naturliga analogier (helst "plats specifika") bör tillmätas stor betydelse vid bedömningen av framtida processer i ett djupförvar.

Kungliga tekniska högskolan anser att metoder för tolkning av data från naturliga analogier bör prioriteras.

Stockholms universitet, Enheten för Paleogeofysik & Geodynamik framför att forskning kring naturliga analogier, i SKB:s fall, utgör ett ensidigt sökande efter saker som kan backa upp de egna antagandena.

Uppsala universitet (UU) föreslår en mycket starkare satsning på testning och kalibrering av modeller med hjälp av fältstudier. UU anser att det går att undersöka de flesta viktiga frågor i fält (med kompletterande laboratoriestudier) - t.ex. spridning av relevanta radionuklider i berggrund på flera hundra meters djup, spridning av nuklider i ytvatten, påverkan av glaciation och permafrost, inverkan av stora jordbävningar och förkastningar. Universitetet anser därmed att SKB:s program för naturliga analogier bör expanderas till att inbegripa pågående naturliga processer i ett globalt perspektiv.

SKI:s bedömning

I FUD-program 98 ansåg SKB att målet med studierna av naturliga analogier är att pröva antaganden och modeller som används för att bedöma den långsiktiga säkerheten

för ett slutförvar. SKI har i FUD 98-yttrandet och i andra sammanhang föreslagit en mera generell inriktning som innebär att naturliga analogier orienteras efter problemställningar inom säkerhetsanalysen utan att för den skull eftersträva validering av modeller och koder. Erfarenheterna visar att det är svårt eller omöjligt att kvantitativt beskriva de naturliga analogiernas utveckling, på grund av osäkerheterna kring ursprungstillstånd och randvillkor. Dessutom överensstämmer inte alltid miljön tillräckligt väl med den som förväntas i slutförvaret. Det var kanske därför en överdriven förväntan att säkerhetsanalysmodeller skulle kunna valideras på detta sätt.

Utsikterna är då bättre att med hjälp av analogistudier kunna bedöma fullständigheten av processbeskrivningar, d.v.s. visa att det inte saknas viktiga delar i de konceptualiseringar som utnyttjas. Studier av naturliga analogier kan också vara ett pedagogiskt hjälpmedel för att förstå utvecklingen av geologiska system över långa tidsperioder och kan bidra till kunskaper om individuella processer. Redovisningen i FUD-program 2001 antyder att SKB:s bedömning av analogistudiernas värde numera överensstämmer med SKI:s. Dock kunde SKB i FUD-program 2001 bättre ha motiverat sitt val av naturliga analogier.

SKI noterar att SKB (enligt FUD 2001; avsnitt 2.1.1) kommer att redogöra för de naturliga analogiers roll i kommande säkerhetsanalyser i den s.k. metodrapporten som SKB aviserat.

SKI har noterat att de flesta projekt SKB för närvarande är involverade i är på väg att avslutas. Det finns en betydande risk att den minskande omfattningen av analogistudier kommer innebära att både det engagemang och den kompetens som erfordras för fortsatta analogistudier helt urholkas. SKI ser detta som ett problem då det finns få tänkbara alternativ för att få kunskaper om långsiktiga geologiska, hydrologiska och geokemiska förändringar av betydelse för slutförvaring. SKB bör värna om kontinuitet, och därför säkerställa någon form av fortsättning inom området naturliga analogier.

I FUD-program 2001 har SKB skissat på ett forskningsprogram som omfattar slutförandet av pågående större analogiprojekt samt fortsatt arbete med materialanalogier för främst koppar, bentonit och betong. SKI ser positivt på SKB:s föreslagna aktiviteter inom området materialanalogier. SKB bör även enligt SKI överväga om studier av antropogena analogier kan tillföra något ytterligare (föremål och konstruktioner av koppar, betong, cement som tillverkats av människan i historisk tid).

SKI känner till att diskussioner pågår att, inom ramen för ett EU-finansierat projekt, påbörja en genomgång av redan avslutade analogiprojekt. Målet skulle vara att utröna om redan känd information om processer viktiga i bedömningen av säkerheten för ett slutförvar kan utnyttjas på ett bättre sätt, alternativt erhållas genom eventuella kompletterande fältförsök. SKI anser att SKB bör överväga möjligheterna att delta i detta projekt för att även fortsättningsvis aktivt kunna inhämta ny kunskap.

SKI:s sammanfattande bedömning naturliga analogier

SKI anser att SKB:s arbete med materialanalogier bör ges hög prioritet i den fortsatta planeringen. Dessutom bör SKB överväga om ytterligare insatser krävs för att bättre

utnyttja den information som redan finns från avslutade projekt, alternativt överväga värdet av kompletterande fältförsök på dessa platser.

8 Metoder för platsundersökningar

SKI kommenterar i detta avsnitt SKB:s redovisning av metoder för platsundersökningar (PLU) som motsvarar kapitel 13 i FUD-program 2001. Kapitel 9.12 och 12.5 tar även upp frågor kopplade till PLU av biosfären och undersökningsdata samt platsbeskrivande modeller.

SKB:s redovisning

I kompletteringen till FUD-program 98 gavs enligt SKB en samlad redovisning av SKB:s program inför platsundersökningskedet och ytterligare preciseringar görs därför inte i FUD-program 2001. I stället fokuserar SKB redovisningen i FUD-program 2001 på den utveckling av viktiga undersökningsmetoder och mätsystem som pågår. Datahantering, byggande av platsbeskrivande modeller och överföring av information mellan undersökningar, projektering och säkerhetsanalys är andra delar som SKB belyser i FUD-program 2001.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet (GU) anser att platsspecifika undersökningar bör utföras i de utvalda undersökningsområdena, där befintliga sprickors status undersöks (t.ex. reaktivering av sprickor) och eventuella metoder för datering av tektoniska händelser tillämpas. Detta resulterar enligt GU i en tektonisk modell grundad på fältobservationer som kan användas för prognoser av exempelvis framtida scenarier.

Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk önskar att SKB förtydligar kopplingen mellan säkerhetsanalys, geologiska platsvalskriterier och platsundersökningar.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik framför att de platsspecifika biosfärsdata som kommer att samlas in skall göras lättillgänglig för forskning inom biosfärsmodellering.

Stockholms universitet, Inst. för Geologi och Geokemi framhåller betydelsen av att genomföra geokemiska mätningar tidigt innan man stört systemet.

Stockholms universitet, Enheten för Paleogeofysik & Geodynamik betonar betydelsen av att känna till den paleoseismiska historien inom aktuella platsundersökningsområden.

SSI betonar vikten av att SKB prioriterar FoU rörande insamlandet av biosfärsdata. SSI anser att s.k. baslinjemätningar och val av referensområden bör ske tidigt i processen. SSI avser att följa upp sina frågor kring platsundersökningar inom ramen för samrådsförfarandet mellan SKB, SKI och SSI.

Tierps kommun anser att en tydligare redovisning av vilka krav och kriterier som SKB avser att leva upp till finns fasställda innan vidare undersökningar med provborringar inleds. Man ställer även frågan om bergets egenskaper i ett långsiktigt perspektiv t.ex. hur förändras de kemiska egenskaperna (syre och salthalter) med tiden.

Uppsala universitet (UU) påpekar nödvändigheten av att mäta inducerade mikroskalv i samband med intrånget i berget. Denna övervakning bör påbörjas i god tid (1-2 år) innan intrånget startar för att fastställa bakgrundsaktiviteten. Mikroskalv registrerade av det seismologiska nätet kan enligt UU användas för att öka den konceptuella förståelsen av kryprörelser i berget. Detta görs företrädesvis med samtolkning av dessa mikroskalv och data från strategiskt lokaliserade extra GPS-stationer utöver Lantmäteriverkets GPS-nätverk.

UU föreslår även att inom ramen för platsundersökningar bör både inströmning och utströmning undersökas med djup borrhning. Exempelvis nämns att det är viktigt att i de kustnära områdena som Östhammar, även inströmningsområden undersöks.

Vetenskapsrådet anser att SKB redan i inledningsskedet bör upprätta ett GPS-nät i de områden där platsundersökningar avses påbörjas. Detta med hänsyn till vikten av långa mätningssyklar och för att påvisa eventuella långsiktiga rörelser längs befintliga sprickzoner.

Östhammars kommun förutsätter att platsundersökningsprogrammet genomförs enligt tidigare redovisad planering, d.v.s. i minst tre kommuner alternativt tre platser.

SKI:s bedömning

I samband med SKI:s yttrande över kompletteringen till FUD-program 98 framfördes en rad synpunkter på SKB:s planer som rör platsundersökningar. SKI vill i detta sammanhang endast hänvisa till SKI:s yttrande (SKI, 2001). I yttrandet framförda viktiga synpunkter på platsundersökningsskedet tas nu om hand i prioritetsordning inom ramen för det pågående samrådsförfarandet mellan SKB, SKI och SSI. SKI utgår även från att viktiga synpunkter på platsundersökningsskedet, som lämnats på FUD-program 2001 följs upp inom ramen för samrådsmötena.

SKI kan konstatera att för tillfället är SKB:s platsundersökningsprogram inne i en mycket intensiv fas, i vilken bl.a. generella planer och program ska omsättas i konkreta aktiviteter, t.ex. kvalitetssäkrade platsspecifika program. Detta ställer höga krav på att SKI och SSI inom respektive myndighets ansvarsområde löpande kan följa och ge synpunkter på SKB:s planer. Skrivningarna i FUD-program 2001 (kapitel 13) är till vissa delar redan inaktuella och har nu ersatts av mer detaljerade aktivitetsplaner.

SKI har exempelvis redan framfört att karakteriseringen av geokemiska förhållanden bör ges mycket hög prioritet i det inledande skedet då ostörda förhållanden fortfarande råder. En hög upplösning av geokemisk information i tid och rum är avgörande för att data ska kunna översättas i geovetenskaplig förståelse. SKI har även framhållit vikten av spårbarhet och kvalitetssäkring beträffande datahantering i fält och i SKB:s databaser.

SKI har knutit till sig en rådgivande grupp (INSITE) med internationella experter som täcker in viktiga områden avseende platsundersökningar som ligger inom SKI:s ansvarsområde. Gruppen kommer att följa SKB:s platsundersökningsprogram och ge

råd till SKI. För att kunna tillföra SKI relevanta synpunkter under processens olika skeden har gruppen behov av att kontinuerligt vara uppdaterad på dagsläget i SKB:s arbete.

SKI eftersträvar såväl bredd på SKI:s beslutsunderlag i granskningen av olika aktuella frågor som att gå på djupet i frågor som kräver kvalificerade expertkunskaper. Frågor som behandlas inom INSITE kommer dels att följas upp inom ramen för samrådsmötena med SKB, dels i en serie av speciellt anordnade INSITE-möten med olika kunskapsinhämtande syften.

9 Slutförvaret

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av djupförvaret som motsvarar kapitel 14 i FUD-program 2001.

Sammanställning av befintligt konstruktionsunderlag planeras av SKB och utgår från samhällets krav på säkerhet och skydd av människor och miljö såsom de uttrycks i svensk lagstiftning och internationella överenskommelser.

Acceptansprövning, varianter av KBS-3, teknik – utveckling och demonstration

SKB:s redovisning

I arbetet med konstruktionsförutsättningarna fastslås krav på djupförvarets ingående komponenter (kapsel, buffert) och olika förvarsdelar (deponeringshåll, deponeringstunnlar, övriga bergrum etc.).

Acceptansprövning syftar till att avgöra om konstruktionsförutsättningarnas krav kan anses uppfyllda. För att kunna tillgodogöra sig vunnit erfarenhet från Äspölaboratoriet (prototypförvaret) och platsundersökningar förutser SKB att framtagning av acceptanskriterier och metoder för acceptansprövning kan ske stegvis och parallellt med utformning och optimering av anläggningen samt fördjupad kunskap om den aktuella platsen.

Under rubrik acceptansprövning nämner SKB konstruktionsförutsättningar för deponeringshåll, bl.a. att redovisa metodik för acceptans eller förkastande av deponeringsposition för en kapsel.

I projektet JADE (Jämförelse Av DEponeringsmetoder) har SKB jämfört *varianter av KBS-3* och funnit vertikal placering (KBS-3 V) av kapsel vara referensutförningen. KBS-3 medellånga håll (MLH) bedöms vara bättre ur perspektivet miljö-påverkan (mindre berguttag) och ekonomi. SKB konstaterar att stora insatser för konceptet MLH krävs framför allt för att utveckla deponeringsteknik samt maskiner och annan utrustning. SKB planerar inga egna insatser gällande demonstration i Äspö-laboratoriet med motiveringen att man inte vill förändra randvillkoren för pågående experiment.

Fullborrning av tunnlar och 13 deponeringshåll har genomförts i Äspölaboratoriet med gott resultat. SKB anser att handlingsfrihet vad gäller metoder för drivning av deponeringstunnlar och deponeringshåll kvarstår även efter påbörjad deponering.

De ca 100 tillverkade blocken (50x165cm) med naturlig vattenkvot (10%) och förhöjd vattenkvot (17%) har tillverkats med enaxlig pressning. SKB planerar genomföra isotatisk pressning av block och ringar med diametern 100 cm.

En maskinprototyp för deponering av kapslar är framtagen för att skaffa erfarenheter från konstruktion, tillverkning och drift av en sådan maskin.

SKB noterar att mängden kemiska ämnen i form av strömmaterial som tillförs är liten i förhållande till förvarets naturliga material. SKB nämner undantaget kalcium om cement används som bottenavjämning i deponeringshål.

SKB planerar senast vid förslutning av förvaret täta borrhål genom att fylla dessa med bentonit eller cement. Teknik för tätning har utvecklats inom ramen för Stripaprojektet. Vidareutveckling av befintlig teknik för korta borrhål och nyutveckling av teknik för djupa borrhål avses genomföras i Äspölaboratoriet under kommande sexårsperiod.

Remissinstansernas synpunkter

SSI anser i sitt remissyttrande till SKI att SKB, enligt SSI:s föreskrifter, behöver redovisa på vilket sätt slutförvarssystemet har optimerats med avseende på strålskydd. SSI framhåller även att valet av nedfart (ramp eller schakt) kommer att ha stor betydelse för systemutformningen och kan även vara av betydelse för förvarets långsiktiga skyddsförmåga. Även förvarsdjupet påverkar enligt SSI förvarets långsiktiga skyddsförmåga.

I SSI:s yttrande över kompletteringen till FUD-program 98 framförde SSI också behovet av att SKB genomför en analys där förvarsdjupets påverkan på skyddsförmågan ställs mot kostnader, byggbarhet m.m. SSI ansåg även att SKB därutöver bör genomföra ytterligare arbete avseende olika varianter av horisontell deponering (t.ex. medellånga tunnlar) jämfört med vertikal deponering.

SKI:s bedömning

De för slutförvaret ännu ej fastlagda funktionskraven skall enligt SKI:s uppfattning kunna uppfyllas senast vid tillståndsansökan enligt kärntekniklagen. SKI, liksom SKB, anser att det är nödvändigt att variationsbredd och viss handlingsfrihet i förvarsutformningen ingår i tillståndet.

SKI har i tidigare granskningar (FUD 92) efterlyst en redovisning av betydelsen av förvarsdjup. SKB har delvis tillgodosett detta genom redovisning i en rapport 1996 (SKB, 1996) där man beskriver för respektive nackdelar med olika förvarsdjup. SKB konstaterar i rapporten att sammantaget överväger nackdelarna klart fördelarna och att studien inte redovisar några nya betydande skäl att gå till större förvarsdjup än de som förutsetts i KBS-3 och relaterade studier. SKI konstaterar att rapporten endast belyser tekniska aspekter. Ekonomiska aspekter på förvarsdjup och långsiktig säkerhet diskuteras ej.

SKI vill ändå uppmärksamma SKB på att man tydligare behöver värdera innebörden vad de negativa faktorerna ökad temperatur, högre bergspänningar, större förstärkningsbehov, högre vattentryck, ökande salthalt i grundvattnet och eventuellt försämrade buffertverkan p.g.a. salthalten innebär för den långsiktiga säkerhet.

SKI kan liksom SSI konstatera att det även finns ett antal positiva faktorer vid djupare förläggning bl.a. lägre hydraulisk konduktivitet, längre transportväg, lägre hydraulisk gradient och lägre grundvattenflöde. Dessutom minskar risken för mänskligt intrång liksom påverkan från glaciation eller permafrost vid ökat förvarsdjup. Beträffande

förvarsdjup kan SKI liksom SSI sammanfattningsvis konstatera att det är viktigt att SKB konkretiserar sina planer för utvärdering av betydelsen av förvarsdjup, tillfartsalternativ ner till förvarsdjup och alternativa varianter av förvarsutförningar.

Beträffande tillfartsalternativ till förvaret finns SKB-rapporter som beskriver alternativen men inga ställningstaganden finns från SKB:s sida vilket alternativ man vill prioritera. SKI kan konstatera att om alternativen ramp och/eller schakt båda genom en analys kan visas uppfylla de långsiktiga säkerhetskraven är det förståeligt om SKB vill behålla handlingsfriheten för att kunna anpassa alternativen till lokala förhållanden på utvalda platser.

SKI anser att tillåtet inflöde till deponeringshål är en av de viktigaste acceptanskriterierna som SKB måste redovisa senast i samband med ansökan om detaljundersökning. SKI ifrågasätter också om det är tillräckligt att basera slutsatser beträffande bentonitens återmättnad, som beror på vatteninflöde, på endast två tester (två hål bryts efter 5 år, de övriga fyra efter 20 år enligt SKB:s plan) i Äspölaboratoriet. Om något händer med hålen är det nödvändigt att bryta de övriga försöken tidigare d.v.s. innan 20 år. SKI har kommenterat detta kriterium i tidigare FUD-granskningar (se även avsnitt 4.7).

Slutförvar i två plan har diskuterats i olika sammanhang men någon grundligare analys och bedömning av detta alternativ har ej redovisats av SKB varför detta nu kunde vara motiverat om det visar sig att volymen inom den tänkta förvarsutförningen i ett plan i den begränsade linsen i Forsmark inte är tillräcklig.

Beträffande SKB:s planer på varianten medellånga hål (MLH) redovisar SKB sent under granskningsprocessen ett FUD-program för ett KBS-3-förvar med horisontell deponering, vilket såväl SKI som SSI finner tillfredställande. Redan i granskningen av FUD-program 95 föreslog SKI att SKB skulle demonstrera MLH i Äspölaboratoriet men SKB ville då avvakta resultatet av FEBEX-testerna i berglaboratoriet i Grimsel i Schweiz.

SKI anser SKB:s motivering, i FUD-program 2001, till att inte störa pågående experiment är en för svag motivering för att avstå från att demonstrera deponeringstekniken enligt konceptet medellånga hål i Äspölaboratoriet. Om SKB vill hålla alternativet öppet och ge SKI underlag för att godkänna metoden så erfordras en demonstration av deponeringstekniken. I en nyligen publicerad SKB-rapport (SKB, 2001) förefaller det dock som om SKB har omprövat sitt beslut beträffande demonstration av tekniken i Äspölaboratoriet.

SKI anser det vara lovvärt att SKB undersöker alternativa tillverkningsmetoder för bentonitblock och ringar eftersom isostatpressade block sannolikt blir mer homogena i strukturen än enaxligt pressade block och ringar och därmed lättare kan uppfylla höga kvalitetskrav.

Om SKB kommer att stöta på problem vid åtskild deponering av bentonit och kapsel bör man förbereda sig på att ta fram teknik och utrustning för samtidig deponering av

kapsel och bentonit. Detta alternativ medför också större deponeringstunnlar och därmed ökat berguttag.

SKB nämner tre typer av återfyllad: bentonit + krossat berg, bentonit + kvartssand, enbart krossat berg. SKI kan notera att i de senaste kostnadsberäkningarna (SKB:s planrapport för år 2001) nämner SKB naturlig lera som ett alternativ (variation) till återfyllnad där SKB troligen syftar på den tyska Friedlanderan. SKI anser att planrapport och FUD-program måste vara i fas med varandra.

Beträffande driftförslutningar tillräknar SKB denna ingen funktion vad avser långsiktig säkerhet. Likafullt bör SKB utreda varför betongpluggen (inkluderande en djup nisch in i berget) i Backfill and Plug Test i Äspölaboratoriet inte uppfyller täthetskravet. Det är enligt SKI:s uppfattning en förtroendefråga för SKB att man för allmänhet, kommuner, myndigheter m.fl. kan visa att tillämpad teknik fungerar tillfredställande.

SKI konstaterar att SKB inte nämner det eventuella behovet och eventuella konsekvenser av cement/betong som bottenplatta alternativt löstagbara slipers för rälsen för deponeringsmaskinen i tunnarna. Dock nämner SKB användandet av cement i botten av deponeringshålen. SKI anser det vara viktigt att SKB utreder cement/betongs påverkan på bentonit vilket SKB förhoppningsvis kommer att göra inom ramen för samarbetsprojekt med Posiva och deltagande i EU-projektet ECOCLAY II.

SKB vill slippa ta hänsyn till var man sätter sina borrhål under platsundersökningarna och utvecklar därför metodik för förslutning av borrhål. SKI:s åsikt är att det sannolikt inte går att helt utesluta att någon tätning misslyckas eller att erosionsprocesser öppnar upp flödesvägar i gamla borrhållägen. SKI rekommenderar därför SKB att behålla någon form av respektavstånd mellan borrhål och deponeringshål.

10 Transporter, kärnämneskontroll och fysiskt skydd

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av transporter, safeguard och fysiskt skydd som motsvarar kapitel 14.6 och 14.7 i FUD-program 2001.

10.1 Transporter

SKB:s redovisning

SKB redovisar att det finns ett beprövat transportsystem för använt kärnbränsle och kärnavfall och att regelverket för transport av farligt gods bygger på överstatliga överenskommelser. Transportbehovet under bygg- respektive anläggningskedet beskrivs. SKB beskriver att transporten av inkapslat bränsle kommer att ske från inkapslingsanläggningen till slutförvaret i en speciell transportbehållare, som fylld och med lastbärare beräknas väga cirka 75 ton. En förstudie av transportbehållare för kapslar har skett i samarbete med Tyskland. Transportsätten för behållaren ska kunna vara sjö-, järnväg- eller landsvägstransport. Transportsättet varierar beroende på inkapslingsanläggningens placering i förhållande till djupförvaret. Olika tänkta alternativ för de valda förstudiekommunerna beskrivs.

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga tekniska högskolan (KTH) anser, bl. a. mot bakgrund av händelserna den 11 september i USA, att transporter är viktiga att analysera ur skyddssynpunkt, samt att internationell erfarenhet visar att de är ytterst sårbara.

Mehedeby-Orrskoggruppen saknar i FUD-program 2001 bl.a. en redovisning av hur strålning från transportbehållarna påverkar omgivningen vid landtransporter. Vidare är man av åsikten att kärnavfallstransporter ej ska få ske genom bebodda trakter, bl.a. med ett resonemang om strålning från transportbehållarna. Gruppen är också avvisande till järnvägstransporter av kärnavfall.

En transportolycka i Tierpsområdet anser gruppen kan ge svåra samhällsliga konsekvenser. Man anser också att kontamination av transportbehållare och lastbärare med aktivitet är ett återkommande problem. Gruppen säger vidare att totalvikten på en transportbehållare med lastbärare och järnvägsvagn motsvarar 90 ton, vilket anges vara totalt tillåten vagnsvikt på Ostkustbanan. Man konstaterar därmed att inga säkerhetsmarginaler vad avser totalvikten skulle föreligga. Bandelen redovisas vara hårt trafikbelastad.

Naturvårdsverket anser att forskning kring hållbara transporter av det radioaktiva avfallet till förvaringsplatserna bör ingå i SKB:s FUD-program.

SOS-Älvkarleby anser att dosraten från transportbehållarna med inkapslat bränsle ger upphov till hälsorisker och följaktligen inte ska få transporteras genom bebyggda trakter. Vidare anser man att det p.g.a. transportvikten på kollit med tillhörande last-

bärare samt järnvägsvagn inte finns några viktmarginaler på den angivna spårsträckan. Man anser också SKB:s transportutredning vara ofullständig.

Älvkarleby kommun framför att transportfrågor endast behandlas på två sidor av totalt cirka 300 i huvudrapporten, och anser vidare att transportfrågan är i alla högsta grad aktuell då man anser att en smidig lösning på denna är en förutsättning för ett djupförvar i Tierp. Kommunen håller inte med SKB om att järnvägstransporter av använt kärnbränsle och kärnavfall är känd och beprövad teknik, samt att praktiska erfarenheter finns såväl i Sverige som i andra länder. Vidare är kommunen inte nöjd med att SKB å ena sidan anger ett omfattande fraktbehov, men å andra sidan inte vill redovisa rutter och beskrivningar av transporter förrän i samband med MKB-underlaget inför en ansökan om detaljundersökning på en plats. Kommunen kräver en tidig redovisning av transportlogistiken av SKB.

SKI:s bedömning

SKI noterar att flera remissinstanser anser att transporter har fått en styvmoderlig behandling i SKB:s program genom en begränsad redovisning på två textsidor. SKI har förståelse för denna inställning. I FUD-programmet hänvisar SKB bl.a. till en slutrapport avseende en förstudie i Älvkarleby och den planerade miljökonsekvensbeskrivningen som ska upprättas i samband med platsundersökningar.

SKI anser att det hade varit värdefullt om transporter beskrivits utförligare i huvudrapporten eftersom frågan är av stort allmänintresse. SKI konstaterar samtidigt att det nuvarande transportsystemet för använt kärnbränsle och kärnavfall har fungerat bra och är ändamålsenligt. Det som kännetecknar systemet är att transporterna huvudsakligen sker till sjöss med ett fartyg som är särskilt byggt för ändamålet (M/S Sigyn). Ett icke kustnära förlagt slutförvar skulle innebära att transporter måste ske med järnväg och/eller på landsväg. SKI anser att tunga transporter med en 75 tons transportbehållare inklusive lastbärare, framförd på landsväg eller järnväg, är mycket känslig för störningar som t.ex. demonstrationer. Stora krav ställs även på bärigheten hos vägar och järnvägar.

Transportkollit som kommer att certifieras som ett s.k. fissilklassat B-kolli, kommer dock vara dimensionerat att klara av även allvarliga haverier. Transportsättet kan ge stor påverkan på allmänhetens acceptans för en speciell förläggningsplats för slutförvaret. En referens till den genomförda förstudien av transportbehållare till kapseln saknas i SKB:s huvudrapport.

SKI konstaterar att det är Räddningsverket och Sjöfartsverket som utfärdar de tillämpliga bestämmelserna för transport av farligt gods, inte IAEA som SKB uppger. Dock bygger bestämmelserna i hög grad på IAEA:s rekommendationer.

SKI konstaterar vidare att det inte går att utgå på det sätt som SKB gör, från att dagens system för bevakning, kommunikation och olycksberedskap är användbart för framtida transporter till ett slutförvar. Särskilt viktig blir denna fråga om förvaret lokaliserar till inlandet, d.v.s. om längre landtransporter blir nödvändiga. SKI rekommenderar därför SKB att genomföra studier av erfarenheter från andra länder.

SKI:s sammanfattande bedömning är att transportproblematiken med tanke på osäkerheterna var förvaret ska placeras är godtagbart beskrivet i FUD-programmet. Dock kunde någon form av önskvärd prioritetsordning för möjliga transportsätt av kapslarna ha redovisats i rapporten och skyddsfrågorna hanterats tydligare.

10.2 Kärnämneskontroll och fysiskt skydd

Sverige har genom att ratificera NPT – avtalet (icke spridningsavtalet) 1970 förbundit sig att utföra kärnämneskontroll (safeguards) enligt IAEA:s regler. NPT ger IAEA rätt att inspektera anläggningar i Sverige för att verifiera att landets deklarerade innehav av kärnämne är korrekt. SKI har till uppgift att tillse att Sverige uppfyller kraven.

Efter Sveriges inträde i EU 1995 gäller dessutom Euratomfördraget vilket ger Euratom Safeguard Office rätt och skyldighet att inspektera svenska anläggningar där kärnämne används. Tilläggsprotokollet till IAEA:s kontrollavtal har ratificerats av Sverige men ännu ej trätt i kraft. Det ger IAEA utökade rättigheter till information och inspektioner. Den kontrollverksamhet som bedrivs syftar till att kontrollera att kärnämne inte avleds för vapenanvändning och när tilläggsprotokollet trätt ikraft att även kontrollera att ingen icke-deklarerad kärnteknisk utveckling/anläggning bedrivs inom landet.

Med stöd av kärntekniklagstiftningen har SKI föreskrivit (SKIFS 1998:1) att åtgärder för fysiskt skydd skall vidtas vid kärntekniska anläggningar. Åtgärderna syftar dels till att skydda anläggningen mot obehörigt intrång, sabotage eller annan påverkan som kan medföra en radiologisk olycka dels till att förhindra stöld av kärnämne eller kärnavfall.

SKB:s redovisning

SKB framför att synsättet på safeguard för djupförvaret m.m. är kopplat till det utkast som rör policy för safeguards för djupförvar som IAEA:s arbetsgrupp SAGOR har tagit fram år 1998. Inom IAEA har man konstaterat att ett förslutet slutförvar behöver stå under safeguardkontroll så länge motsvarande kontroll sker på andra områden. Arbete pågår internationellt för att definiera kraven på safeguardsystemet på ett förslutet förvar.

I sin redovisning framhåller SKB att det redan nu finns etablerade system för fysiskt skydd av såväl kärntekniska anläggningar som transporter av bestrålat kärnbränsle. Vidare anser SKB att dessa system kan tillämpas för kommande transporter mellan CLAB, inkapslingsanläggningen och anläggningen för slutförvar. Samma resonemang förs också för skyddet av inkapslingsanläggningen och anläggningen för slutförvar.

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjan framhåller att SKB underskattar risken för mänskligt intrång i förvaret och attacker av terrorister mot kärntekniska anläggningar.

Folkkampanjen mot kärnkraft – Oskarshamn framhåller att om man samlokaliserar djupförvar och kärnkraftverk ökar riskerna (för terrordåd) för båda anläggningarna.

KTH anser, bl.a. mot bakgrund av händelserna den 11 september, att även osannolika men ändå inte otroliga scenarier måste med i bedömningen, vilket diskussionen om ökat skydd för svenska kärnkraftverk belyst.

Mehedeby-Orrskoggruppen konstaterar att transporter är känsliga för sabotage, och menar att vapen med riktad sprängverkan skulle kunna skada barriärerna i en behållare till den grad att aktivitet kommer ut.

Umeå universitet anser bl.a. att det stora polisiära uppbådet (15000 poliser) vid tidigare transporter av använt kärnbränsle/kärnavfall i Tyskland visar på ett det radioaktiva avfallet måste få sitt slutliga förvar.

SKI:s bedömning

SKI anser att områdena kärnämneskontroll och fysiskt skydd är mycket översiktligt beskrivna i huvudrapporten. Det kommande slutförvaret kommer i att innehålla i princip hela det svenska programmets bestrålade kärnbränsle (inkluderande visst MOX-bränsle). Detta innebär en i särklass stor källterm. SKI vill därför framhålla att höga krav måste ställas på såväl icke-spridningskontroll av det klyvbara materialet som på det fysiska skyddet av detsamma. Detta gäller hela kedjan från CLAB via inkapslingsanläggningen till slutförvaret. SKI anser att det är av synnerligen stor vikt att dessa aspekter kommer in i ett tidigt stadium i processen, då det erfarenhetsmässigt är mycket dyrt med senare ombyggnad av anläggningar m.m. i dessa hänseenden. SKI håller vidare med de remissinstanser som hävdar att väg- och järnvägstransporter är mer sårbara än sjötransporter ur sabotagesynpunkt.

Enligt SKI:s uppfattning bör en analys göras utgående från de skyddsbehov som finns för dels inkapslingsanläggningen och slutförvaret dels de transporter som kommer att bli aktuella beroende på lokaliseringen av inkapslingsanläggningen och slutförvaret. Mot bakgrund av att det rör sig om två helt nya typer av anläggningar bör SKB i ett tidigt skede belysa vilka åtgärder som krävs för att skydda anläggningarna mot sabotage och för att skydda bränslet från stöld.

SKI:s slutsats är att SKB måste redovisa hur man tänker organisera den eventuella forskning och de utredningar om hur kärnämneskontroll och fysiskt skydd ska anordnas vid de nya typerna av anläggningar det här gäller. För inkapslingsanläggningen måste resultaten redovisas i samband med ansökan för tillstånd för att uppföra anläggningen.

11 Inkapsling

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av inkapsling som motsvarar kapitel 15 i FUD-program 2001.

11.1 Kapselutformning

SKB:s redovisning

De grundläggande konstruktionsförutsättningarna för kapseln har tidigare sammanställts av SKB i en preliminär version (framförallt i Werme, 1998). En sammanfattande utvärdering av kunskapen om korrosion på koppar i djupförvarsförhållanden har också gjorts (King m.fl., 2001).

Referensutformningen består av en tryckbärande insats av segjärn med stållock och en yttre korrosionsbarriär av koppar. I referensutformningen är koppartjockleken satt till 50 mm, och detta är också inriktningen vid utprovning av tillverkningsmetoder och optimering av kapselns detaljutformning. Kapslar med 30 mm vägg tjocklek kommer att tillverkas på prov för att ge erfarenhet av både tillverknings- och förslutningsmetoder för sådana kapslar. Denna kunskap kommer att vara ett underlag för ett eventuellt senare beslut om ändrad vägg tjocklek.

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjans förening ifrågasätter hur det kan vara möjligt att garantera att kapseln skall hålla i 100 000 år med någon typ av trovärdighet, och menar dessutom att SKB:s beskrivning av vilken koppertjocklek som behövs är oklar.

Avfallskedjan anser det vara anmärkningsvärt att SKB undan för undan minskar koppertjockleken i kapseln och ersätter den med mindre hållbara och billigare material som gjutjärn.

SKI:s bedömning

SKI angav i granskningen av FUD-program 98 (SKI, 1999) att de preliminära konstruktionsförutsättningarna som de beskrevs i Werme (1998) har en bra grundstruktur, men att de behöver i högre grad vara motiverade genom konsekvensanalyser i säkerhetsanalysen av slutförvaret. SKI förutsätter att SKB tar hänsyn till detta vid framtagandet av konstruktionsförutsättningar för hela förvaret och att erfarenheterna från arbetet med de preliminära kraven på kapseln tas tillvara.

SKI instämmer som tidigare med SKB om att det finns för- och nackdelar med ett tunnväggigare (30 mm) kopparhölje när det gäller tillverkning, förslutning och kontrollmetoder. SKI anser att möjligheten att använda en tunnväggigare kopparkapsel skall visas genom att resultat från tillverkning och konsekvensanalyser i säkerhetsanalysen (framförallt med avseende på korrosion) visar att kapseln uppfyller funktionskraven.

11.2 Kapseltillverkning och sammansättning av kapslar

SKB:s redovisning

SKB redovisar läget för kapseltillverkning, sammansättning av kapslar och den planerade kapselfabriken i avsnitten 15.2, 15.3 och 15.4 i huvudrapporten, samt i en lägesrapport (Andersson, 2001)

Utvecklingsarbetet avseende rörtillverkning har koncentrerats kring tillverkning av sömlösa rör (med extrudering eller dornpressning), även om SKB konstaterar att rullformade och långsvetsade rör sannolikt kan utvecklas till ett tillämpligt alternativ för rörtillverkning.

Angående tillverkningen av gjutna insatser har SKB använt sig av flera olika gjuterier, och kopplat till detta olika gjutmetoder, olika typer av gjutformar etc. Erfarenheterna från provtillverkningen har visat på ojämn kvalitet och delvis väl låg hållfasthet gentemot den nuvarande specifikationen. Det fortsatta arbetet är inriktat på att med modellering av gjutförlopp, eventuella ändringar av gjutmetoder och legeringsämnen kunna tillverka insatser med jämnare kvalitet och om nödvändigt med högre hållfasthet. Till sammans med förnyade beräkningar av hållfasthet (se även 4.3.2) kommer detta att ge bättre möjlighet att specificera kraven på hållfasthet.

SKB har i två tidigare studier (Burström, 2000a respektive 2000b) redovisat en preliminär utformning av en kapselfabrik, med separata bearbetningslinjer för gjutjärnsinsatser och kopparhöljen. Studierna innefattar en preliminär bedömning av maskinell utrustning, lokal- och personalbehov, samt kostnadsuppskattningar för dessa.

Remissinstansernas synpunkter

Mehedeby-Orrskogsggruppen anser att SKB:s kapitel om inkapsling bekräftar att många stora svårigheter kvarstår under lång tid framöver med att få acceptabel kvalitet på kapslar, fogning, verktyg och tester. SOS-Älvkarleby uttrycker oro över samma sak. SOS-Älvkarleby och SOS-Tierp konstaterar att ännu har ingen färdig kapsel tillverkats.

Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk vill hävda att utvecklingen av kopparkapslarna med val av tillverknings- och svetssteknik utgör den mest kritiska komponenten i KBS-3 metoden. För kommunen är det därför viktigt att SKI löpande följer, bedömer och till kommunen rapporterar hur detta utvecklingsarbete fortskrider.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik, påpekar att en bra svetsning av de stora och massiva kopparkapslarna fortfarande är en ingenjörsmässig utmaning och med rullformningsmetoden ökar man längden av den totala svetsfogen avsevärt och därmed sannolikheten av uppkomna brister i svetsning.

SKI:s bedömning

SKI anser att SKB:s lägesrapport för utvecklingen av tillverkningsteknik för kapslar är en bra sammanställning.

När det gäller tillverkningen av kopparrör, kvarstår SKI:s farhågor angående vilken kornstorlek och fördelning som kan erhållas hos rullformade rör, även vid en vidareutveckling av tekniken för rullformade och längssvetsade rör. SKI håller i det fallet med SKB om att tillverkningen troligen skulle förenklas med ett tunnväggigare rör. SKI menar vidare att frågan om kornstorlek och fördelning är minst lika relevant vid tillverkningen av sömlösa rör, och i synnerhet för dornpressade rör, som har en lägre grad av bearbetning än extruderade rör, se även avsnitt 4.3.3 om kornstorlek. SKB bör i det fortsatta arbetet tydligare jämföra för- och nackdelar hos de olika metoderna för att framställa sömlösa rör, t.ex. inverkan av uppvärmning i flera steg vid dornpressning, inverkan på rör (och botten) vid dornpressning med integrerad botten etc.

SKI ser positivt på att SKB använder modelleringsarbete (av tillverkningen av kopparrör, och nu även planerat fortsatta studier av lock och botten) vid KTH som stöd i arbetet med att optimera utformning av verktyg, smides- och extruderings temperaturer, dimensionering av göt etc.

SKB:s erfarenheter från tillverkningen av gjutna insatser, och i synnerhet från de studerade materialproven, har visat på ojämn kvalitet och eventuellt för låg hållfasthet. SKI ser de planerade insatserna som rimliga, men menar att SKB i större utsträckning borde verifiera insatsernas mekaniska egenskaper genom att undersöka några tillverkade insatser mer ingående. Som nämnts i avsnitt 4.3.2 menar SKI att SKB behöver försäkra sig om att tidplanen för detta arbete är rimlig och att tillräckliga resurser avsatts.

Kapsel fabriken kommer inte att vara en kärnteknisk anläggning, men kommer ändå att vara en viktig länk i kedjan, eftersom höga krav ställs på kapseln både ur driftsynpunkt och för långsiktig säkerhet. SKI anser att SKB:s projekteringsarbete hittills inte har visat på några allvarliga brister när det gäller själva kapsel fabriken, men vill poängtera att även utformningen av fabriken måste uppdateras vid ändringar i tillverkningsteknik eller kapselutformning. SKI har i en studie (Lundin m.fl., 2001) låtit granska SKB:s förslag till tillverkning av kapslar, och rekommenderar SKB att fortsatt studera om eventuellt ändrad teknik för bearbetning av kopparrör och blästring av insatser, samt fördelningen av vad som görs hos leverantörer och vad som utförs i kapsel fabriken, kan öka kvaliteten hos de levererade kapslarna.

SKI vill återigen betona, i likhet med flera remissinstanser, att en kritisk fråga för den tekniska genomförbarheten för KBS-3 är att det finns metoder för förslutning och kontroll som är tillämpliga vid serietillverkning. Detta innebär att ett tillräckligt stort antal fullstora kapslar skall ha tillverkats, förslutits och kontrollerats och kunnat visas uppfylla de krav som förutsätts i analysen av den långsiktiga säkerheten.

11.3 Svetsteknik

SKB:s redovisning

SKB fortsätter utvecklingen av elektronstrålesvetsning, för såväl förslutningssvetsar av lock som svetsning av bottenar. Projekten för förslutningssvetsar av såväl 50 mm som 30 mm kopparrör beräknas vara avslutat i början av 2004.

SKB beskriver hur bottenar svetsas i TWI:s högvakuumkammare, både med elektronstrålen horisontellt och vertikalt, där det senare indikerat bättre resultat. Även FSW (friction stir welding) anges som ett tänkbart alternativ. Den fortsatta utvecklingen får utvisa vilken metod som är den tillförlitligaste.

SKB har under den senaste treårsperioden utvecklat FSW, och anger att processen sannolikt kan utvecklas till en användbar metod för svetsning av kopparkapslar. Erfarenheterna hittills har visat att verktygsmaterial, verktygsparametrar samt en rad olika processparametrar är helt avgörande för resultatet. En återstående fråga är hur problemet med utgångshålet (från det roterande verktyget) skall tas om hand. FSW anges även som ett tänkbart alternativ för rullformning och längssvetsning av kopparrör.

SKB anger vidare att den slutliga processen att tillverka och försluta kapslar skall genomgå kvalificering. Ett program för detta kommer att tas fram till tidpunkten för ansökan om att uppföra inkapslingsanläggningen, medan kvalificeringen av metoderna görs i samband med drifttagning av anläggningen.

Remissinstansernas synpunkter

Stockholms universitet, Inst. för Fysik, menar att en frågeställning som bör klargöras är om "friktionshuvudet" som måste vara av ett hårdare material än koppar, inte lämnar ifrån sig föroreningar som diffunderar in i koppar (förutom syret från luften).

Lunds universitet och Uppsala universitet påpekar att det saknas planerad forskning om hur svetsningens inverkan på materialet påverkar korrosionsegenskaperna.

SSI saknar en sammanhållen utvärdering av resultaten från de olika svetsförsöken, och anser att det finns en otydlighet i redovisningen av utvecklingsarbetet av kapseltillverkningen, eftersom redovisningen i lägesrapporten för kapseltillverkning (Andersson, 2001) ger än annan bild än FUD-program 2001.

SKI:s bedömning

SKI kan konstatera att utvecklingen av svetsmekaniken gått avsevärt framåt den senaste treårsperioden när det gäller FSW, och ser SKB:s planer att bygga upp en ny utrustning i Kapsellaboratoriet samtidigt som utvecklingsarbetet fortsätter på TWI som ett mycket lämpligt steg. Enligt SKI:s mening är dokumentationen av såväl den uppnådda utvecklingen (både vid Kapsellaboratoriet och förbättrade bottenar vid TWI) som de planerade insatserna av elektronstrålesvetsningen alltför knapphändig, och uppmanar

SKB att sammanställa de uppnådda resultaten snarast. Även SSI framför synpunkter på otydligheten i utvärdering och fortsatta planer.

SKB anger att utförda svetsar utvärderas med metallografi och oförstörande provning, men SKI vill ändå, i likhet med Stockholms universitet, Inst. för Fysik, påpeka vikten av att undersöka svetsfogen vid FSW för att fastställa om främmande partiklar (som härrör från verktygen) eller oxidation förekommer. Även undersökningar av materialets sammansättning och förekomst av föroreningsämnen i svetsfogen bör ingå.

SKI:s synpunkter på kvalificering av förslutningen av kapslarna är i stort desamma som för kvalificering av OFP-metoderna.

11.4 Oförstörande provning

SKB:s redovisning

Större delen av det praktiska arbetet med utvecklingen av metoder för oförstörande provning görs vid Kapsellaboratoriet. Provning av svetsen sker med tre olika metoder för att kunna upptäcka olika typer av defekter: radiografi visar porer (diskontinuiteter med volym), ultraljudsprovning visar t.ex. bindfel (utan volym), samt virvelströmsprovning som kan påvisa ytnära diskontinuiteter. Dessutom pågår forskningsprojekt angående ultraljudsprovning vid Uppsala universitet.

SKB planerar att låta metoderna för oförstörande provning genomgå kvalificering. Detta planeras ske i två steg. I samband med ansökan om att få uppföra en inkapslingsanläggning kommer kvalificeringen att vara inriktad mot s.k. tekniska motiveringar. Vid ansökan om drifttagande av anläggningen avser SKB att kvalificera metoderna för oförstörande provning utgående från ENIQ Recommended Practice 4 (European Network for Inspection Qualification).

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjans förening framför att det genom SKB:s beskrivning framgår att det kommer att deponeras ett antal otäta kapslar i förvaret.

SKI:s bedömning

SKB redovisar arbetet med att utveckla metoderna för oförstörande provning genom en översikt över metoderna och en kortfattad uppräknings- och utvecklingsprojekt. SKI saknar en sammanhållen dokumentation av hittills erhållna resultat och erfarenheter, och uppmanar SKB att snarast ta fram en sådan. Den skulle vara värdefull, dels för SKB för styrning av de fortsatta insatserna så att tillräcklig kunskap och teknik finns tillgänglig vid ansökan om att få uppföra en inkapslingsanläggning, dels ge SKI ett bättre underlag för att bedöma SKB:s utvecklingsprogram.

SKI instämmer med SKB om att förfarandet för oförstörande provning (OFP) av kopparkapslar ska kvalificeras. Den kvalificeringsmetodik som nämns i FUD-program

2001, med preciseringar i ENIQ:s dokument, måste dock anpassas för OFP av kapslar, eftersom den egentligen är utvecklad för återkommande kontroll av mekaniska anordningar i kärnkraftverk. Utvecklingen av metodiken skall ske mot klart definierade kvalificeringsmål och den säkerhet som skall uppnås via kvalificeringen, isynnerhet som omfattningen på praktiska demonstrationer är begränsad till ett fåtal defekter och långt ifrån är tillräcklig för att statistiskt säkert kunna bedöma OFP-systemets prestation. En nödvändig förutsättning för kvalificeringen är också kännedom om möjliga defekter som kan uppträda, liksom acceptanskriterier för dessa. Detta är ytterligare ett skäl till varför arbetet med acceptanskriterier måste ges hög prioritet.

SKI kan också konstatera att infrastrukturen för att genomföra kvalificeringar av provningssystem för kopparkapslarna inte är klarlagd idag. Som jämförelse kan nämnas SQC Kvalificeringscentrums verksamhet angående mekaniska anordningar i kärntekniska anläggningar, och där SKI utövar tillsyn över SQC. SKI uppmanar SKB att tydligare beskriva vem som skall utföra kvalificeringen och hur infrastrukturen för kvalificeringar skall se ut. SKI anser vidare att det är risk att SKB underskattar tidsåtgången för kvalificeringen och att resultat från denna, t.ex. om någon OFP-metod inte ger de önskade resultaten, på ett sent skede kan påverka utformningen av inkapslings-anläggningen.

11.5 Kapsellaboratoriet

SKB:s redovisning

Utvecklingsinsatserna vid Kapsellaboratoriet är i första hand inriktade på utveckling av elektronstrålesvetsning och oförstörande provning. Under 2002 planeras att uppföra en ny utrustning för utprovning av FSW. Kapsellaboratoriet utgör också en viktig resurs för att demonstrera inkapslingstekniken.

SKI:s bedömning

SKI menar att Kapsellaboratoriet är en stor tillgång för SKB, där teknik kan utvecklas och demonstreras i full skala. SKI ser positivt på att en ny utrustning för FSW byggs upp. Enligt SKI:s mening är det dock viktigt att SKB finner lämpliga sätt att dokumentera och tillvarata de erfarenheter som görs i laboratoriet, inte minst med tanke på den snäva tidplanen inför ansökan om att uppföra en inkapslingsanläggning.

11.6 Inkapslingsanläggning

SKB:s redovisning

Huvudalternativet för lokalisering av inkapslingsanläggningen är i direkt anslutning till CLAB i Oskarshamns kommun. Fördelar med denna lokalisering är att den erfarenhet

av bränslehantering som hos personalen på CLAB kan tas tillvara, liksom att flera av de befintliga systemen och anläggningsdelarna i CLAB kan utnyttjas. Transporterna blir enklare, eftersom enbart kapslat bränsle behöver transporteras. Antalet transporter ökar dock. Den viktigaste skillnaden för en inkapslingsanläggning förlagd på annat ställe än vid CLAB är att all hantering sker torrt (bassänger saknas), och bränslet måste anlända sorterat.

Utformningen av anläggningen görs i flera steg, där projekteringssteget (skede D) skall ligga till grund för ansökan om att få bygga inkapslingsanläggningen. SKB anger att det finns viss flexibilitet om kapselns utformning skulle ändras i framtiden. Anläggningen skall också vara förberedd för att senare kompletteras med utrustning för hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall. I konstruktionsskedet ges utrymme i layouten för utrustning som kan krävas för kontroll av safeguards.

Inkapslingsprocessen består av ett flertal steg, där kapslarna levereras från kapsel-fabriken och bränsle hämtas från lagringsbassängerna i CLAB, och bränslet vidare kontrolleras, torkas, sätts ner i kapslar, som sedan försluts, och svetsen maskinbearbetas och kontrolleras med OFP. SKB beskriver också översiktligt hur underkända svetsar kan skäras upp (med hjälp av en fräsmaskin), hur skadat bränsle skall hanteras och hur mellanlagring av fyllda kapslar kan ordnas.

Som särskilda utvecklingsinsatser nämns utveckling av en ny kalorimeter (kompletterat med gammaprober), för att få fram tillförlitligare mätningar av resteffekt, och en studie av konsekvenserna för layouten för inkapslingsanläggningen om FSW väljs som svetsmetod.

SKB beskriver kortfattat hantering av skadat bränsle i CLAB och vid transporten till inkapslingsanläggningen.

Remissinstansernas synpunkter

I remissyttranden från lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk och från Oskarshamns kommun upprepas kommunens krav sedan tidigare att slutförvarsprogrammet måste ha kommit så långt att en ansökan för en detaljundersökning handlagts av myndigheterna och regeringen innan kommunen fattar sitt beslut om en inkapslingsanläggning. Länsstyrelsen i Kalmar påpekar betydelsen av att de tidsmässiga kopplingarna mellan inkapslingsanläggningen och djupförvaret, och att SKB på ett tydligt sätt måste redovisa när beslut ska tas för de olika delarna av slutförvarssystemet.

SSI saknar en utvärdering av vilka effekter olika lokaliseringsalternativ och utformningen (av inkapslingsanläggningen och kapsel-fabriken) kan ha på den långsiktiga säkerheten och strålskyddet.

SKI:s bedömning

SKI instämmer i att lokaliseringen av en inkapslingsanläggning till CLAB har många fördelar (på samma sätt som i granskningen av FUD-program 98; SKI, 1999). SKI betonade då betydelsen av en systematisk analys av lokaliseringsaspekter, och SKB:s

förslag att redovisa för- och nackdelar i den miljökonsekvensbeskrivning som lämnas vid tillståndsansökan ser SKI som helt rimlig.

Eftersom det fortfarande finns förhållandevis många moment av inkapslingsprocessen som ännu inte fått sin slutgiltiga utformning (svetsmetod, OFP-metoder, resteffekt-mätning, mätning för kärnämneskontroll etc.) är det, enligt SKI:s mening, synnerligen viktigt att det finns flexibilitet i utformningen av anläggningen. SKB bör överväga att komplettera den planerade studien av inverkan av byte av svetsmetod med liknande studier för osäkerheterna i valet av metod för OFP, resteffekt-mätning etc. I det sammanhanget måste även inverkan av ett eventuellt byte till kapslar för liggande deponering belysas.

Frågan om fysiskt skydd av inkapslingsanläggningen berörs inte av SKB i avsnittet om inkapslingsanläggningen. Mot bakgrund av att det rör sig om en helt ny typ av anläggning anser SKI att skyddsfrågorna måste utredas i ett tidigt skede för att sedan ingå i konstruktionsförutsättningarna för anläggningen. Det är särskilt angeläget att analysera om och hur händelserna den 11 september 2001 har påverkat skyddsbehovet (se även avsnitt 10.2).

SKI anser att en mer utförlig beskrivning måste tas fram för avvikande typer av bränsle (skadat bränsle, bränslerester, MOX-bränsle etc.), och hur detta påverkar såväl utformning av kapsel, hanteringen i inkapslingsanläggningen, som den långsiktiga säkerheten.

SKI liksom Oskarshamn kommun, lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk och länsstyrelsen i Kalmar län delar uppfattningen att kopplingen mellan inkapslingsanläggning och slutförvar är betydelsefull. SKI:s uppfattning (SKI, 1996 och SKI, 2001) är att en förutsättning för att få tillstånd att uppföra en inkapslingsanläggning är att det ska ingå en säkerhetsanalys även för slutförvaring i tillståndsansökan. SKI anser vidare att ett slutförvar bör vara godkänt av myndigheterna innan SKB påbörjar inkapsling av använt kärnbränsle. Detta innebär att detaljundersökningar ska vara genomförda och att SKB erhållit tillstånd att påbörja deponering i slutförvaret.

11.7 Kärnämneskontroll

SKB:s redovisning

Kraven på safeguards från såväl svenska som internationella kontrollmyndigheter ska tillgodoses i inkapslingsanläggningen, och i konstruktionsskedet beaktas detta genom att utrymmen ges i layouten för utrustning. Anläggningen skall utformas så att möjligheterna att avleda kärnämne försvåras. Såväl kapslarna som transportbehållarna kommer att få en unik identitet som är möjlig att visuellt kontrollera.

CLAB är idag ett MBA (Material Balance Area). Avsikten är att inkapslingsanläggningen ska tillhöra samma MBA för att bl.a. underlätta den administrativa hanteringen.

SKI:s bedömning

SKI saknar en mer detaljerad beskrivning av metoder för att verifiera bränslet före inkapsling. Internationellt accepterade krav finns inte framtagna varför utveckling och acceptans hos IAEA måste drivas av SKB med stöd av SKI. För att få acceptans hos IAEA är det en fördel om Sverige och Finland, som ligger i ungefär samma planeringsfas, har likvärdiga metoder.

SKI bedömer att flera metoder kan behöva kombineras för att få en säker verifiering. Vid ansökan om att få uppföra inkapslingsanläggningen skall metoden eller metoderna beskrivas, liksom hur man avser att hantera bränsle där dokumentation och mätresultat ger olika information. SKB ska också redovisa hur IAEA ska få möjlighet att göra en oberoende verifiering. De tidsmässiga aspekterna av IAEA:s verifiering och hanteringen av bränsle där utvärderingen ger ett osäkert resultat måste belysas.

SKI håller inte med SKB om att inkapslingsanläggningen och CLAB självklart skall höra till samma MBA utan anser att SKB bör utreda frågan vidare. SKI vill uppmärksamma SKB på att IAEA och Euroatom troligtvis kommer att ha synpunkter på MBA-strukturen.

11.8 SKI:s sammanfattande bedömning inkapsling

SKI anser att SKB:s arbete med inkapsling i huvudsak drivs på ett ändamålsenligt sätt, men menar att SKB ännu mer än tidigare måste identifiera de kritiska frågorna för att kunna få fram tillräckligt med underlag till ansökan om att uppföra inkapslingsanläggningen.

SKI ser de pågående arbetena med konstruktionsförutsättningar för förvaret, respektive acceptanskriterier för kapseln som mycket viktiga och menar att förseningar i dessa kan försena andra delar av kapselarbetet, dels därför att de bör fungera som styrande för många aktiviteter, dels därför att de kan behöva revideras efter de konsekvensanalyser som måste utföras för att visa att konstruktionsförutsättningar och acceptanskriterier är tillräckliga.

När det gäller design och tillverkningsteknik för kapslarna menar SKI att erhållen kornstorlek i kopparrören är en relevant fråga även för dornpressade rör (vilket tidigare framförts angående rullformade rör), med sin lägre bearbetningsgrad än hos extruderade rör. SKI instämmer dock som tidigare i att det finns både för- och nackdelar med att använda ett tunnare (30 mm) kopparrör. SKI ser vidare positivt på SKB:s samlade grepp för arbetet med tillverkningsteknik och beräkningar av hållfastheten för gjutjärnsinsatsen, men menar att SKB måste försäkra sig om att tillräckligt med tid finns avsatt för detta.

SKI uppmanar SKB snarast att ta fram en sammanhållen dokumentation av hittills erhållna resultat och erfarenheter från arbetet med oförstörande provning. SKI instämmer med SKB om att förfarandet för oförstörande provning skall kvalificeras, men SKI kan konstatera att den föreslagna kvalificeringsmetodiken måste anpassas för oför-

störande provning av kopparkapslar och att det idag saknas infrastruktur för att genomföra kvalificeringen. SKI anser vidare att det är risk att SKB underskattar tidsåtgången för kvalificeringen och resultatet från denna.

Sammanfattningsvis vill SKI betona, vilket även framförts tidigare, att en kritisk fråga för den tekniska genomförbarheten (för KBS-3 som metod) är att SKB kan visa att metoder för förslutning och kontroll finns, och är tillämpliga i serietillverkning, vilket innebär att ett tillräckligt stort antal fullstora kapslar skall ha tillverkats, förslutits och kontrollerats och kunnat visas uppfylla de krav som förutsätts i säkerhetsanalysen av den långsiktiga säkerheten.

12 Alternativa metoder

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av alternativa metoder som motsvarar kapitel 16 i FUD-program 2001.

Inledning

Kärntekniklagen (1984:3) ställer krav på ett allsidigt forsknings- och utvecklingsprogram. Begreppet allsidighet skulle kunna uppfattas som att programmet skall täcka in alla delar av vetenskap och teknik av betydelse för säkerheten vid slutförvaring. I förordningen (1984:14) till kärntekniklagen framgår dock att utvärderingen av programmet även skall omfatta alternativa hanterings- och förvaringsmetoder. Begreppet allsidighet innefattar alltså också allsidighet med hänsyn till alternativa metoder. Detta krav har av SKI ansetts vara uppfyllt av de program som hittills presenterats.

Inför granskningen av FUD-program 98 uttryckte flera av förstudiekommunerna en osäkerhet i metodvalsfrågan. Detta berodde till stor del på att myndigheterna tidigare varit försiktiga med att uttala sig om metodvalet med tanke på att lagen inte ger några klara besked om när kravet på tillräcklig allsidighet kan tänkas vara uppfyllt. SKI och SSI utformade därför gemensamt sin syn på hur metodvalsfrågan skulle kunna hanteras inom ramen för den systemanalys som efterlysts i regeringsbeslutet om FUD-program 95 (SKI dnr 5.8-971083, SSI dnr 6220/1994/97, från 5 mars 1998). Fullt genomslag fick detta arbete först i redovisningen av kompletteringen till FUD-program 98, vilket resulterade i att regeringen i beslutet om kompletteringen angav att KBS-3-metoden bör gälla som planeringsförutsättning för de platsundersökningar som nu avses. Samtidigt angav dock regeringen, i enlighet med SKI:s yttrande, att en metod kan slutligt godkännas först i samband med ett framtida ställningstagande till ansökningar om tillstånd.

Även miljöbalken ställer krav på redovisning av alternativa metoder och en motivering av den valda metoden. Ett speciellt, och redan tidigare uppmärksammat, sådant krav är redovisningen av ett scenario då den planerade åtgärden inte kommer till stånd, det s.k. nollalternativet.

Det finns alltså tre krav på alternativredovisning, ett enligt kärntekniklagen, och två enligt miljöbalken. Det som bedömningen av FUD-program 2001 i första hand avser är om det föreslagna programmet är tillräckligt för att kunna uppfylla kraven på alternativredovisning i samband med en tillståndsprövning.

SKB:s redovisning

Inledningsvis konstaterar SKB bl.a. att de ”följer en huvudlinje med ett system som baserar sig på djupförvaring enligt KBS-3-metoden”. SKB anger dock att man samtidigt arbetar med inriktning på att följa och stödja utvecklingen av de två alternativen *separation och transmutation* (S&T) samt *deponering i djupa borrhål*.

Separation och transmutation

I korthet kan syftet med transmutation anses vara att genom neutronbestrålning och kärnklyvning omvandla långlivade atomkärnor till kortlivade. Därigenom skulle radiotoxiciteten hos högaktivt avfall kunna minskas så att den efter exempelvis 500 år ligger i nivå med den som använt kärnbränsle har först efter 100000 år. Kvarvarande avfall kommer dock fortfarande att behöva slutförvaras i geologiska formationer. Transmutationen kan ske i kärnreaktorer, av såväl mera konventionellt slag som i acceleratordrivna system. Den energi som frigörs vid kärnklyvningen kan tas tillvara och överskottet kan användas för t.ex. elproduktion. Forskning bedrivs på olika lämpliga system, varvid dock acceleratorsystemen står i fokus för intresset.

Före transmutation av långlivade ämnen i använt bränsle måste de separeras från uran och fissionsprodukter genom uppberedning och en förfinad separation av olika ämnen. Denna separation måste vara mycket effektiv och endast mycket små mängder av långlivad aktivitet får gå med avfallsströmmarna för att någon vinst skall uppnås ur skydds-synpunkt. Även på separationsområdet görs det därför förhållandevis stora insatser.

Inledningsvis redogör SKB för de kostnader som läggs ner på utveckling av S&T inom olika program:

- Frankrike: 600 MUSD på 15 år (1991-2006).
- Japan: tiotals MUSD per år.
- USA, (Advanced Accelerator Applications): 68 MUSD för 2001 (en del knutet till kärnvapenprogrammet).
- EU, femte ramprogrammet: 26-27 MEUR på fem år (1998-2002).

En studie i USA redovisar följande kostnader för ett program anpassat existerande lättvattenreaktorer i USA; under 120 år skulle de totala kostnaderna uppgå till ca 110 GUSD (utveckling 11 GUSD under 30 år, anläggningar 50-60 GUSD, drift 0,5 GUSD per år i 90 år).

SKB redogör sedan kortfattat för arbetet internationellt och i andra länder:

- EU:s femte ramprogram omfattar bl.a. designstudier av en försöksanläggning om 100 MW med byggstart om tolv år och till en anläggningskostnad av 1200 MUSD; även MOX planeras som bränsle.
- För EU:s sjätte ramprogram förespråkas en ökad satsning på S&T, något som det dock råder delade meningar om inom forskarkretsar (p.g.a. höga kostnader, befarad låg tillgänglighet, strålskyddsproblem).
- Bland intressanta nationella program förutom dem som redan nämnts inledningsvis, tar SKB upp Schweiz, Belgien och den verksamhet som finansieras internationellt i Ryssland.

Svensk separationsforskning bedrivs vid Institutionen för Kärnkemi vid Chalmers Tekniska Högskola och i internationellt samarbete inom ramen för EU-projektet PARTNEW. Forskningen är inriktad på att ta fram nya effektiva extraktionssystem för separation av lantanider och aktinider. Extraktionssystemen bör helst vara baserade på

kemikalier som kan förbrännas utan askbildning, vilket bidrar till att hålla nere mängderna av sekundärt avfall.

Transmutationsforskning bedrivs vid KTH och vid Uppsala Universitet.

Forskningen vid KTH (Institutionen för Kärn- och Reaktor fysik) är fokuserad på i huvudsak ADS, bl.a. inom områdena neutronik, utbränningsberäkningar, radiotoxicitet, samt bränsle och materialstudier. Arbete sker delvis inom ramen för EU-projekt och institutionen är dessutom koordinator för EU-projektet CONFIRM avseende användning av plutoniumnitridbränsle och testning av detta i Studsviks R2-reaktor. Även vid avdelningen för kärnkraftsäkerhet bedrivs arbete inom EU-projekt inom områdena teknik, material och säkerhetsfrågor i samband med användning av metallsmältor som kylmedium.

Vid The Svedberglaboratoriet och Institutionen för Neutronfysik vid UU bedrivs framgångsrika projekt för mätning av neutrontvärsnitt vid höga energier. Verksamheten är knutet till EU-projektet HINDAS.

SKB avser att under den närmaste tre årsperioden bedriva forskningen i ungefär samma omfattning som nu. Inriktningen bör enligt SKB vara mot frågor om säkerhet, material, processutformning och avfallsströmmarnas sammansättning.

Deponering i djupa borrhål

SKB hänvisar till systemanalysen som presenterades i oktober inför FUD-K och den utredning om kostnader som efterlysts av KASAM i dess yttrande över FUD-program 98. Kostnaderna för att föra fram metoden till samma nivå skulle enligt SKB belöpa sig till ca 4 GSEK och programmet skulle ta trettio år att genomföra. Stora insatser skulle behövas inom alla områden, inte minst geovetenskap och deponeringsteknik. Sammantaget drar SKB slutsatsen att det inte finns något som idag talar för att ett förvar i djupa borrhål skulle öka säkerheten eller minska kostnaden för att slutförvara det använda kärnbränslet. SKB anger att man även i fortsättningen kommer att följa utvecklingen på området, eftersom resultat och erfarenheter kan komma till användning även för förståelsen av förhållandena i ett slutförvar av KBS-3-typ.

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjan anser att SKB förfarande inte har redovisat ett trovärdigt metodval med utgångspunkt från en allsidigt analyserad riskbild. De värderingar som görs av såväl KBS-3 som antydda alternativ är inte grundande på genomtänkta funktionsvillkor. Enligt Avfallskedjan uppfyller därmed inte programmet Miljöbalkens krav på alternativredovisning.

Avfallskedjans förening framhåller det grundläggande problemet med att konstruera och förlägga ett avfallsförvar i grundvattenförande berg oavsett förvarsdjup. Föreningen insisterar istället på att det utbrända högaktiva kärnavfallet måste förvaras under uppsikt i väntan på att en metod för ett slutligt säkert omhändertagande forskats fram.

Chalmers tekniska högskola påpekar att S&T inte bara är en metod att behandla avfall, utan att den tekniska lösningen på problemet är kopplad till möjligheten att utnyttja naturligt uran och torium på ett mycket mer effektivt sätt än tidigare för energiutvinning.

Kungliga tekniska högskolan anser att alternativen transmutation och djupa borrhål ges en styvmoderlig behandling i FUD-program 2001 och framhåller vikten av att SKB fortsätter att stödja forskningen om transmutation och särskilt medverkan i internationella projekt. Enligt KTH ger denna forskning även ett indirekt stöd till utbildning av experter i kärnteknik, något som är betydelsefullt inte minst för säkerheten hos befintliga kärnkraftverk.

Mehedeby-Orrskoggruppen anser att SKB:s kapitel om alternativa metoder är väl-disponerat. Gruppen framhåller att separation och transmutation kräver stora resurser och att det därför är märkligt att Sverige just inom detta område inte velat gå in i ett internationellt, europeiskt, samarbete. Gruppen uppmanar SKI, regering och riksdagspolitiker att lyfta frågan från låsningen till kommunnivå och en passerad teknik-generation till internationell nivå med de möjligheter detta innebär i gemensamt ansvarstagande, hållbar utveckling och ekonomiskt-tekniskt nytänkande. Gruppen inser också att det vid transmutation kan behövas ett mindre slutförvar, varvid alternativet djupa borrhål i inströmningsområden förordas.

Oskarshamns kommun och lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk vänder sig mot SKB:s formulering i inledningen till kapitel 16 av FUD-program 01: ”I praktiken har vi i Sverige redan valt strategin geologisk deponering för att ta hand om det använda bränslet.” Kommunen och säkerhetsnämnden ansluter sig helt till regeringens ståndpunkt i beslutet över kompletteringen till FUD-program 98 och anser att inställningen att det redan är beslutat hur och var Sveriges använda kärnbränsle skall tas omhand måste motarbetas.

SOS-Tierp framhåller att det finns mycket stora kunskapsluckor kring KBS-3-metoden och att det, enligt miljöbalkens krav, saknas ett jämförbart metodalternativ för att alternativen tillsammans ska kunna utgöra en planeringsförutsättning för platsundersökningar. SOS anser också att det, med tanke på det demokratiska behovet och miljöjuridiska kravet av en jämförbar alternativ metod, inte är acceptabelt att SKB:s FUD-program över alternativa metoder ska redovisas först efter det att SKB AB planerar att lämna in ansökan om tillstånd för lokalisering och byggnation.

SSI redovisar sin inställning till behovet av olika alternativredovisningar, i huvudsak i överensstämmelse med det inledande avsnittet till detta kapitel. Särskilt framhåller SSI att enligt reglerna i miljöbalken ska sökanden redovisa alternativ. Enligt SSI:s tolkning är syftet med denna alternativredovisning primärt att genom jämförelse kunna verifiera huvudförslaget. SSI framhåller att det vid beslut om detaljundersökningar är angeläget att kontrastera KBS-3 med en annan metod där tyngdpunkten hos säkerhetsfunktionen är fördelad på ett annat sätt än för KBS-3. SKB bör därför genomföra en säkerhetsanalys för djupa borrhål med utgångspunkt från befintliga data, som SSI inser inte kan vara lika tillförlitliga som de för KBS-3. SSI poängterar att en sådan jämförelse inte innebär att välja mellan KBS-3 och djupa borrhål utan att den skall leda till en mer

allsidig och fördjupad förståelse av säkerheten och riskanalysen för den föreslagna lösningen.

Stockholms universitet, Enheten för Paleogeofysik & Geodynamik, anser att den s.k. DRD-metoden (Dry Rock Deposit) inte redovisats på ett adekvat sätt och att den bör ges en adekvat utredning för att ge metoden och dess upphovsmän rättvisa.

Tierps kommun anser det angeläget att forskningen avseende alternativa metoder bedrivs kontinuerligt och målmedvetet i en sådan takt att en redovisning kan presenteras i samband med framtagande av MKB-dokument för djupförvaring.

Umeå universitet biträder den nu aktuella uppfattningen med inriktning på KBS-3-metoden under det att man samtidigt följer utvecklingen inom några andra områden såsom separation och transmutation.

Uppsala universitet anser att SKB:s återhållsamhet när det gäller finansiering av verksamheter inom området separation och transmutation starkt kan ifrågasättas, främst med tanke på att insatserna i andra länder förväntas öka väsentligt. Enligt UU borde Sverige, med sin relativt stora andel kärnkraft, åtminstone öka sina insatser så att de matchar det som görs inom EU.

Vetenskapsrådet anser att det vore positivt om SKB gjorde en markant ökad satsning inom de alternativa metoderna så att det fram till datum för beslut om slutförvar kan avgöras om det verkligen finns ett alternativ.

SKI:s bedömning

Allmänna synpunkter på SKB:s redovisning av alternativa metoder

Kärntekniklagen ställer ett klart uttalat krav på slutförvaring och att denna skall ombesörjas och bekostas av kärnkraftindustrin. Syftet är givetvis att det inte är försvarbart med en metod som bara innebär fortsatt övervakad lagring av kärnavfallet och överlämna åt kommande generationer, och, i princip, åt andra än kärnkraftindustrin, att ta ansvaret för den slutliga hanteringen och slutförvaringen. Detta ansvar måste tas av de industriföretag som genererat avfallet.

Om man först ser till olika slags av kärnavfall så är det endast kring hanteringen av det använda kärnbränslet som det är nödvändigt att föra en mera ingående diskussion. (Man bortser därvid från att enligt kärntekniklagens skrivning använt kärnbränsle benämns kärnavfall först när det inplacerats i ett slutförvar.) Anledningen är att allt övrigt kärnavfall, eller snarare dess innehåll av radioaktiva ämnen, med nödvändighet måste slutförvaras i befintlig form, visserligen efter en förbehandling som är lämpad med hänsyn till den tilltänkta metoden för slutförvaring.

När det gäller omhändertagandet av använt kärnbränsle finns det i stort sett endast två tänkbara *strategier*: slutförvaring i befintlig form (direktdeponering) samt upparbetning, eventuellt följt av S&T, och slutförvaring av det därvid uppkomna avfallet. Båda dessa strategier omfattar alltså geologisk slutförvaring som ett slutsteg. Den geologiska slut-

förvaringen kan, om den skall ske inom Sverige, bara utformas som deponering i ett tunnelsystem eller deponering i borrhål där hanteringen manövreras från ytan.

Det följer av det ovanstående att för Sveriges del i ingår geologisk slutförvaring i båda strategierna S&T och direktdeponering. Med viss rätt kan därför SKB påstå att ”vi i Sverige redan valt strategin geologisk deponering”. Enligt redovisningen av metodvalet i samband med kompletteringen till FUD-program 98 ingår dock inte definitionsmässigt S&T i strategin ”geologisk deponering”, utan därmed menas direktdeponering av det använda kärnbränslet.

Med viss rätt skulle alltså t.ex. Oskarshamns kommun kunna hävda att SKB:s uttalande vore att föregripa det slutliga valet av metod, men bara under förutsättning att S&T ingår bland de tänkbara alternativen. Argumenten mot detta alternativ har emellertid klart uttalats av myndigheterna i yttrandena över FUD 98 och kompletteringen till FUD 98.

SKI kan dock hålla med Oskarshamns kommun om att SKB:s uttalande skulle kunna misstolkas av dem som inte är insatta i dessa förhållanden som om att även metodvalet inom ramen för strategin direktdeponering med geologisk slutförvaring vore avgjord. Förutom SKB:s huvudalternativ KBS-3 återstår ju ett antal alternativ inom denna strategi såsom djupa borrhål (VDH) och långa förvaringstunnlar (VLH).

En annan slutsats av resonemanget ovan är att strategin S&T också i princip uppfyller lagens krav: det är en strategi som också leder fram till slutförvaring. Den forskning som SKB bedriver på detta område måste alltså anses som relevant i kärntekniklagens mening, även om dagens politiska inställning i Sverige inte överensstämmer med en sådan lösning.

Separation och transmutation

Bedömningen av SKB:s forskning inom separation och transmutation kompliceras av flera faktorer:

- Det rör sig om ett synnerligen kostnadskrävande forsknings- och utvecklingsarbete där de svenska finansiella insatserna alltid kommer att vara marginella.
- Drivkrafterna bakom tillkomsten av ett system för S&T kommer att under överskådlig tid ligga utom SKB:s och Sveriges kontroll.
- De politiska förutsättningarna för tillämpning av S&T i Sverige saknas.
- Det råder fortfarande stora osäkerheter både om, och i så fall när fungerande system kan finnas tillgängliga som fyller rimliga krav på effektivitet.

Från den sammanställning av SKB:s uppgifter om kostnaderna för olika program som återfinns i avsnitt 11.x kan utläsas att den sammantagna årliga insatsen i hela världen ligger i intervallet 100-200 MUSD. Detta kan jämföras med USDOE:s uppskattning som motsvarar ca 350 MUSD årligen (under 30 år). (USDOE:s siffror gäller för ca 10 ggr mer använt bränsle som för det svenska programmet vilket alltså motsvarar ca 100 GSEK.)

Den nuvarande svenska satsningen på S&T är 5-6 MSEK per år. I förhållande till Sveriges andel av världens totala kärnkraftkapacitet skulle denna siffra dock vara 5-10 ggr större för att matcha den globala satsningen.

SKI:s bedömning är att den satsning som görs f.n. är tillräcklig för att på ett meningsfullt sätt aktivt följa och bidra till den internationella utvecklingen. Det är en miniminivå som inte bör underskridas. Om svensk kärnkraft hade befunnit sig i en utbyggnadsfas skulle dock en större satsning kunnat vara motiverad.

Enligt SKI:s uppfattning har SKB:s program på S&T en lämplig inriktning som täcker allt från grundläggande forskning till teknisk utveckling. System- och säkerhetsanknuten forskning samt arbetet med koordination av projekt är särskilt värdefulla då de för rimliga kostnader ger förutsättningar för en god inblick i större internationella program.

SKI vill dessutom framhålla att forskningen inom S&T är en av de få områden inom kärntekniken som fortfarande kan dra till sig unga engagerade forskare. De satsningar som görs på S&T inom landet skall därför också ses som ett led i bevarandet av kompetensen inom de kärntekniska ämnena, främst reaktor fysik och kärnkemi. Detta är f.ö. anledningen till att även SKI finansierar verksamhet inom S&T, med ett belopp av ca 0.5 MSEK per år.

Djupa borrhål

SKI instämmer med SSI om att djupa borrhål framstår som det alternativ till utformning av geologisk slutförvaring som mest avviker från KBS-3-metoden. SKI anser dock samtidigt att ett antal frågor måste besvaras innan just djupa borrhål kan komma på tal som alternativ vid miljöbalksprövningen:

- I vilken utsträckning skall ett sådant alternativ vara tillgängligt, utprovat och till vilken kostnad?
- Hur väl måste ett sådant alternativ uppfylla principiellt viktiga krav såsom att det skall finnas flera barriärer om det rör sig om slutförvaring av långlivat, högaktivt avfall?

SSI anser i sitt yttrande att SKB bör ta fram en säkerhetsanalys för detta alternativ och att detta kan göras med befintliga data. Enligt SKI:s uppfattning kan det i så fall inte bli tal om en fullständig säkerhetsanalys i den meningen som gäller för KBS-3-liknande förvar. Under sådana förutsättningar kan SKI stödja tanken på en begränsad säkerhetsanalys som ett led i en bredare diskussion av olika alternativ, ungefär i enlighet med de åsikter som framförs i SSI:s yttrande.

SKI anser det dock vara för tidigt att nu ta ställning till alternativ för en miljöbalksprövning. Sådana alternativ bör tas fram inom ramen för kommande arbete med MKB.

SKI:s sammanfattande bedömning

Bedömningen av FUD-program 2001 avser i första hand om det föreslagna programmet är tillräckligt för att kunna uppfylla kraven på alternativredovisning i samband med en tillståndsprövning av inkapslingsanläggning och slutförvar för använt kärnbränsle.

SKI:s bedömning är att den satsning som f.n. görs på separation och transmutation är tillräcklig för att på ett meningsfullt sätt följa och bidra till den internationella utvecklingen. Den ligger dock på en nivå som inte bör underskridas. Satsningen är betydelsefull också för att bibehålla och vidareutveckla nationell kompetens som krävs för en säker slutförvaring av kärnavfall.

SSI anser i sitt yttrande att SKB bör ta fram en säkerhetsanalys för alternativet djupa borrhål och att detta kan göras med befintliga data. Enligt SKI:s uppfattning kan det då inte bli tal om en fullständig säkerhetsanalys i den mening som gäller för KBS-3-liknande förvar. Under sådana förutsättningar kan SKI stödja tanken på en begränsad säkerhetsanalys som ett led i en bredare diskussion av olika alternativ. Behov och omfattning av en säkerhetsanalys för djupa borrhål bör enligt SKI:s uppfattning diskuteras inom ramen för det samråd mellan SKB och myndigheterna som regeringen beslutat om 1996 och 2001.

13 Rivning av kärntekniska anläggningar

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av rivning av kärntekniska anläggningar som motsvarar kapitel 17 i FUD-program 2001.

I och med stängningen av Barsebäck 1 1999 har planeringen för en framtida rivning av kärntekniska anläggningar aktualiserats.

SKB:s redovisning

SKB konstaterar att det är innehavaren av en kärnteknisk anläggning som har att tillse att den dekontamineras och rivs i tillräcklig omfattning då den har tjänat ut. SKB genomför generella studier för att säkerställa att teknik och kompetens finns, samt genomför kostnadsberäkningar för rivning. Kraftverken svarar för planering, rivning m.m. av sina egna anläggningar. Omhändertagandet av avfallet samordnas av SKB.

SKB:s planering är att kraftverken drivs i 40 år, för att sedan rivas så snart som möjligt. Ingen rivning ska dock påbörjas så länge drift pågår i ett närliggande block. Ett ytterligare villkor för rivning är att ett slutförvar för det kortlivade rivningsavfallet står klart, samt att det finns kapacitet att mellanlagra det långlivade avfallet.

SKB redovisar en översiktlig tidplan, där drift av SFR-3, drift av mellanlagring av hårdkomponenter samt rivning av (de första) kärnkraftverken sammanfaller år 2014.

SKB:s rivnings- och teknikstudier har huvudsakligen tagit data från utlandet. SKB anser att teknik för rivning finns, och att SKB behöver anpassa den för svenska förhållanden.

SKB räknar med att en rivning av ett kärnkraftverk kommer att ta cirka 6 år samt ett till två år för borttransport av det använda bränslet. Avfallsvolymer för långlivat avfall uppskattas till cirka 1000 m³ för ett kraftverk.

SKB följer arbetet inom IAEA, OECD/NEA och EU inom rivningsområdet. SKB:s eget utvecklingsprogram inom rivningsområdet de närmaste sex åren har inriktning mot metoder för torr mellanlagring av hårdkomponenter, dokumentation inom rivningsområdet, avfallsregistreringssystem, dosberäkningar vid rivning, säkerhetsanalyser m.m.

Remissinstansernas synpunkter

Mehedeby-Orrskogsggruppen anser att frågan om hanteringen av hårdkomponenter och annat långlivat avfall från rivningen av kärnkraftverk ska klaras ut innan beslut om provborrningar tas.

SSI framhåller i sitt remissvar till SKI att avfallsproducenterna och SKB bör ta ett helhetsgrepp på hela kedjan från producenten av rivningsavfallet till omhändertagandet av detsamma. I begreppet rivningsavfall inkluderas inaktivt sådant. Hela hanteringskedjan bör visualiseras, och kvantifiering av avfall, dess slutförvaring eller återcyklning bör beskrivas i detalj. SSI efterlyser vidare dosuppskattningar för rivningsarbetet samt

beskrivning av tänkbar miljöpåverkan av verksamheten för olika rivningsscenarioer. SSI anser vidare att frågan om hanteringen av det långlivade avfallet måste få en prioriterad behandling i FUD-programmet.

Av övriga remissinstanser konstaterar Stockholms universitet, Inst. för Fysik att lokaliseringen av långlivat rivningsavfall måste klargöras innan licensiering av ett slutförvar för högaktivt avfall (det använda bränslet) beslutas.

SKI:s bedömning

SKI anser att SKB hanterar rivnings- och avvecklingsfrågor av kärnkraftverk på ett ambitiöst sätt, vilket också avspeglas i SKB:s FUD-program 2001. SKI anser att det finns befintlig teknik för rivning och avveckling i utlandet, som kan anpassas till svenska förhållanden. SKB:s planer att ha ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall (SFR-3) klart kring år 2015 har accepterats av SKI.

SKB:s syn att kraftreaktorer i Sverige (med undantag av Barsebäck 1) rekommenderas drivas i 40 år innan de så fort som möjligt avvecklas och rivs, är ur rent teknisk synvinkel acceptabel. Då det emellertid finns betydande osäkerheter vad gäller ekonomiska och politiska variabler, är det rimligt att begära att alla typer av rivningsavfall ska kunna mellan- eller slutförvaras redan från år 2015. Beträffande det långlivade rivningsavfallet, som är avsett för det planerade förvaret SFL 3-5, är SKI:s uppfattning att det är rimligt att begära att SKB genomför en förnyad säkerhetsanalys för SFL 3-5 inom en tioårsperiod såsom SKB också planerat.

SKI kan konstatera att det långlivade avfallet av logistiska skäl riskerar att bli en flaskhals i hanteringen vid en snabb avveckling av en reaktor kring 2015, om inte projektering för ett mellanlager för denna avfallskategori snarast påbörjas.

SKI delar vidare SSI:s syn på att det i FUD-rapporterna tydligt ska framgå att det är de kärntekniska anläggningarna som i egenskap av tillståndshavare (enligt kärntekniklagen) och avfallsproducenter har det övergripande ansvaret både för rivning av anläggningarna och omhändertagandet av rivningsavfallet. Detta ansvar kan tillståndshavarna endast i begränsad omfattning överlåta på SKB.

14 Annat långlivat avfall

SKI kommenterar i detta kapitel SKB:s redovisning av annat långlivat avfall som motsvarar kapitel 18 i FUD-program 2001.

Inledning

Förutom det använda kärnbränslet ska även långlivat låg- och medelaktivt omhändertas. Detta avfall planeras slutförvaras i SFL 3-5.

De olika typer av långlivat låg- och medelaktivt avfall som måste tas omhand kan indelas i två huvudgrupper:

- Avfall från underhåll och rivning av kärnkraftverken inklusive vissa interna delar av reaktorerna (hårdkomponenter).
- Långlivat avfall från industri, forskning och sjukvård.

SKB har ännu inte beslutat om SFL 3-5 skall lokaliseras i anslutning till SFL 2, vid SFR 1 eller på en helt annan plats. Enligt SKB:s tidplaner kommer denna fråga inte avgöras förrän kring år 2035.

SKB har studerat två möjliga utformningar av förvaret med antingen bentonit eller grus som återfyllnad. Den primära barriären mot uttransport av radionuklider är inneslutningar av betong.

SKB:s redovisning

För att få en bättre bild av osäkerheterna i avfallets radionuklidinnehåll så kommer SKB att följa upp detta på liknande sätt som gjorts för avfallet till SFR-1.

SKB:s anger tre skäl för att ändra den ursprungliga layouten av förvaret med bentonit-återfyllnad till en layout med grusåterfyllnad. Det första skälet är SKB:s goda erfarenheterna från bygge, drift och säkerhetsanalys av förvardsdelen BMA i SFR 1. Det andra skälet är att förenkla förvaret genom att ha så få komponenter som möjligt. Det tredje skälet är att den gas som kan bildas lättare skulle kunna lämna inneslutningen jämfört med om bentonitbarriären hade valts.

SKB drar bl.a. följande slutsatser från sin preliminära säkerhetsanalys (SKB, 1999):

För att minska osäkerheterna i beräknad omgivningspåverkan bör forskning särskilt fokuseras på de radionuklider som bidrar mest till dosen; i det här fallet ^{137}Cs och ^{90}Sr . Platsspecifika egenskaper som är av vikt för säkerheten är vattenflödet på förvardsdjup och ekosystemet dit utsläpp kan ske i framtiden.

SKB redovisar de processer som funnits vara av betydelse för barriärernas långtidsegenskaper och som har tagits fram av SKB understödd forskning samt av internationella utredningar på området:

- Cementens och betongens urlakning vid högt pH. Detta har studerats i naturliga analogistudier inklusive in situ experiment i Jordanien (Maqarin).
- Reaktionen mellan lakningsprodukter från cement och omgivande grusfyllning. I ett internationellt projekt har British Geological Survey undersökt hur cementporvatten har påverkat berget.
- Korrosion av stål och aluminium.
- Mikrobiell nedbrytning av organiskt material i avfallet.
- Gastyckupbyggnad i avfallskollin och betongkonstruktioner.
- Utfällning av kalcit och brucit.
- Cellulosans alkaliska nedbrytning i avfallet.

I SKB:s utvecklingsprogram för de närmaste åren (2002-2007) prioriteras följande områden:

- Förberedelser för framtida säkerhetsanalyser.
- Hantering och lagring av avfallet.
- Grundvattnets och betongens egenskaper i förvaret.
- Betongens och bergets diffusions- och sorptionsegenskaper vid höga pH.
- Inverkan av organiska ämnen, samt metallers korrosion i betong.
- Saltvattnets inverkan på betongen.

Remissinstansernas synpunkter

Avfallskedjan saknar en sammanhängande systemanalys för SFL 3-5-avfallet.

Mehedeby-Orrskoggruppen och SOS-Älvkarleby vill se en redovisning av omhändertagandet av SFL 3-5 avfallet innan platsundersökningar påbörjas.

SSI anser att SKB bör upprätta ett strategidokument för slutförvaring av det långlivade avfallet och som t.ex. tar upp frågor kring anläggningsutformning och processförståelse samt SFL 3-5 förvarets placering.

SSI, anser också att SKB behöver uppdatera sin säkerhetsanalys för SFL 3-5, och pröva alternativa förvarsutformningar. SSI anser vidare att SKB bör ta fram riktlinjer för behandlingen och karaktäriseringen av SFL 3-5 avfallet.

Stockholms universitet, Inst. för Fysik, tar upp frågan om lokaliseringen av SFL 3-5 och anser att denna fråga måste klargöras innan ett beslut fattas angående licensieringen för SFL 2.

Tierps kommun efterlyser en redovisning av de konsekvenser som transporter av avfallet till SFL 3-5 kan innebära.

Älvkarleby kommun anser att det är angeläget att SKB redovisar vilka krav och kriterier som finns avseende en samlokalisering av SFL 3-5 och SFL 2.

Östhammars kommun anser att SKB skall utvidga sin forskning kring frågor inom området annat långlivat avfall.

SKI:s bedömning

SKI ser positivt på att den nuvarande redovisningen blivit betydligt mer detaljerad jämfört med redovisningen av SKB:s forsknings- och utvecklingsplaner för SFL 3-5 förvaret i FUD-programmet 98. Vad som saknas är en sammanhängande redovisning av de forskningsprojekt och designstudier som skall ligga till grund för säkerhetsanalysen som kommer att baseras på platsspecifik data för SFL 2 förvaret (2009).

SKB:s redovisning av vad som kommer att ingå i den kommande säkerhetsanalysen måste anses som knapp-händig och därför svår att bedöma. SKI anser därför att SKB bör redovisa detta i de kommande FUD-programmen (FUD 2004 och FUD 2007).

Vid dessa tillfällen bör SKB ge en väl sammanhållen redovisning som motiverar vilka konstruktionskrav som måste ställas på förvaret utifrån perspektivet långsiktig säkerhet. Frågor som behöver belysas i större detaljeringsgrad inbegriper val av förvarsdjup, separationsavstånd mellan SFL 3-5 och SFL 2, återfyllnadsmaterial, principen med hydraulisk bur, förvarets dimensioner, mängd cement, kemisk sammansättning av cement etc. Dessutom bör SKB redovisa vilka krav som måste ställas på en tänkbar kandidatplats för att den skall motsvara kraven som ställs på den föreslagna utformningen av SFL 3-5 (SKI, 2001).

SKI ser positivt på att SKB kommer att följa upp de osäkerheter i avfallets nuklid-innehåll och mängd som kan finnas. SKI håller med SSI om att SKB bör ta fram riktlinjer för karaktärisering och behandling av avfallet.

SKB:s förslag att minska osäkerheterna i beräknad omgivningspåverkan från SFL 3-5 genom att koncentrera sig på de radionuklider som bidrar mest till dosen (Cl-36 och Mo-93), är rimlig men det måste finnas beredskap att studera även andra nuklider. Eftersom den preliminära säkerhetsanalysen inte har beaktat alla osäkerheter på ett fullständig sätt kan det inte uteslutas att även andra nuklider kan ge betydande bidrag. Utformningen av förvaret kan dessutom ha viss betydelse för vilka radionuklider som dominerar dosbilden.

SKI anser att SKB behöver presentera en bättre processmodell som beskriver långsiktig degradering av betong i jämförelse med den som utnyttjades i den preliminära säkerhetsanalysen (SKB, 1999), bland annat erfordras en mer detaljerad redogörelse för hur salt grundvatten påverkar betongens långtidsegenskaper.

SKB antar att betongkonstruktionen kan ha en del sprickor redan från början och anser att detta inte påverkar den långsiktiga säkerheten negativt. SKI anser att SKB bör genomföra en analys som visar hur stora och hur många sprickor man kan tillåta i olika

tidsrymder utan att betongens skyddande förmåga mot utläckage av radionuklider avsevärt försämras.

Referenser

Kapitel 2

Kjellman, S., Det svenska kärnavfallsprogrammet, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000.

SKB, FUD-program 2001, Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001a.

SKB, SKB's approach for RN transport modelling and related issues, Föredrag vid seminarium om radionuklidtransportmodellering, Johannesburg, November 6-8, 2001b.

SKI, SKI:s och SSI:s granskning av SKB:s systemredovisning i FUD-program 98, SKI Rapport 99:18/SSI-rapport 99:12, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1999.

SKI, SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 95, SKI Rapport 96:48, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1996.

SKI, Internationell fristående expertgranskning av Säkerhetsrapport 97: Säkerhet efter förslutning av ett djupförvar för använt kärnbränsle i Sverige, SKI Rapport 00:45, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000a.

SKI, SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s Säkerhetsrapport 97. Granskningsrapport, SKI Rapport 00:39/SSI-rapport 2000:17, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000b.

SKI, SKI:s yttrande över SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 98. SKI Rapport 01:20, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2001.

Kapitel 3

OECD/NEA, SR 97, Post-closure safety of a deep repository for spent nuclear fuel in Sweden, An international peer review, Paris, 2000.

SKB, Djupförvar för använt kärnbränsle; SR 97 – Säkerheten efter förslutning, Huvudrapport, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1999a.

SKB, SR 97 Processer i förvarets utveckling, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1999b.

SKB, FUD-program 2001, Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001a.

SKB, SKB's approach for RN transport modelling and related issues, Föredrag vid seminarium om radionuklidtransportmodellering, Johannesberg, November 6-8, 2001b.

SKI, Statens kärnkraftinspektions föreskrifter om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall, SKIFS 2002:1, Stockholm, 2002a.

SKI, Statens kärnkraftinspektions allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall, SKIFS 2002:1, Stockholm, 2002b.

Kapitel 4

4.1

SKB, Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersökningsskedet, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000.

SKB, FUD-program 2001, Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

SKI, SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s Säkerhetsrapport 97. Granskningsrapport, SKI Rapport 00:39/SSI-rapport 2000:17, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000.

4.2

Arthur, R.C., och Zhou, W., Chemical buffering in natural and engineered barrier systems: Thermodynamic constraints and performance assessment consequences, SKI Rapport 01:11, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2001.

Arthur, R.C., A comment on the internal consistency of thermodynamic databases supporting repository safety assessments, SKI Rapport 01:46, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2001.

Bruno, J., Cera, E., de Pablo, J., Duro, L., Jordana, S., och Savage, D., Determination of radionuclide solubility limits to be used in SR 97. Uncertainties associated to calculated solubilities, SKB TR 97-33, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1997.

Ekberg, C., In: Opinions on SKB's safety assessments SR 97 and SFL 3-5, SKI Rapport 00:47, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000.

Grambow, B., In: Opinions on SKB's safety assessments SR 97 and SFL 3-5, SKI Rapport 00:47, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000.

SKI, SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s Säkerhetsrapport 97. Granskningsrapport, SKI Rapport 00:39/SSI-rapport 2000:17, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000.

4.3

Andresen, P., Angeliu, T., och Young, L., Immunity, thresholds and other SCC fiction, Proc. Staehle Symp. on Chemistry and Electrochemistry of Corrosion and SCC, TMS, February, 2001.

Hermansson, H.P., och Eriksson, S., Corrosion of the copper canister in the repository environment, SKI Rapport 99:52, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1999.

Hilden, J., Laitinen, T., Mäkelä, K., Saario, T., och Bojinov, M., Surface films and corrosion of copper, SKI Rapport 99:27, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1999.

King, F., Ahonen, L., Taxén, C., Vuorinen, U., Werme, L., Copper corrosion under expected conditions in a deep geologic repository, SKB TR-01-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

Puigdomenech, I., och Taxén, C., Thermodynamic data for copper, Implications for the corrosion of copper under repository conditions, SKB TR-00-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000.

SKB, Djupförvar för använt kärnbränsle; SR 97 – Säkerheten efter förslutning, Huvudrapport, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1999.

Takase, H., Benbow, S., och Grindrod, P., Mechanical failure of SKB spent fuel disposal canisters. Mathematical modelling and scoping calculations, SKB TR-99-34, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1998.

4.4

SKB, Deep repository for long-lived low- and intermediate-level waste, SKB TR-99-28, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1999.

4.6

Andersson, J., Ström, A., Svemar, C., Almén, K-E, och Ericsson, L.O. What requirements does the KBS-3 repository make on the host rock? Geoscientific suitability indicators and criteria for siting and site evaluation, SKB TR-00-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000.

Carlsten, S., och Strähle, A., Borehole radar and BIPS investigations in boreholes at the Boda area, SKB TR-01-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

Goblet, P., och de Marsily, G., Evaluation of the thermal effect in a KBS-3 type repository. A Literary Survey, SKI Rapport 00:18, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000.

GRAM Inc., An independent technical review of the feasibility phase of the Swedish deep repository site-selection process, Report 2001.

Jakobsson, A.-M., Measurements and modelling using surface complexation of cation sorption onto mineral oxides. Kärnkemi, Chalmers Tekniska Högskola, ISBN 91-7197-843-7, 1999.

Kertsting, A., Efurð, D., Finnegan, D., Rokop, D., Smith, D., och Thompson J., Migration of plutonium in the groundwater at the Nevada Test Site. Nature, Vol. 397, January 1999, pp. 56-59, 1999.

Leijon, B., Nord-syd/Kust-inland, Generella skillnader i förutsättningar för lokalisering av djupförvar mellan olika delar av Sverige, SKB Rapport R-98-16, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

OECD/NEA, SR 97: Post-closure safety of a deep repository for spent nuclear fuel in Sweden, An international peer review, Paris, 2000.

Puigdomenech, I., Ambrosi, J-P, Eisenlohr, L., Lartigue, J-E, Banwart, S.A., Bateman, K., Milodowski, A.E., West, J. M., Griffault, L., Gustafsson, E., Hama, K., Yoshida, H., Kotelnikova, S., Pedersen, K., Michaud, V., Trotignon, L., och Rivas Perez, J., O₂ depletion in granitic media. The REX project SKB TR-01-05, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

SKB, FUD-program 98, Kärnkraftavfallens behandling och slutförvaring, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1998.

SKB, Geovetenskapligt inriktat program för undersökning och utvärdering av platser för djupförvaret, SKB R-00-30, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000.

SKB, FUD-program 2001, Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

SKB, Platsundersökningar. Undersökningsmetoder och generellt genomförandeprogram, SKB R-01-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001a.

SKB, Hydrochemical stability of groundwaters surrounding a spent nuclear fuel repository in a 100,000 year perspective, SKB TR-01-28 (Ed. I Puigdomenech), Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001b.

SKB, Natural barriers – Summary of results from experiments at Äspö HRL and related analysis performed 1995-2000, SKB R-01-40, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001c.

SKI, SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 98. Gransknings-PM. SKI Rapport 99:16, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1999.

SKI, SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s Säkerhetsrapport 97. Granskningsrapport, SKI Rapport 00:39/SSI-rapport 2000:17, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000a.

SKI, Opinions on SKB's safety assessments SR 97 and SFL 3-5, SKI Rapport 00:47, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2000b.

SKI, SKI:s yttrande över SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 98. SKI Rapport 01:20, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2001.

Voss, C., och Provost, A., Recharge-area nuclear waste repository in southeastern Sweden. Demonstration of hydrogeologic siting concepts and techniques, SKI Rapport 01:44, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2001.

Wänstedt, S., Geophysical and geological investigations of the Boda area, SKB R-00-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000.

Xu, S., and Wörman, A., Implications of sorption kinetics to radionuclide migration in fractured rock, Water Resources Research, 35 (11), pp. 3429-3440, 1999.

Xu, S., Wörman, A., och Dverstorp, B., Heterogeneous matrix diffusion in crystalline rock - Implications for geosphere retardation of migrating radionuclides, Journal of Contaminant Hydrology, 47 (2-4), pp. 365-378, 2001.

Kapitel 5

SSI, Statens strålskyddsinstitutets föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljö vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall, SSI FS 1998:1, Statens strålskyddsinstitut, Stockholm, 1998

Kapitel 8

SKI, SKI:s yttrande över SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 98. SKI Rapport 01:20, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2001.

Kapitel 9

SKB, Förläggning av ett förvar för använt kärnbränsle på 700-2000 m djup. Sammanställning av för- och nackdelar, SKB PR D-96-002, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1996.

SKB, Forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprogram för ett KBS-3-förvar med horisontell deponering, SKB R-01-55, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

Kapitel 11

Andersson, C.-G., Utveckling av tillverkningsteknik för kopparkapslar med gjutna insatser, Lägesrapport i augusti 2001, SKB R-01-39, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

Burström, M., Kostnadsanalys av processen, att genom rullformning och elektronstrålesvetsning tillverka kapslar för djupförvaring av använt kärnbränsle med koppartjockleken 50 mm alt. 30 mm, SKB Projekt PM TI-00-01A, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000a.

Burström, M., Kostnadsanalys av processen att från sömlösa kopparrör tillverka kapslar med djupförvaring av använt kärnbränsle med koppartjockleken 50 mm alt. 30 mm, SKB Projekt PM TI-00-03, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2000b.

King, F., Ahonen, L., Taxén, C., Vuorinen, och U., Werme, L., Copper corrosion under expected conditions in a deep geologic repository, SKB TR-01-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 2001.

Lundin, M., Gustafsson, O., von Brömssen, B., och Troell, E., Granskning av SKB:s förslag till inkapslingsteknik, SKI Rapport 01:9, Statens kärnkraftinspektion, 2001.

SKI, SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 95, SKI Rapport 96:48, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1996.

SKI, SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 98. Gransknings-PM. SKI Rapport 99:16, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1999.

SKI, SKI:s yttrande över SKB:s kompletterande redovisning till FUD-program 98. SKI Rapport 01:20, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 2001.

Werme, L., Konstruktionsförutsättningar för kapsel för använt kärnbränsle, SKB R-98-08, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1998.

Kapitel 14

SKB, Djupförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Preliminär säkerhetsanalys, SKB R-99-59, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm, 1999.

SKI, SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SBK:s preliminära säkerhetsanalys för slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall. SKI Rapport 01:14, SSI-rapport 2001:10, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm 2001.

SKI, SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 98. Gransknings-PM. SKI Rapport 99:16, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm, 1999.