



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

2011:10

Granskning och utvärdering av SKB:s
redovisning av Fud-program 2010



Regeringen
Miljödepartementet
103 33 Stockholm

Vår referens: SSM 2010/2116

Strålsäkerhetsmyndighetens yttrande över Svensk Kärnbränslehantering AB:s redovisning av Fud-program 2010

Strålsäkerhetsmyndighetens yttrande

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har lämnat in Fud-program 2010 till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) för granskning enligt 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen).

SSM föreslår att regeringen beslutar att reaktorinnehavarna genom SKB har fullgjort sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen men samtidigt ställer som villkor att reaktorinnehavarna inför redovisningen av kommande Fud-program fortlöpande ska samråda med myndigheten i frågor rörande programmet för slutförvar av långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avvecklingsplaner och rivningsstudier.

SSM föreslår vidare att regeringen uppmanar reaktorinnehavarna och SKB att beakta de bedömningar och synpunkter som i övrigt förs fram i myndighetens granskningsrapport.

Ärendet

Reaktorinnehavarna har låtit SKB upprätta det forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprogram (Fud-program) som krävs enligt 12 § kärntekniklagen. SKB lämnade i enlighet med 25 § förordningen (1984:14) om kärnteknisk verksamhet (kärnteknikförordningen) in Fud-program 2010 till myndigheten för granskning och utvärdering den 29 september 2010.

Strålsäkerhetsmyndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00
Fax: +46 8 799 40 10

E-post: registrator@ssm.se
Webb: stralsakerhetsmyndigheten.se



SSM har granskat och utvärderat Fud-program 2010 enligt 26 § kärnteknikförordningen. Detta yttrande samt tillhörande granskningsrapport sammanfattar resultaten av granskningen och utvärderingen.

Myndigheten har i samband med granskningen av Fud-program 2010 följt upp vissa kvarstående frågor från granskningen av Fud-program 2007 och SKB:s komplettering till detta i enlighet med regeringens villkorade beslut om Fud-program 2007 (M2008/2772/Mk, M2008/2833/Mk, M2009/3591/Mk, M2009/3976/Mk).

SSM har skickat SKB:s Fud-program 2010 på en bred remiss till ca 70 organisationer för att inhämta synpunkter. Av dessa remissinstanser inkom 41 med svar, varav 16 avstod att yttra sig eller inte lämnade några synpunkter på programmet. Övriga organisationer avstod från att svara.

SSM:s rådgivande nämnd för frågor om radioaktivt avfall och använt kärnbränsle behandlade huvuddragen i SSM granskning vid sitt sammanträde den 23 februari 2011.

Skälen för yttrandet

Uppfyllelse av 12 § kärntekniklagen

Enligt 12 § kärntekniklagen ska den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftsreaktor i samråd med övriga reaktorinnehavare upprätta eller låta upprätta ett program för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som behövs för säker hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle samt säker avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.

SKB har på uppdrag av reaktorinnehavarna upprättat Fud-programmet och lämnat det till myndigheten i enlighet med 25 § kärnteknikförordningen.

SSM har i enlighet med 26 § kärnteknikförordningen genomfört en granskning och utvärdering av programmet i fråga om

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

Myndigheten har tagit fram en granskningsrapport som innefattar detaljerade bedömningar av samtliga avsnitt i Fud-program 2010. De detaljerade bedömningarna avseende punkterna 1. och 2. ovan finns i avsnitt fyra till sex i granskningsrapporten. De detaljerade bedömningarna avseende punkt 3. redovisas i avsnitt sju i granskningsrapporten. Punkt 4. avhandlas i avsnitt tre i granskningsrapporten.

SSM gör mot bakgrund av de detaljerade bedömningarna i granskningsrapporten den sammanfattande bedömningen att reaktorinnehavarna uppfyller de krav 12 § kärntekniklagen ställer.

Villkor för den fortsatta utvecklings- och forskningsverksamheten

SSM anser att reaktorinnehavarna, genom SKB, i Fud-program 2010 inte tillräckligt beaktat de påpekanden som myndigheten förde fram i granskningen av SKB:s komplettering till Fud-program 2007 (SSM 2009/1365) med avseende på programmet för långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.

SSM:s bedömning är att reaktorinnehavarna i kommande Fud-program 2013 bör redovisa planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken samt Ågesta kraftvärmeverk mer utförligt och på en mer detaljerad nivå än vad som är fallet i Fud-program 2010. Redovisningen bör inkludera en tydlig beskrivning av vilka uppgifter som har delegerats av reaktorinnehavarna i fråga om planering och genomförande av de olika åtgärder som krävs. En mer fullständig redovisning bör kunna upprättas genom att redovisningen tas fram i samråd mellan reaktorinnehavarna och SKB samt genom att det ytterligare kunskapsunderlag från pågående rivningsstudier som görs tillgängliga på ett lämpligt sätt inarbetas i programmet.

Vidare bedömer myndigheten att reaktorinnehavarna, genom SKB, i Fud-program 2013 bör fördjupa redovisningen av programmet för långlivat låg- och medelaktivt avfall med hänsyn till dels olika handlingsalternativ för hantering och slutförvaring av avfallet och dels en konkretiserad redovisning av de förvarsutformningar som SKB har börjat utveckla. Av redovisningen bör särskilt framgå förutsättningar och val av handlingsalternativ med avseende på en möjlig tidigareläggning och ett etappvis uppförande av ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall.

SSM föreslår mot bakgrund av ovanstående att regeringen ställer som villkor att reaktorinnehavarna och SKB inför Fud-program 2013 fortlöpande ska samråda med myndigheten om den förväntade redovisningen rörande programmet för slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avvecklingsplaner och rivningsstudier.

Övriga bedömningar och synpunkter

SSM gör i granskningsrapporten bedömningar och framför synpunkter på samtliga delar av Fud-program 2010. SSM föreslår att regeringen uppmanar reaktorinnehavarna och SKB att i det fortsatta forsknings- och utvecklingsarbetet beakta de synpunkter som förs fram i granskningsrapporten.



Beslut om detta yttrande har fattats av generaldirektören Ann-Louise Eksborg. I ärendets slutliga handläggning har deltagit avdelningschefen Johan Anderberg, enhetscheferna Josefin Päiviö Jonsson, Johanna Sandwall, Elisabeth André Turlind, Björn Hedberg och Erik Welleman, verksjuristen Pernilla Sandgren samt utredaren Georg Lindgren, den sistnämnde föredragande.

STRÅLSÄKERHETSMYNDIGHETEN

Ann-Louise Eksborg

Georg Lindgren

Bilagor:
Granskningsrapport
Remissvar

Kopia:
Svensk Kärnbränslehantering AB
Barsebäck Kraft AB
Forsmark Kraftgrupp AB
OKG AB
Ringhals AB
Vattenfall AB



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Granskningsgrupp:

Georg Lindgren (projektledare), Pål Andersson,
Björn Brickstad, Björn Dverstorp, Henrik Efraimsson,
Peter Ekström, Bengt Hedberg, Jan In de Betou,
Fritz Kautsky, Flavio Lanaro, Jan Linder, Jinsong Liu,
Maria Nordén, Josefin Päiviö Jonsson, Eva Simic,
Bo Strömberg, Richard Sundberg, Carina Wetzel,
Anders Wiebert, Shulan Xu och Helmuth Zika

Granskingsrapport

2011:10

Granskning och utvärdering av SKB:s
redovisning av Fud-program 2010

Innehåll

Sammanfattning	7
1. Inledning	20
1.1. Allmänt om programmet.....	20
1.2. SSM:s beredning av ärendet	21
1.2.1. Avgränsning av granskning av Fud-program 2010 och ansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle	22
1.2.2. Remisshantering.....	23
1.3. Granskningsrapportens struktur	24
2. Övergripande synpunkter på SKB:s program	25
2.1. SKB:s hantering av kvarstående frågor från kompletteringen av Fud- program 2007	25
2.2. Samråd	25
2.3. Planer för demonstration av deponering	26
2.4. Struktur och innehåll i SKB:s redovisning	26
2.5. Nuläget i Fud-arbetet och frågor kring ansökan för slutförvaret för använt kärnbränsle	28
2.6. Remissinstansernas allmänna synpunkter på Fud-processen och SKB:s arbete	30
2.7. Lokaliseringen av slutförvaret för använt kärnbränsle	33
2.8. Övriga synpunkter från remissinstanserna.....	34
3. Synpunkter på SKB:s övergripande handlingsplan	36
3.1. Inledning	36
3.1.1. Bakgrund.....	36
3.1.2. Om SSM:s granskning av SKB:s redovisning	37
3.2. Sammanfattning av SKB:s redovisning	38
3.2.1. Hantering av radioaktivt avfall och använt bränsle	38
3.2.2. SKB:s övergripande handlingsplan.....	40
3.2.2.1. Loma-programmet	40
3.2.2.2. Kärnbränsleprogrammet	42
3.2.3. Flexibilitet vid förändrade förutsättningar	43

3.2.4. Särskilt om konceptet KBS-3H.....	44
3.3. Remissinstansers synpunkter	45
3.4. SSM:s bedömning av SKB:s handlingsplan	47
3.4.1. Allmänt	47
3.4.2. Loma-programmet	50
3.4.3. Kärnbränsleprogrammet	52
3.4.4. Flexibilitet vid ändrade förutsättningar.....	55
3.4.5. SSM:s sammanfattande synpunkter på SKB:s handlingsplan	55
4. Synpunkter på Loma-programmet	56
4.1. Handlingsplan	56
4.2. Hantering av kortlivat låg- och medelaktivt avfall	56
4.2.1. Avfallshantering hos avfallsleverantörer	56
4.2.2. SFR – slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall	59
4.2.3. Utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall	60
4.2.4. Lokalisering av slutförvaret för kortlivat rivningsavfall.....	62
4.2.5. Teknikutveckling för slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall	64
4.2.6. Markförvar	65
4.3. Hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall.....	67
4.3.1. Långlivat radioaktivt avfall.....	67
4.3.2. Mellanlager för långlivat avfall	68
4.3.3. Slutförvar för långlivat avfall (SFL)	69
4.4. Avveckling och rivning	74
4.4.1. SSM:s synpunkter på kompletteringen av Fud-program 2007 ...	75
4.4.2. Ansvarsfördelning och SKB:s mandat.....	76
4.4.3. Kärnkraftsföretagens planer och strategier	77
4.4.4. SKB:s planer och strategier	81
4.4.5. SKB:s och kärnkraftsföretagens gemensamma arbete.....	81
4.4.6. Utveckling av metoder och teknik	82
5. Synpunkter på kärnbränsleprogrammet	84
5.1. Nuläge och utgångspunkter.....	84
5.2. Översikt teknikutveckling	84

5.3. Teknikutveckling bränslehantering.....	87
5.3.1. Resteffekt och strålning	87
5.3.2. Vatten och vattenånga.....	88
5.3.3. Kriticitet.....	90
5.3.4. Kärnämneskontroll.....	91
5.4. Teknikutveckling kapsel.....	93
5.4.1. Krav och förutsättningar	93
5.4.2. Nuläge och program.....	96
5.4.3. Kapselutformning analyser av kapsel	98
5.4.4. Tillverkning och provning av kapseldetaljer	100
5.4.5. Tillverkning och provning av kopparkomponenter.	102
5.4.6. Förslutning och provning av FSW svets.....	103
5.4.7. Hantering och deponering av kapslar.....	104
5.5. Teknikutveckling buffert	104
5.5.1. Tillverkning av buffert.....	105
5.5.2. Installation av buffert.....	106
5.5.3. Prototypförvaret och andra försök vid Äspölaboratoriet	108
5.6. Teknikutveckling återfyllning.....	109
5.6.1. Krav och förutsättningar – återfyllning.....	109
5.6.2. Val och specifikation av material och metoder.....	110
5.6.3. Installation av återfyllnad i deponeringstunnlar.....	111
5.6.4. Pluggning av deponeringstunnel.....	112
5.7. Teknikutveckling förslutning.....	113
5.7.1. Referensutformning och krav	114
5.7.2. Förslutning av undersökningsborrhål	115
5.8. Teknikutveckling berg	115
5.8.1. Metodik för bergprojektering.....	116
5.8.2. Verktyg för detaljundersökningar	117
5.8.3. Utförandemetoder, byggmaterial och specialmaskiner.....	119
5.8.4. Verktyg för datahantering och visualisering.....	122
5.9. Teknikutveckling KBS-3H	122
5.9.1. Nuläge och program.....	122

6. Synpunkter på forskning för analys av långsiktig säkerhet	124
6.1. Översikt – forskning för analys av långsiktig säkerhet.....	124
6.2. Säkerhetsanalys.....	128
6.3. Klimatutveckling	132
6.3.1. Inlandsisdynamik och glacial hydrologi	133
6.3.2. Isostatiska förändringar och strandlinjeförskjutning.....	134
6.3.3. Permafrost.....	136
6.3.4. Klimat och klimatvariationer	136
6.3.5. Greenland analogue project (GAP).....	137
6.4. Kortlivat låg- och medelaktivt avfall	138
6.4.1. Initialtillståndet i avfallet	138
6.4.2. Processer	141
6.5. Tekniska barriärer i SFR.....	146
6.5.1. Initialtillstånd och processer hos tekniska barriärer.....	146
6.5.2. Modeller링 av radionuklidtransport för SFR.....	149
6.6. Bränsle	150
6.6.1. Gapinventarium	150
6.6.2. Kriticitet.....	152
6.6.3. Vattenradiolys och dess inverkan på bränsleupplösning	153
6.6.4. Bränsleupplösning – lakning av bränsle med hög utbränning ..	156
6.6.5. Speciering av radionuklider, kolloidbildning.....	157
6.7. Kapsel	159
6.7.1. Initialtillstånd	159
6.7.2. Deformation gjutjärnsinsats	159
6.7.3. Deformation av kopparkapsel	160
6.7.4. Deformation från inre korrosionsprodukter	162
6.7.5. Strålpåverkan på kapseln	162
6.7.6. Korrosion gjutjärnsinsats	163
6.7.7. Korrosion kopparhölje	164
6.7.8. Spänningskorrosion kopparkapsel	172
6.7.9. Utfällning av salt på kapselytan.....	173
6.8. Buffert och återfyllning	174

6.8.1. Bentonitsammansättning.....	174
6.8.2. Värmetransport	175
6.8.3. Frysning	176
6.8.4. Vattentransport vid omättade förhållanden.....	178
6.8.5. Gastransport.....	179
6.8.6. Piping/ersoion	180
6.8.7. Mekaniska processer.....	182
6.8.8. THM-utveckling under vattenmättnadsfasen.....	182
6.8.9. Diffusion	185
6.8.10. Osmos	186
6.8.11. Jonbyte/sorption.....	187
6.8.12. Montmorillonitomvandling.....	187
6.8.13. Järn-bentonit interaktioner	188
6.8.14. Cementering.....	190
6.8.15. Kolloidfrigörelse/erosion	190
6.8.16. Strålinducerad montmorillonitomvandling.....	193
6.9. Geosfären.....	194
6.9.1. Initialtillstånd för geosfären.....	194
6.9.2. Översikt av processer.....	195
6.9.3. Värmetransport	195
6.9.4. Grundvattenströmning	196
6.9.5. Rörelser i intakt berg.....	200
6.9.6. Termisk rörelse	201
6.9.7. Reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor	202
6.9.8. Sprickbildning.....	205
6.9.9. Tidsberoende deformationer	206
6.9.10. Grundvattenkemi, mikrobiologi och hydrogeokemisk modellering	206
6.9.11. Advektion/blandning – radionuklidtransport.....	211
6.9.12. Diffusion – radionuklidtransport.....	211
6.9.13. Reaktionen med berget – sorption av radionuklider.....	212
6.9.14. Kolloidomsättning – kolloider i grundvatten.....	213

6.9.15. Kolloidsättning – radionuklidtransport med kolloider.....	214
6.9.16. Modellering DFN.....	214
6.9.17. Integrerad modellering – termo-hydro-mekanisk utveckling .	216
6.9.18. Integrerad modellering – radionuklidtransport	217
6.10. Ytnära ekosystem.....	218
6.10.1. Inledande kommentarer	218
6.10.2. Terrestra ekosystem	220
6.10.3. Akvatiska ekosystem	221
6.10.4. Biogeokemi	222
6.10.5. Hydrologi och transport	223
6.10.6. Effekter av långtidsvariationer, landskapsutveckling och avlagringar	224
6.10.7. Radionuklidmodellering	225
6.10.8. Nationella samarbeten, internationellt arbete samt informationsspridning	226
7. Andra metoder	228
7.1. Separation och transmutation.....	229
7.2. Djupa borrhål	232
8. Synpunkter på samhällsvetenskaplig forskning.....	236
8.1. Inledning	236
8.2. Översikt – samhällsvetenskaplig forskning	236
9. Referenser	242

Sammanfattning

Inledning

Enligt förordningen (1984:14) om kärnteknisk verksamhet (kärnteknikförordningen) ska Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) granska och utvärdera det program för forskning, utveckling och demonstration med mera (Fud-program) som reaktorinnehavarna enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) ska upprätta. Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har tagit fram Fud-program 2010 (SKB, 2010) och i enlighet med kärnteknikförordningen lämnat det till myndigheten i september 2010.

SSM har granskat och utvärderat Fud-program 2010 i fråga om planerad forsknings- och utvecklingsverksamhet, redovisade forskningsresultat, alternativa hanterings- och förvaringsmetoder, och de åtgärder som avses bli vidtagna (26 § kärnteknikförordningen). Denna rapport redogör för resultaten av granskningen och utvärderingen. För att inhämta synpunkter har SSM skickat Fud-program 2010 på en bred remiss till ca 70 organisationer.

Myndighetens yttrande över Fud-program 2007 överlämnades av dåvarande Statens kärnkraftinspektion (SKI) till regeringen i juni 2008. Regeringen beslutade om villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten som innebar att SKB skulle komplettera redovisningen i Fud-program 2007 på ett antal punkter. SKB inkom med en komplettering som granskades av SSM och tillsammans med ett yttrande överlämnades till regeringen i oktober 2009. SSM:s beslut innebar att myndigheten förväntade sig kompletterande information i Fud-program 2010.

Myndighetens granskning är i huvudsak disponerad i enlighet med det program som lämnats in av SKB och omfattar den övergripande handlingsplanen, programmet för låg- och medelaktivt avfall, kärnbränsleprogrammet, forskning för analys av långsiktig säkerhet och samhällsvetenskaplig forskning. Som underrubrik till forskningen om långsiktig säkerhet redovisar SKB kunskap och forskning om andra metoder för slutligt omhändertagande av det använda kärnbränslet än det planerade geologiska slutförvaret enligt KBS-3 metoden.

De större hållpunkterna i programmet är att SKB lämnar in ansökningar för slutförvarssystemet för använt kärnbränsle till myndigheten och miljödomstolen i mars 2011. Därutöver innefattar SKB:s program planer att lämna in en ansökan för utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt

avfall (SFR) 2013 samt en ansökan för ett slutförvar för långlivat drift- och rivningsavfall (SFL) kring 2030. Rivningen av Barsebäcks reaktorer planeras kunna påbörjas 2020. Rivningen av Ågesta kraftvärmereaktor planeras tidigast till 2020, då gällande miljötillstånd går ut. De andra befintliga reaktorerna planerar man driva 40 till 60 år, vilket innebär att rivningarna planeras ske under perioden 2020 till 2050.

Övergripande synpunkter på SKB:s program

SSM har i denna granskning följt upp de påpekanden som kvarstod från SKB:s komplettering av Fud-program 2007 (SSM 2009/1365) och som myndigheten föreslog att SKB skulle inkludera i detta program. I fråga om synpunkterna på programmet för SFR kan myndigheten konstatera att SKB:s redovisning i stort sett motsvarar de önskade förtydligandena. SSM bedömer dock att synpunkterna som framfördes med avseende på programmet för långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar inte tillräckligt har beaktats. SSM anser vidare att synpunkterna avseende alternativa metoden djupa borrhål inte fullt ut har beaktats. Detaljerade synpunkter framförs i respektive avsnitt.

SSM anser att strukturen på SKB:s redovisning är tydlig och i stort sett ändamålsenlig. Myndigheten ser positivt på att SKB har utvecklat redovisningen av programmet för låg- och medelaktivt avfall (Loma-programmet). SSM noterar vidare att SKB:s detaljerade redovisning av programmet för kommande period i vissa fall inte är konkret och uppmanar SKB att i framtida Fud-program i alla avsnitt redovisa konkreta planer.

SSM saknar i Fud-program 2010 en redovisning av SKB:s arbete kring informationsbevarande kopplat till slutförvaret för använt kärnbränsle.

Övergripande handlingsplan

SSM bedömer att SKB:s redovisade övergripande handlingsplan är en bra introduktion till SKB:s verksamhet. Även om avsnittet innehåller mycket information utöver vad som är relevant för en handlingsplan i sig bedömer SSM att informationen utgör ett viktigt underlag för förstå SKB:s nuvarande verksamhet i ett större sammanhang.

SSM bedömer att redovisningen av handlingsplanen tillsammans med redovisningarna av programmen för Loma (del II i SKB:s redovisning) och kärnbränsle (del III i SKB:s redovisning) medger en tillräckligt god inblick för att myndigheten ska kunna bedöma rimligheten i SKB:s program. När det gäller utgångspunkterna och underliggande antaganden bedömer SSM att

handlingsplanen bör utvecklas i Fud-program 2013 i samband med att SKB omhändertar myndighetens synpunkter i avsnitten om hantering av kort- och långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avveckling och rivning.

Programmet för låg- och medelaktivt avfall (Loma)

Kortlivat låg- och medelaktivt avfall

SSM anser att SKB:s redovisning av arbetet med att utforma och lokalisera ett slutförvar för rivningsavfall är alltför kortfattad i Fud-program 2010. SSM har tagit del av en preliminär version av den utredning angående lokaliseringen av anläggningen som SKB hänvisar till (SKB, 2010). SSM bedömer att utredningen i grunden är väl strukturerad, men att analyserna av de strålsäkerhetsmässiga skillnaderna mellan olika alternativ behöver fördjupas.

I Fud-program 2010 anger SKB att man kommer att genomföra en översyn av reglerna för styrning av avfall till olika delar av SFR i samband med att en ansökan om uppförande av ett slutförvar för kortlivat rivningsavfall lämnas in. SSM anser att denna översyn bör breddas och även inkludera andra typer av slutförvar, såsom markförvar och ett kommande slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL). En viktig fråga att utvärdera i detta sammanhang är tillämpningen av gällande kretslopps- och hushållningsprinciper. SKB och avfallsproducenterna bör på ett tydligt sätt visa vilka åtgärder som vidtas för att, så långt som rimligen är möjligt, minimera avfallsmängderna, bl.a. genom friklassning och annan återvinning.

Långlivat låg- och medelaktivt avfall

SSM anser att SKB:s redovisning av planer och program för slutförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall är bättre strukturerad och underbyggd än i Fud-program 2007. Driften av detta slutförvar, SFL, planerar SKB att påbörja först 2045. SSM anser att SKB behöver ytterligare utreda frågan om tidsplanerna avseende SFL. Särskilt bör möjligheten att tidigare genomföra ett stegvist förfarande analyseras. SSM bedömer att ambitionen för det fortsatta utvecklingsarbetet är hög och god, även om SSM hade förväntat sig en bättre beskrivning av olika tänkbara utformningar av SFL. SSM ser fram emot att ta del av SKB:s säkerhetsanalyser och förväntar sig att dessa utformas så att de kan utgöra grund för såväl val av koncept som utveckling av användbara acceptanskriterier för behandling och förpackning av det långlivade låg- och medelaktiva avfallet. Forskningen på korrosionsprocesser i slutförvaret är av särskild betydelse för detta slags avfall och SSM anser att SKB i kommande Fud-program behöver förbättra sin redovisning på detta område. SKB planerar vidare för mellanlagring av långlivat avfall i SFR,

vilket SSM i princip ser positivt på men inte kommer att ta slutlig ställning till förrän vid en prövning av en ansökan om utbyggnad av SFR. SSM förväntar sig då även en bättre redovisning av alternativ till lagringen i SFR.

Avveckling och rivning

SSM anser att reaktorinnehavarna genom SKB i Fud-program 2010 inte tillräckligt beaktat de påpekanden som myndigheten förde fram i granskningen av SKB:s komplettering till Fud-program 2007 (SSM 2009/1365) med avseende avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.

SSM:s bedömning är att reaktorinnehavarna i kommande Fud-program 2013 bör redovisa planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken samt Ågesta kraftvärmeverk mer utförligt och på en mer detaljerad nivå än vad som är fallet i Fud-program 2010. Redovisningen bör inkludera en tydlig beskrivning av vilka uppgifter som har delegerats av reaktorinnehavarna i fråga om planering och genomförande av de olika åtgärder som krävs. En mer fullständig redovisning bör kunna upprättas genom att redovisningen tas fram i samråd mellan reaktorinnehavarna och SKB samt genom att resultat från pågående rivningsstudier på ett lämpligt sätt inarbetas i programmet.

I Fud-program 2013 bör även ingå en beskrivning av hur och i vilken omfattning kärnkraftsföretagens redovisningsskyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen delegerats till SKB.

SSM ser positivt på att kärnkraftsföretagen och SKB deltar aktivt i det internationella arbetet kring avvecklingsfrågor och att de har ett omfattande samarbete i frågor som gäller planering och genomförande av avveckling.

Kärnbränsleprogrammet

Teknikutveckling övergripande

SSM anser att det är viktigt att SKB kan visa att alla krav slutförvarsanläggningen ställer kan omsättas och uppfyllas i praktiken. Myndigheten anser att den fortsatta teknikutvecklingen och dess styrning och redovisning är av stor vikt i detta sammanhang. SSM har utifrån redovisningen i Fud-program 2010 svårt att bedöma helheten i SKB:s krav och styrmodeller och hur de driver teknikutvecklingen. Myndigheten anser att SKB bör arbeta vidare med att revidera och förtydliga det system som definieras av olika lednings- och styrsystem, modeller och redovisningar. SKB bör i nästa Fud-program ge en samlad och tydlig redovisning av hur

olika modeller, krav och redovisningar förhåller sig till varandra, hur information hanteras mellan de olika systemen och redovisningarna och hur SKB säkerställer att dessa krav leder till ett lämpligt program för teknikutvecklingen.

Teknikutveckling bränsle

SSM ser positivt på att teknikutveckling bränslehantering har lyfts upp och redovisas i ett separat kapitel i Fud-program 2010. Myndigheten anser att SKB bör vidareutveckla bränslehanteringsmetoderna som kommer att användas vid inkapsling av bränslet, exempelvis teknik för torkning av bränslet. SKB bör vidare utveckla en metod för att effektivt torka skadade bränslestavar och PWR-bränslets styrtavar. Även kriterier för torkningen bör fastställas. Ett annat exempel är att SKB bör ta fram ett ändamålsenligt program för att vid inkapslingen kombinera olika typer av bränsleelement med olika ålder och utbränningar för att begränsa resteffekten i kapslarna samt för att undvika kriticitet i slutförvaret.

Kärnämneskontroll

SSM anser att SKB bör ha beredskap för att kommande krav från de internationella kontrollorganen kan innebära att existerande konventionella tekniker inte helt uppfyller kraven på viss efterfrågad information, dvs. det kan finnas behov av teknikutveckling. För närvarande pågår arbete internationellt med att formulera mer detaljerade kärnämneskontrollkrav för slutförvar och inkapslingsanläggningar. Strålsäkerhetsmyndigheten anser att SKB noga bör följa utvecklingen inom området och reagera så tidigt som möjligt på efterfrågade data, dvs. ha en så god framförhållning som möjligt med tanke på att teknikutveckling ofta kräver tid.

SKB avser att spränga ut slutförvaret i ett rullande schema med utsprängning, deponering och återfyllning pågående samtidigt. SSM menar att detta ställer särskilda krav på att SKB i ett tidigt skede kan visa att man tagit fram procedurer för hur man avser att uppfylla kraven på kärnämneskontroll i det löpande utbyggnadsskedet under driften av förvaret.

Teknikutveckling kapsel

SSM bedömer att visst arbete kvarstår innan kravbilden på kapseln kan anses färdigställd. Exempelvis saknas fullständiga krav associerade till skadetålighetsanalyser, materialegenskaper samt till belastningsfall tappad kapsel. SSM vill påpeka att dessa grundläggande förutsättningar är viktiga vid utveckling av provningssystem och förutsätter att arbetet med den detaljerade kravbilden färdigställs inom närliggande framtid. SSM anser vidare att SKB i ett tidigt skede bör etablera en kvalificeringsprocess med

detaljerad kravbild för att kunna verifiera tillförlitligheten hos systemen för oförstörande provning (OFP). Skadetålighetsanalyserna är synnerligen viktiga för kravbilden av de defektstorlekar som OFP-systemet måste klara att detektera. Dessutom bör SKB göra ytterligare arbete för att verifiera både segheten och de plastiska egenskaperna hos segjärnet samt valet av säkerhetsfaktor. SSM anser att SKB bör göra ytterligare insatser för att visa att kapseln uppfyller konstruktionsförutsättningarna för alla skjuvningar som skjuvlastfallet omfattar. Exempelvis bör en skjuvning analyseras som sker vinkelrätt mot kapselns längdaxel, i ett horisontellt plan nära locket och botten av kopparcylindern där inte insatsen förväntas hålla emot på samma sätt som för skjuvning i övriga områden. Ytterligare synpunkter kopplade till kapseln finns nedan i avsnittet forskning för analys av långsiktig säkerhet.

Teknikutveckling buffert

SSM anser att SKB bättre bör integrera teknikutvecklingen av bufferten med forskningen om hur buffertens egenskaper utvecklas i slutförvaret initialt och på lång sikt.

SSM anser att vissa synpunkter som myndigheterna (SKI och SSI) framförde vid granskningen av Fud-program 2007 angående SKB:s redovisning av bufferttillverkning kvarstår. SKB bör ta fram ett kvalitetsprogram för bufferttillverkningen och utveckla ett systematiskt angreppssätt för tillverkningsutvecklingen.

Teknikutveckling återfyllning

SSM ser positivt på det arbete som SKB i samarbete med Posiva har genomfört under de senaste åren inom ramen för Baclo projektet. Myndigheten anser dock att SKB bör göra ytterligare ansträngningar för att demonstrera att återfyllnaden i deponeringstunneln kan installeras på ett sätt så att kraven som ställs uppnås. Vidare bör SKB ta fram en detaljerad tidsplan för vidare teknikutveckling i samband med återfyllningen och redovisa denna i nästa Fud-program.

SSM anser att SKB bör utföra flera fullskaliga demonstrationer av referensutformningen för återfyllningen. SKB bör kunna styrka att referensutformningen är väl anpassad efter förhållanden som liknar slutförvarsmiljön i Forsmark.

SSM anser därutöver att SKB bör angripa de svårigheter som så kallad piping och erosion kan orsaka vid installation av återfyllnaden.

Teknikutveckling förslutning

SSM ser positivt på att SKB planerar ytterligare insatser i samband med utvecklingen av konceptet för förslutningen. SSM anser dock att SKB ytterligare bör utreda genomförbarheten av olika förslutningskoncept. Förslutningen ligger visserligen långt fram i tiden men är av betydelse för slutförvarets helhet och därmed även för kraven och teknikutvecklingen av andra delar av slutförvaret. Därutöver bör SKB vidare studera förslutningens långsiktiga stabilitet med avseende på degradering av betongmaterial samt kemisk erosion av bentonit med glacialt smältvatten.

Teknikutveckling berg

SSM anser att den av SKB valda projekteringsmetodiken som innefattar observationsmetoden ställer höga krav på kravspecifikationen för byggandet och uppföljningen av dessa krav. Myndigheten vill betona vikten av att kraven den långsiktiga säkerheten och miljöpåverkan ställer på produktionen blir en naturlig del av projekterings- och byggarbetet. SKB bör i det fortsatta arbetet säkerställa att processerna blir utformade så att detta uppnås.

SSM anser att SKB bör förtydliga planerna för utvecklingen av detaljundersökningsprogrammet med mer precisa tidsangivelser för olika typer av undersökningar som kopplar till olika syften och krav. Myndigheten saknar en redovisning av SKB:s planer för monitoreringen av relevanta parametrar.

SSM anser därutöver att metodiken för detektering av långa sprickor är viktig och att SKB bör fullfölja de redovisade planerna. Myndigheten menar att det även är betydelsefullt att osäkerheterna som är förknippade med detekteringen av sprickorna kopplas till konstruktionsförutsättningarna på ett lämpligt sätt.

Teknikutveckling KBS-3H

SSM bedömer att det återstår mycket utvecklings- och demonstrationsarbete innan SKB kommer att ha möjlighet att fatta ett internt beslut om man avser att fortsätta utvecklingsarbetet. Med hänvisning till att SKB:s ansökan om att få uppföra ett slutförvar för använt bränsle är baserat på referensutformningen KBS-3V tar SSM i nuläget inte ställning till SKB:s planer avseende utveckling av KBS-3H.

Forskning för analys av långsiktig säkerhet

Långtidsförsök i Äspölaboratoriet och säkerhetsanalys

Brytning av första etappen av prototypförvaret förväntas ske under 2011. SSM efterfrågar dock en fullständigare redovisning kring brytningen av samtliga långtidsförsök vid Äspö (Lot-, Mini CAN, prototypförvaret) och dess koppling till den stegvisa processen för uppförandet av ett kärnbränsleförvar vid Forsmark. Detta gäller dels tidsplanen för slutförande av befintliga försök, dels vilka mätningar som kommer att genomföras och hur denna information kan användas. Till detta kommer frågan om nya kompletterande försök behöver initieras för att hantera eventuella nya kunskapsluckor eller för att kompensera brister hos befintliga eller tidigare försök.

SSM har baserat på granskningserfarenheterna från SR-Can och SAR-08 inga invändningar mot de grundläggande komponenterna i SKB:s säkerhetsanalysmetodik. SSM vill dock särskilt omnämna behov av insatser inom säkerhetsanalysen för låg- och medelaktivt avfall. En hel del arbete återstår med att etablera redovisningen på den nivå som SKB:s egen metodik föreskriver.

Klimatutveckling

SSM ser positivt på SKB:s Greenland Analog Project (GAP) och ansträngningarna att förbättra den konceptuella förståelsen av hydrologi och hydrogeologi under glaciala förhållanden. SSM anser att studien som planeras för att överföra kunskapen till skandinaviska förhållanden är angelägen så att den framtagna informationen blir relevant för säkerhetsanalyserna för de planerade slutförvarsanläggningarna. Myndigheten menar att vidare studier kring den framtida erosionen vid Forsmark kan vara befogade beroende på hur SKB värderar effekter av en större glacial erosion i de kommande säkerhetsanalyserna.

Kortlivat låg- och medelaktivt avfall

SSM anser att SKB:s redovisning i avsnittet kortlivat låg- och medelaktivt avfall med indelningen i initialtillstånd och processer utgör en klar förbättring jämfört med tidigare Fud-program. SKB:s genomgång av avfallets initialtillstånd pekar tydligt på behovet av att SKB utvecklar acceptanskriterier för avfall som deponeras i SFR. Detta bör bland annat beaktas i ansökan om utbyggnad av förvaret. SSM ser positivt på SKB:s och kärnkraftsbolagens arbete för att förbättra metoderna för nuklidbestämning i avfallet och särskilt gällande organiskt C-14. Myndigheten anser vidare att SKB bör bevaka kunskapsutvecklingen när det gäller vattenupptag i jonbytare och avfallsmatris samt volymexpansion av cementingjutet avfall.

Såsom också påpekats i granskningen av tidigare Fud-program bör SKB utveckla en systematisk metod och modeller för att hantera inverkan av komplexbildning på sorption av radionuklider i slutförvaret. Slutligen vill SSM uppmärksamma SKB på att ytterligare insatser kan behövas när det gäller vätgasbildande korrosion av aluminium och bildning av kolloider.

Tekniska barriärer SFR

SSM ser positivt på den i jämförelse med tidigare Fud-program utökade och mera detaljerade redovisningen kring processer relevanta för SFR och SFL. Myndigheten konstaterar att ett flertal angelägna projekt har initierats som är av betydelse för att vidareutveckla säkerhetsanalysen för SFR och arbetet med kommande slutförvar som SFL. SSM anser dock att SKB:s program inte tydligt visar att alla synpunkter myndigheten framförde i samband med granskningen av SAR-08 har omhändertagits. SKB bör därför ta fasta på de detaljerade synpunkter som framförs i denna rapport.

SSM är positiv till SKB:s redovisade utveckling av konsekvensanalysmodeller. Myndigheten anser dock att redovisningen är för övergripande för att myndigheten ska kunna bedöma vad som kommer att uppnås. SSM anser vidare att SKB tydligare bör redovisa brister och osäkerheter i använda modeller och hur dessa kan omhändertas i och med modellutvecklingen. Därutöver anser myndigheten att SKB bör säkerställa tillgången till flera modellverktyg för att uppnå syftena i säkerhetsanalysen på bästa sätt.

Bränsle

SSM anser att SKB:s forskningsprogram kring bränslefrågor är ändamålsenligt och att betydelsefullt arbete har genomförts av SKB och i SKB:s samarbete med berörda aktörer i andra länder. SSM anser vidare att det finns anledning för SKB att se över redovisningen så att den blir mer systematisk.

SKB bör mer ingående redovisa egenskaperna av bränsletyper som föreligger i förhållandevis små mängder såsom MOX-bränsle, natururanbränsle från Ågestareaktorn och bränslerester från Studsvik. MOX-bränslets egenskaper kan exempelvis skilja sig avsevärt från UO₂-bränslets beträffande frigörelsen av vissa fissionsprodukter.

SSM anser vidare att SKB bör göra ytterligare insatser för att förbättra förståelsen av mekanismerna för vätgas inverkan på bränsleupplösningen. Om effekten av vattenradiolys inte kan försummas, kan en snabbare bränsleupplösning behöva förutsättas i säkerhetsanalysen. SKB bör ta fram en sammanhängande redovisning av experimentella data och

modelleringsresultat. SKB bör vidare utreda om det finns ett tröskelvärde för vätgaskoncentrationen för att förhindra vattenradiolys och om ett sådant i så fall kan överskridas även för fall med bufferterosion.

SSM anser att SKB tydligt bör redovisa metoden för utbränningskreditering och hur den har validerats. Metoder för utbränningskreditering har inte använts ännu i Sverige för kriticitetsberäkningar vid förvaring av bränsle. En uttömmande redovisning är en förutsättning för att myndigheten ska kunna bedöma metoden i framtida granskningar.

Kapsel

SSM anser att SKB bör fokusera arbetet med kapselns barriäregenskaper på kopparens kryp- och korrosionsegenskaper. SKB bör därvid utföra fortsatt arbete för att säkerställa vilken inverkan fosfor och svavel har på kopparens krypegenskaper. SKB bör därutöver visa att fosfordopad koppar har ett duktilt beteende även vid mycket långa kryptider.

SSM anser vidare att SKB bör genomföra ytterligare forskning kring kopparkorrosion i syrefritt vatten som är representativt för slutförvarsmiljön. Syftet bör vara att öka förståelsen för korrosionsmekanismer, kvantifiera korrosionshastigheter representativa för slutförvarsmiljön samt verifiera den korrosionsmodell som SKB använder i säkerhetsanalysen.

SSM anser att SKB även bör utreda kopparkorrosion för betingelserna innan full mättnadsgrad har uppnåtts i bufferten. I Fud-program 2010 redovisas att återmättnad av buffert kan ta upp till 1200 år. Ytterligare studier bör genomföras för att utreda miljön i närheten av kapseln under denna tidsperiod och dess påverkan på kopparkorrosion.

Nya experimentella resultat visar att svavel verkar diffundera in i syrefri koppar (så kallad OFP koppar) korngränser och bilda utskiljningar innehållande främst koppar och svavel, då OFP koppar exponeras för artificiellt grundvatten innehållande sulfid vid rumstemperatur. SKB bör identifiera och beskriva den bakomliggande mekanismen som för närvarande inte är känd. Dessutom bör SKB utreda inverkan på såväl mekaniska egenskaper som korrosionsegenskaper av dessa inre utskiljningar av partiklar innehållande svavel och koppar i OFP koppar.

Buffert och återfyllning

SSM anser att SKB bör förbättra förståelsen av mekanismerna bakom så kallad piping och erosion av bufferten och i samband med detta komplettera laboratorieförsöken med teoretiska studier.

SSM anser vidare att SKB bör fortsätta studierna kring buffererosion och sträva efter att förbättra processförståelsen. SKB bör vidare utveckla modelleringen av kemisk erosion mot mer realistiska system. SKB bör därutöver ytterligare studera inverkan av buffererosion på buffertens långsiktiga säkerhet.

SSM anser att SKB bör studera växelverkan mellan korrosionsprodukter från kopparkapseln och bentonitbufferten. SKB bör även utreda korrosionsprodukternas inverkan på buffertens långsiktiga geokemiska, kolloidkemiska samt geomekaniska egenskaper.

SSM anser att SKB bör utreda gastransport genom en delvis eller helt eroderad buffert.

Geosfär

SSM anser att SKB har kommit långt i utvecklingen av modeller för diskreta spricknätverk och valideringen mot håll-, borrhål- samt tunneldata. SKB bör dock göra fortsatta ansträngningar inom området bergmekanik och kopplade processer. I modellerna för bergmassans beteende i slutförvarets närområde bör SKB eftersträva att kvantifiera inverkan av realistiska sprickgeometrier på tillstånd och processer relevanta för slutförvarets långsiktiga säkerhet. Detta bör innefatta simuleringar av möjliga förändringar av spricknätverken på grund av sprickpropagering och sammanlänkning av sprickor och beakta alla relevanta belastningsfall.

SKB bör genomföra ytterligare insatser för att belysa och försöka minska osäkerheter i mätdata och konceptuella modeller kopplade till bergspänningsmodellen i Forsmark. Dessa osäkerheter kan inverka på spjälknings- och jordskalvsanalyser samt konceptet respektavstånd från deformationszoner. SKB bör eftersträva en koppling mellan bergspänningsmodellerna på förvarsskala och regional skala samt modellerna för förkastningsstabilitet under en glaciationscykel.

SKB bör genomföra ytterligare arbete med jordskalvs inverkan på slutförvaret och dess långsiktiga säkerhet. Viktiga frågor är hur representativa jordskalv med magnitud sex är för större skalv, sannolikhetsfördelningen för stora skalv, sannolikheten för mindre skalv att ge upphov till skjuvrörelser, ackumulerade skjuvrörelser och förståelsen av inverkan av regionala zoner. I nästa Fud-program bör kopplingen mellan insatser kring det så kallade respektavståndet och jordskalvsfrågor redovisas.

SSM anser att SKB:s program avseende grundvattenströmning generellt sett är ändamålsenligt och framför ett antal detaljerade synpunkter kopplade till den fortsatta verksamheten inom området.

Yttnära ekosystem

Tidigare säkerhetsanalyser för förvar av låg- och medelaktivt avfall visar att C-14 är den radionuklid som dominerar den beräknade dosen till människa. SSM anser att SKB inför ansökan om att bygga ut SFR bör genomföra mer omfattande studier om doser i samband med C-14 läckage än vad som framgår av Fud-program 2010.

Alternativa metoder separation och transmutation

SSM tillstyrker att SKB även fortsättningsvis satsar medel på separation och transmutation i enligt med vad som föreslås i Fud-program 2010. Detta är enligt SSMs uppfattning motiverat inte minst med hänsyn till områdets betydelse för att bibehålla en tillräckligt hög nivå på forskning och utbildning inom teknikområden av central betydelse för hantering och slutförvaring av kärnämne och kärnbränsle. Dessutom är detta nödvändigt för att uppfylla kärntekniklagens krav på allsidighet i SKB:s program.

Alternativa metoder djupa borrhål

SSM bedömer att SKB:s redovisning om saltvattnets stabilitet på stora djup inte motsvarar myndighetens förväntningar som återspeglades i SSM:s granskningsrapport rörande kompletteringen till Fud-program 2007. SKB bedömer att en utförligare analys av grundvattnets stabilitet endast kan genomföras i kvalitativa termer. SSM anser däremot att SKB ytterligare bör studera osäkerheter i samband med saltvattnets stabilitet på stora djup. SKB redovisar att en fördjupad expertbedömning kring genomförbarheten av deponering i djupa borrhål kommer att presenteras i ansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle. SSM kommer att i prövningen av ansökan om ett slutförvar för använt kärnbränsle ta ställning till om den presenterade redovisningen av alternativa metoder i ansökan är tillräcklig för att kunna bedöma metodvalsfrågan.

Samhällsvetenskaplig forskning

SSM anser att det är positivt att SKB bedriver samhällsvetenskaplig forskning inom ramen för sitt kärnbränsleprogram. Forskningen ger en ökad förståelse för den ekonomiska och sociala dimensionen av slutförvaret och bidrar därmed till en helhetsbild av slutförvarsprocessen.

Myndigheten anser dock att SKB tydligare bör redogöra för vilken roll det samhällsvetenskapliga forskningsprogrammet har i förhållande till SKB:s övriga verksamhet inom ramen för kärnbränsleprogrammet, och vilken nytta SKB har och har haft av den samhällsvetenskapliga forskningen.

1. Inledning

1.1. Allmänt om programmet

Enligt kärntekniklagens 12 § ska den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftsreaktor i samråd med övriga reaktorinnehavare upprätta eller låta upprätta ett program för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som behövs för säker hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle samt säker avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar (Fud-program). Programmet ska dels innehålla en översikt över samtliga åtgärder som kan bli behövliga, dels närmare ange de åtgärder som avses bli vidtagna inom en tidrymd om minst sex år. Programmet ska vart tredje år insändas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer för att granskas och utvärderas. I samband med granskningen och utvärderingen får sådana villkor ställas upp som behövs avseende den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten.

Reaktorinnehavarna har uppdragit åt SKB att upprätta Fud-programmen. Dessa ska i enlighet med kärnteknikförordningen lämnas in till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) för granskning och utvärdering i september vart tredje år. SSM ska enligt samma förordning genomföra en granskning och utvärdering av programmet i fråga om planerad forsknings- och utvecklingsverksamhet, redovisade forskningsresultat, alternativa hanterings- och förvaringsmetoder samt de åtgärder som avses bli vidtagna. Myndigheten ska lämna sitt yttrande över programmet och handlingarna i ärendet till regeringen.

Regeringen fann vid sitt beslut den 20 november 2008 att Fud-program 2007 uppfyllde kärntekniklagens krav och ställde ett antal villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten. Villkoren gällde kompletteringar av redovisningarna avseende slutförvaret för långlivat avfall (SFL), slutförvaret för låg- och medelaktivt avfall (SFR), rivning samt alternativa slutförvaringsmetoder. Kompletteringen begärdes till SSM senast den 31 mars 2009.

SKB inkom med begärd komplettering till SSM den 27 mars 2009. SSM lämnade ärendet med sitt yttrande till regeringen den 20 oktober 2009. Vid granskningen fann SSM att kompletteringarna inte fullt ut motsvarade myndighetens förväntningar inom vissa områden. Eftersom ytterligare kompletteringar som skulle ha krävts för ett godkännande hade sammanfallit med SKB:s redovisning av Fud-program 2010 gjorde SSM bedömningen att de ytterligare kompletteringarna skulle ske inom ramen för Fud-program

2010. För att klargöra myndighetens förväntningar på Fud-program 2010 höll SSM tre möten med reaktorinnehavarna och SKB. Regeringen instämde i SSM:s bedömning i sitt beslut den 10 december 2009 och la kompletteringen av Fud-program 2007 till handlingarna.

SKB:s program för forskning utveckling och demonstration och de övriga åtgärder som behövs för säker hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle samt säker avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar har pågått sedan slutet av 1970-talet. De större hållpunkterna är för närvarande att SKB lämnar in ansökningar för slutförvarssystemet för använt kärnbränsle till myndigheten och miljödomstolen i mars 2011. Därutöver innefattar SKB:s planer för hantering av låg- och medelaktivt avfall (Loma) en ansökan för utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) år 2013 samt en ansökan om ett slutförvar för långlivat låg och medelaktivt avfall (SFL) kring 2030. Rivningen av Barsebäcks reaktorer planeras kunna påbörjas 2020. Rivningen av Ågesta kraftvärmereaktor planeras tidigast 2020 då gällande miljötillstånd går ut. De andra befintliga reaktorerna planerar man driva 40 till 60 år vilket innebär att rivningarna planeras ske under perioden 2020 till 2050.

1.2. SSM:s beredning av ärendet

SKB lämnade den 29 september till SSM in Fud-program 2010, program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall. SSM skickade ut programmet på en bred remiss (se avsnitt 1.2.2). Myndigheten fastställde en granskningsplan som innebär att ärendet i stort sett har behandlats som vid tidigare Fud-granskningar som bereddes av dåvarande Statens kärnkraftinspektion (SKI).

I och med sammanläggningen av SKI och tidigare Statens strålskyddsinstitut (SSI) till SSM har strålskyddsaspekter behandlats av den beredande myndigheten i stället för som tidigare av SSI som remissinstans. Detta har medfört en bredare granskningsorganisation som har gett möjlighet till en bättre avstämning mellan säkerhets- och strålskyddsaspekter.

Utgångspunkterna för granskningen har varit tillämpliga krav i kärntekniklagen och kärnteknikförordningen samt de tidigare regeringsbesluten om Fud-programmen och besluten om Fud-program 2007 och dess komplettering i synnerhet.

Beslut om SSM:s yttrande har tagits av generaldirektören efter beredning inom avdelningen för radioaktiva ämnen. Synpunkter har inhämtats från myndighetens nämnd för frågor om radioaktivt avfall och använt kärnbränsle

(Avfallsnämnden). Myndigheten överlämnar yttrandet till regeringen, denna granskningsrapport, SKB:s redovisning och handlingarna i ärendet.

1.2.1. Avgränsning av granskning av Fud-program 2010 och ansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle

Fud-program 2010 lämnades till myndigheten i september 2010 och en ansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle lämnas in till myndigheten i mitten av mars 2011. Det har därmed uppstått ett överlapp mellan granskningen av dessa två redovisningar. I praktiken har dock myndighetens beredning av Fud-ärendet avslutats innan myndigheten tagit del av ansökan.

Myndighetens utgångspunkt vid bedömningen av Fud-programmet har varit kraven i kärntekniklagen. Detta leder till slutsatsen att Fud-programmet ska stå för sig självt med hänsyn till ansökan. Kraven som ställs på en ansökan är i grunden olika de krav som ställs på en Fud-redovisning. Slutsatsen blir därmed att en ansökan ska vara fullständig och stå för sig själv med hänsyn till Fud-programmet. Grundprincipen är att myndigheten i varje enskilt fall ska göra bedömningar mot samtliga relevanta krav, och detta gäller oavsett det faktum att Fud-redovisning och ansökan delvis innefattar samma dokumentation.

Myndigheten har granskat Fud-program 2010 på samma sätt som tidigare program. En skillnad har dock varit att SKB i många fall har redovisat forskningen under senaste Fud-perioden med referens till underlag som inte har funnits tillgänglig under den aktuella granskningen, framförallt underlag till säkerhetsanalysen SR-Site. SSM har i dessa fall endast kunna bedöma redovisningen i själva Fud-programmet och inte utifrån den underliggande dokumentationen. På grund av detta har SSM inte alltid kunna ta ställning till om det program som SKB beskriver är ändamålsenligt på alla punkter. SSM har valt att inte spekulera i vad ansökan kan komma att innehålla utan har bedömt programmet utifrån den tillgängliga informationen och med tanke på att SKB:s forskning, utveckling och demonstration fortsätter även efter att ansökan har lämnats in. Det kan därmed hända att ny information som framkommer i ansökan tar hand om vissa av myndighetens synpunkter i denna granskning. Men det är också troligt att myndigheten kommer att ha ytterligare synpunkter på ansökan som kan behöva tas om hand av SKB inom ramen för ansökansförandet eller i kommande Fud-program. Det är således tänkbart att myndigheten kan komma att ändra uppfattning i vissa frågor i samband med granskningen av ansökan i förhållande till Fud-granskningen.

1.2.2. Remisshantering

SSM har sänt SKB:s Fud-program 2010 på remiss till ca 70 remissinstanser bestående av myndigheter, kommuner, universitet och högskolor, miljöorganisationer och andra föreningar. SSM önskade svar på remissen senast den 31 december 2010. I slutet på oktober 2010 höll SSM ett möte för remissinstanserna där SKB redogjorde för innehållet i Fud-program 2010 och SSM pekade på frågor som remissinstanserna kunde beakta vid läsning av programmet. Fyrtioen remissinstanser har inkommit med svar varav 16 har avstått att yttra sig eller inte har lämnat några synpunkter på programmet. Övriga remissinstanser har inte återkommit med svar.

Myndigheten redogör i denna rapport för remissynpunkterna under de avsnitt som synpunkterna berör. I tre fall har SSM haft svårt att ta ställning till det inlämnade materialet eftersom det inte har framgått hur det i detalj ska tolkas i förhållande till myndighetens granskning av Fud-program 2010. Detta material har inte inarbetats i denna rapport men har liksom allt annat remissmaterial bilagts yttrandet till regeringen i sin helhet. Dokumenten det handlar om är en konsultrapport från Greenpeace in Nordic, Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) bilagor 1 och 2 samt Östhammars kommuns bilagor 1 till 3. Övrig dokumentation organisationerna har översänt har inarbetats i denna rapport.

Östhammars kommun har bifogat sitt yttrande två rapporter från konsulter som kommunen har anlitat. I konsulten Pereiras rapport framgår att synpunkterna är författarnas egna och inte nödvändigtvis överensstämmer med kommunens och i konsulten Roos rapport framgår att de granskningssynpunkter som redovisas i rapporten kan användas som underlag för kommunens yttrande över Fud-program 2010 till SSM. Myndigheten har därför valt att ange att synpunkterna har framförts av Östhammars kommuns konsulter i redovisningarna av remissynpunkterna.

Remissvaret som Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) har lämnat till SSM stöds av Opinionsgruppen för säkert slutförvar i Östhammar (OSS), Naturskyddsföreningen i Uppsala län, Naturskyddsförbundet i Kalmar län och Fältbiologerna.

Remissinstanserna har tillfört granskningen betydelsefulla synpunkter. SSM har i bedömningarna i de olika avsnitten av denna rapport tagit tillvara och refererat till remissynpunkterna som har ansetts tillföra bedömningen väsentlig information. Övriga remissynpunkter har inte kommenterats men likväl listats under remissinstansernas synpunkter för att läsaren ska kunna ta del av hela remissbilden.

1.3. Granskningsrapportens struktur

SSM:s övergripande synpunkter på SKB:s program behandlas i nästa avsnitt. Efterföljande avsnitt följer i stora drag strukturen på SKB:s redovisning med myndighetens synpunkter på SKB:s övergripande handlingsplan, Loma-programmet, kärnbränsleprogrammet, forskning för analys av långsiktig säkerhet och samhällsvetenskaplig forskning.

I avsnitten som innehåller sakgranskningen är redovisningen uppdelad i rubrikerna SKB:s redovisning, remissinstansernas synpunkter och SSM:s bedömning. I fall där remissinstanserna inte har yttrat något som berör avsnittet har rubriken utelämnats.

2. Övergripande synpunkter på SKB:s program

2.1. SKB:s hantering av kvarstående frågor från kompletteringen av Fud-program 2007

SSM bedömde i sitt beslut den 29 oktober att SKB:s komplettering av Fud-program 2007 i vissa avseenden inte motsvarade förväntningarna som hade framförts i regeringens beslut beträffande Fud-program 2007. SSM föreslog att SKB och tillståndshavarna i Fud-program 2010 skulle inkludera de påpekanden som framfördes i myndighetens granskningsrapport och som hade bedömts vara särskilt viktiga att ta med i programmet. Myndigheten överlämnade därmed kompletteringen till Fud-program 2007 till regeringen utan att ytterligare kompletteringar hade begärts. Regeringen instämde i myndighetens bedömning i sitt beslut den 10 december 2009.

SSM har i och med beredningen av Fud-program 2010 granskat SKB:s redovisning som relaterar till de påpekanden som myndigheten föreslog skulle inkluderas i detta program. Detaljerade synpunkter gällande programmet för hantering av kortlivat radioaktivt avfall återfinns i avsnitt 4.2. SSM:s bedömning av programmet för hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall behandlas i avsnitt 4.3. Frågorna kopplade till avveckling och rivning bedöms i avsnitt 4.4 och frågorna kring alternativa metoder i avsnitt 7.

2.2. Samråd

I enlighet med regeringens beslut 20 november 2008 har fortsatta samråd om platsundersökningsskedet hållits mellan SKB och SSM. SKI föreslog i yttrandet till regeringen om Fud-program 2007 att ett antal områden skulle behandlas i samrådet. Dessa var kopplade till ansökan om ett slutförvar för använt kärnbränsle och var närmare bestämt metodik och kriterier för platsval, långtidsförsök i Äspö, säkerhetsanalysen och SKB:s handlingsplan. Förutom långtidsförsök i Äspö anser SSM att frågorna har behandlats inom samrådet. Det avslutande samrådsmötet hölls i oktober 2010.

2.3. Planer för demonstration av deponering

SSM saknar i Fud-program 2010 en redovisning av SKB:s planer för en demonstration av deponeringen och kunskapsinhämtning kring de initiala skedena innan förslutningen av slutförvarsanläggningen. Syftet med sådana insatser skulle kunna vara att bekräfta att slutförvarets initialtillstånd motsvarar det som antagits i säkerhetsanalysen. Dessa skeden ligger långt fram i tiden, men SSM anser att SKB bör förtydliga sina överväganden till Fud-program 2013 eftersom frågan även knyter an till myndighetens synpunkter kring långtidsförsök i Äspö i avsnittet 6.1 översikt – forskning för analys av långsiktig säkerhet.

2.4. Struktur och innehåll i SKB:s redovisning

SKB:s redovisning

Fud-program 2010 är uppdelad i fem delar med I) övergripande handlingsplan, II) Loma-programmet, III) kärnbränsleprogrammet, IV) forskning för analys av långsiktig säkerhet och V) samhällsvetenskaplig forskning. Redovisningen av Loma programmet är uppdelat i handlingsplanen, hantering av kort- och långlivat avfall och ansvar och planering för avveckling och rivning. I delen kärnbränsleprogrammet behandlas teknikutvecklingsfrågor rörande de olika tekniska barriärerna i slutförvaret. I forskning för analys av långsiktig säkerhet behandlas SFR och dess avfallsströmmar, kärnbränsleförvarets olika barriärer samt ytnära ekosystem. Redovisningen av alternativa metoder ligger också i denna del. SKB:s redovisning uppdelas genomgående i slutsatser i Fud-program 2007 och dess granskning, nyvunnen kunskap sedan Fud-program 2007 samt slutligen SKB:s program för den fortsatta forsknings- utvecklings och demonstrationsverksamheten. I del IV) indelas kapitlen i redovisning i samband med initialtillståndet och processerna i berört system.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet konstaterar att Fud-programmet är mycket gediget och omfattande och att det är närmast en orimlighet att gå igenom ett så omfattande material. Ett sådant omfattande material skulle pedagogiskt tjäna på om man tydligt beskrev aktuella problemställningar dvs. vad som har hänt sedan förra Fud-programmet och hur man kommer att sätta in resurser för att lösa de aktuella problemställningarna. Dessa aktuella och ur SKB:s synvinkel viktiga problemställningar med tydligt redovisade program skulle klart underlätta ett aktivt remissförfarande.

Chalmers tekniska högskola (CTH) noterar att SKB sedan länge har en genomtänkt och utvärderad plan för slutförvaret, där en mångfald

forskningsfrågor och databehov för säkerhetsanalysen hanteras. Detta avspeglas i Fud-program 2010. Högskolan framför att utgående från egna tillgängliga resurser låter det sig inte göras att ge kommentarer till samtliga delar i programmet utan CTH har valt att ge vissa generella synpunkter på programmet.

Stockholms universitets Naturvetenskapliga fakultet tillstyrker SKB:s föreslagna Fud-program 2010 och anser att det är väl genomtänkt och genomarbetat.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) konstaterar att SKB:s Fud-program 2010 är generellt sett väl sammansatt, av god kvalitet och med en tydlig struktur. SGU har bedömt de delar av Fud-rapporten som rör den geologiska sfären.

Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) konstaterar att Fud-rapporten återigen är en imponerande genomgång på nästan 500 sidor (plus mängder av referenser och forskningsrapporter) av planer, teknikutveckling, säkerhetsanalys och forskning. En stor del är också en återblick på vad som gåtts igenom i tidigare Fud-rapporter för att ge en kontinuitet av framställningen men också en sammanfattning av den forskning och utredning som gjorts sedan den åttonde rapporten 2007 (inklusive kompletteringen 2009). Utöver synpunkter som FOI meddelat i tidigare Fud-remitter har egentligen inga frågor nu framkommit som motiverar ett särskilt yttrande från FOI.

Östhammars kommun framhåller att Fud-rapporterna har utvecklats över tid till att bli mer och mer tillgängliga för gemene man. Dock framstår t.ex. geosfärsavsnittet som något som är svårbegripligt.

SSM:s bedömning

SSM anser att strukturen på SKB:s redovisning är tydlig och i stort sett ändamålsenlig. SSM noterar att SKB har utvecklat redovisningen av Loma-programmet i del II) och har redovisat aspekter av långsiktiga säkerheten för Loma i del IV).

I granskningen av Fud-program 2007 efterlyste SKI en förbättrad redovisning av kopplingar mellan processer i förvaret som påverkar radionuklidtransport, buffererosion och kopparkorrosion. SSM anser att en förbättring skett i nuvarande program. Indelningen av delkapitel i del IV) i initialtillstånd och en rad processer för de olika barriärerna medför dock fortfarande att hanteringen av olika områden splittras mellan olika avsnitt. En samlad värdering av SKB:s prioritering av de olika forskningsbehoven försvåras därmed. Ett exempel är radionuklidtransport som avhandlas i ett

eget delkapitel men som även finns med i andra beskrivningar av processer och olika barriärer. Myndigheten är medveten om att vilken indelning som än väljs så uppstår liknande problem och vill därför uppmana SKB att i framtida redovisningar förvissa sig om att motiven till prioriteringarna är tydliga samt att redovisningarna i olika delarna av programmet hänvisar till varandra och är samstämmiga.

SSM noterar att SKB:s redovisningar under rubrikerna program i vissa fall saknar konkreta planer för fortsatt arbete. Två exempel är programmen under kapitel 15.5.2 Berguttag där endast en rad exempel på *möjliga* teknikutvecklingsprojekt ges och kapitel 25.3.3 Integrerad modellering – hydrogeokemisk utveckling där *möjliga* vägar för att komma vidare i utvecklingen beskrivs. SSM anser att innehållet i SKB:s framtida Fud-program bör vara konkret och specifikt. Om så inte är möjligt bör de specifika omständigheter som ligger bakom redovisas.

2.5. Nuläget i Fud-arbetet och frågor kring ansökan för slutförvaret för använt kärnbränsle

SKB:s redovisning

SKB anser sig nu ha en tillräcklig vetenskaplig och teknisk kunskapsbas för att kunna lämna in ansökningarna för slutförvaret för använt kärnbränsle och att metodiken för analys av den långsiktiga säkerheten är långt utvecklad. SKB redovisar vidare att teknikutvecklingen nu har nått så långt att det finns genomförbara tekniska lösningar för slutförvarets olika delar. SKB framhåller att det genom demonstrationer i full skala vid SKB:s laboratorier har visats att SKB klarar de olika stegen från att tillverka och deponera kapslar till att försluta tunnlar.

Remissinstansernas synpunkter

Miljörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Törnqvist konstaterar att det program företaget här redovisar inte bekräftar vare sig påståendet om ”en tillräcklig vetenskaplig och teknisk kunskapsbas” eller att man har ”genomförbara tekniska lösningar för slutförvarets olika delar” med hänvisning till tabellerna 17-1 och 17-2 i Fud-programmet. Törnqvist anser vidare att till de områden som kommer att kräva stora insatser hör exempelvis de frågor som rör korrosion av kopparkapseln och det frågekomplex som berör bentonitens funktion i buffert och återfyllning, dvs. vetenskapliga och tekniska kunskapsluckor och problem som har en helt avgörande betydelse för de barriärfunktioner på vilka KBS-konceptets hela idé vilar.

Milkas representant Hultén konstaterar att mycket har gjorts och att mycket arbete återstår. Hultén frågar sig om projektet egentligen är moget för en prövning i miljödomstolen och konstaterar samtidigt att visst har många år gått och mycket pengar satsats, men ”bevisningen” avseende flera centrala aspekter – de tekniska barriärerna (bentoniten, kopparkapseln), och grundvattnets uppförande bergets i Forsmark, osäkerheten om ett förvar vid 450 meters djup klarar en istid, m.m., m.m. – är ännu outvecklad.

Miljövänner för kärnkraft framhåller det stora förtroende som inges av SKB:s framtagna metoder för hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle och att detta även gäller det framlagda Fud-programmet.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) konstaterar under rubriken avslutande synpunkter i sitt yttrande att de är oroad över läget vad gäller svensk forskning om kärnavfall.

Oskarshamns kommun framhåller att det av SKB presenterade Fud-program 2010 håller hög kvalitet men att flera frågor kvarstår bl.a. rörande korrosion av kapseln och erosion av bentonitbufferten. Kommunens uppfattning är att SKB måste lösa dessa frågor på ett förtroendeingivande sätt för att ytterligare öka tilliten hos kommunens invånare för beslutsprocessen.

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) anser att vid SKB:s ansökan 2011 om slutförvar av kärnavfall måste samtliga ingående anläggningsdelar som avser nuvarande kärnkraftsprogram vara klara och redovisade.

Östhammars kommun konstaterar att SKB har varit tydlig med att man vill se Fud-programmet och ansökningshandlingarna för t.ex. ett slutförvar för använt kärnbränsle som två dokument ”som lever sina egna liv” (SKB:s presentation av Fud-program 2010 för SSM 22 oktober 2010). Dock konstaterar kommunen att de är tätt sammanflätade med varandra eftersom det ofta hänvisas till SR-Site i Fud-program 2010. Detta gör enligt kommunens uppfattning Fud-program 2010 ofullständigt eftersom SR-Site är ett av de tyngsta dokumenten i den ansökan som ska lämnas in och som fortfarande inte är publicerad. Säkerhetsanalyserna är även för kommunen och allmänheten väldigt viktiga dokument att ta ställning till, vilket även har påpekats i samband med granskningen av den preliminära MKB:n. Östhammars kommun kan se att en liknande problematik kommer att uppstå vid Fud-program 2013 eftersom SKB:s har ambitioner att lämna in en ansökan för utbyggnad av SFR 2013.

Kommunen noterar även att i Fud-program 2010 nämns ett antal projekt som inte är slutredovisade (men inte ingår i framtida program). Kommunen frågar sig om något/några av dessa projekt kommer att ha avgörande påverkan på

den långsiktiga säkerheten i Forsmark. En sammanställning av pågående men ej avslutade projekt är enligt kommunen önskvärd.

Östhammars kommun och Lokala säkerhetsnämnden undrar över hur mycket som får återstå vid inlämnandet av ansökan om att få bygga ett slutförvar, vilka är de kända osäkerheterna, och framför allt hur stora osäkerheter kan accepteras av myndigheterna. Kommunen och Lokala säkerhetsnämnden frågar sig om det är möjligt att visa att ett slutförvar för använt kärnbränsle är säkert när viktig information, kunskap och forsknings-resultat kvarstår att slutrapportera efter att ansökan lämnats in till miljödomstol och SSM. Ett sådant osäkerhetsmoment är korrosionsprojekten för koppar. Östhammars kommun finns med i SKB:s referensgrupp och följer frågan. Kommunen följer också det arbete i korrosionsfrågan som bedrivs på SSM.

SSM:s bedömning

SSM tar i granskningen av Fud-programmet inte ställning till om nivå på teknikutveckling och kvalitet på säkerhetsanalysarbete motsvarar de krav lagar och föreskrifter ställer på ansökningarna för slutförvarssystemet. Denna bedömning sker i prövningen av ansökan där SKB behöver redovisa ett tillräckligt underlag för att myndigheten ska kunna göra denna bedömning. Om SSM skulle finna att underlaget inte motsvarar kraven kan myndigheten begära kompletterande redovisningar. Om regeringen skulle tillstyrka ansökan kan myndigheten även föreslå villkor för tillstånden. För frågor kring överlapp mellan granskningen av Fud-programmet och ansökningar se även redovisningen under kapitlet om avgränsningar mellan granskningen av Fud-programmet och ansökningarna för slutförvarssystemet i avsnitt 1.2.1.

2.6. Remissinstansernas allmänna synpunkter på Fud-processen och SKB:s arbete

Aktionsgruppen för ett atomkraftsfritt Åland och Ålands natur och miljö r.f. har den generella synpunkten att de anser att höstens erfarenheter (att SKB dolt en del kritiska interna rapporter) visar att man inte kan lita på att SKB publicerar samtliga forskningsresultat, vilket inte är tillräckligt för att allmänheten ska kunna ha förtroende för systemet. Föreningen anser därför att regeringen och myndigheten borde ställa ett formellt krav på SKB, genom ett villkor i Fud- processen, att all forskning kring hantering och slutförvaring av kärnavfall ska publiceras. I detta ska ingå resultat från all forskning och alla försök som görs av SKB eller av forskare eller konsulter på deras uppdrag. Vidare ska detta material inkludera inte bara SKB:s slutsatser utan alla de interna rapporter och alla rådata från de försök som slutsatserna är baserade på. Detta anser föreningen är nödvändigt för att samhället ska kunna ha förtroende för den fortsatta forsknings- och

utvecklingsverksamheten samt för att försäkra sig om att bästa resultat uppnås.

I Chalmers remissvar till Fud-program 2007 påpekades att inte bara tekniska och ekonomiska intressen utan även politiska intressen kan komma att förändra förutsättningarna för innehållet i slutförvaret i en framtid. Den stora energitillgång som finns här kan på sikt vara av stort ekonomiskt intresse. Beslutet att inte upparbeta bränslet togs för 30 år sedan med avsikt att förhindra spridning av klyvbart material. Samtidigt förlägger man på detta sätt en stor potentiell energiresurs till ett avfallsförvar.

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, konstaterar att de brister Milkas tre skribenter Törnqvist, Hultén och Mörner pekar på i sina remissvar ytterligare understryker Milkas tidigare krav på från kärnkraftsindustrin oberoende forskning.

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Törnqvist konstaterar att SKB inte så lättvindigt kan utesluta andra scenarier än de som SKB redovisar i Fud-programmet. Dels kan man enligt Törnqvist tänka sig att man antingen mitt under det 60-75 år långa driftskedet gör upptäckter som klart visar att metoden har så allvarliga brister i avseende på den långsiktiga säkerheten, att verksamheten måste avbrytas och alla kapslar, kanske tusentals som redan deponerats måste återtas, dels kan man tänka sig ett scenario, även det efter långt framskriden drift, där utvecklingen inom separations- och transmutationstekniken utvecklats så långt och energipolitiken tagit en sådan riktning att en allt starkare opinion kräver att deponeringen avbryts och att såväl det deponerade bränslet som det som ligger kvar i mellanförvar i stället utnyttjas som energiresurs.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) framför i de två första delarna av sitt yttrande övergripande frågor som rör den svenska modellen för hantering och slutförvaring av kärnavfall. Föreningarna anser att regeringsbeslutet om Fud-2010 skulle kunna inleda en förändring av denna modell. Vidare framhåller föreningarna att SSM:s möjlighet att löpande granska kärnkraftsindustrins slutförvarsarbete måste förstärkas. Föreningarna menar också att industrins arbete med medel ur kärnavfallsfonden måste organiseras så att full offentlighet av verksamheten möjliggörs.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att den från SKB fristående forskningsverksamheten kraftigt bör förstärkas med medel ur kärnavfallsfonden.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att frågeställningar om återtagbarhet hanteras i avsnitt 2.3.3, s. 48 i Fud-programmet. I övrigt finns mycket lite annat än att frågan omnämns vid genomgång av andras rapporter om djupa borrhål (s. 393) och i beskrivningar av den samhällsvetenskapliga forskningen (s. 411). Med tanke på begreppets aktualitet, t.ex. med ett eget avsnitt i Kärnavfallsrådets senaste lägesrapport i februari, borde SKB ha större fokus på forskning inom detta område. Det återtagbarhetsförsök som genomförts i Äspölaboratoriet saknar värde annat än om kapslar ska tas upp om några tusen år. Upptaget gjordes inte med fjärrstyrning med ett antagande att kapseln ger stora stråldoser.

Föreningarna har i sitt yttrande vidare lyft frågor på övergripande ansvarsnivå och frågor som rör SKB:s sätt att arbeta med forskning. Återkommande är att föreningarna inte längre har tillit till de forskningsresultat som bolaget offentliggör från den slutna värld som har blivit bolagets forsknings verksamhet.

Föreningarna anser därutöver att det måste till en förändring av hur svensk kärnavfallsforskning organiseras och ber SSM reflektera över detta inför framtagande av myndighetens yttrande till regeringen. Föreningarna vill även att regeringen i sitt ställningstagande över forskningsprogrammet Fud-program 2010 analyserar dessa viktiga frågor.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att SKB bör ha en mer omfattande forskning av olika möjligheter för mellanlagring om inte KBS-systemet kan genomföras. Exempelvis bör långsiktig torrlagring undersökas som en del av nollalternativet.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) är sammanfattningsvis inte imponerade av vetenskapligheten i SKB:s forsknings-, utrednings- och utvecklingsarbete. De brister i vetenskaplighet som framkommit om kopparkorrosion visar på en grundläggande problemställning rörande SKB:s forskningsarbete och dess vetenskaplighet.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk framhåller att det är av vikt att analyser och övrigt tekniskt underlag som presenteras i Fud-programmet är tillgängligt och begripligt för olika grupper i samhället. Vidare är tillsynsmyndighetens oberoende roll och tillgång till resurser av stor vikt. Tillräckliga resurser måste tilldelas SSM för granskning av hela slutförvarssystemet.

SERO ansluter sig till MKG:s syn på samhällets djupare engagemang i slutförvarsprocessen. Ett projekt som berör alla samhällsmedborgare och samtidigt betalas av alla elkonsumenter kan inte enbart överlåtas till föreningen utan att den betalande parten har full insyn, kontroll och medverkan i projektet. Alla kompetenta samhällsinstitutioner måste enligt SERO engageras i ett projekt som har en påverkan på framtida generationer som ingen idag kan överblicka. Att i ett sådant läge överlåta hela processen till marknaden med begränsad samhällskontroll är enligt SERO:s uppfattning oansvarigt.

Östhammars kommun liksom Lokala säkerhetsnämnden vill lyfta frågan om ansvaret för avfallet efter förslutning som ett exempel på en trovärdighetsfråga. Kommunen frågar om det finns det skäl att överväga en tidsbegränsning inför förslutning efter avslutad deponering, så att förvaret inte riskerar att bli ett permanent mellanlager istället för ett slutförvar. Förslutningsfrågan kanske blir svårare till sin natur om avfallet i något skede börjar betraktas som en resurs. Kommun och säkerhetsnämnd undrar över vem som äger resursen och vem beslutar om användandet.

2.7. Lokaliseringen av slutförvaret för använt kärnbränsle

Remissinstansernas synpunkter

Aktionsgruppen för ett atomkraftsfritt Åland och Ålands natur och miljö r.f. konstaterar att när man tagit upp frågan med SKB om samlokalisering av slutförvaret (inkluderat mellanlagret och inkapslingsanläggningen) med befintliga kärnkraftverk har man inte fått något som helst intryck av att potentiella problem eller risker med detta har utretts. Föreningen anser att SKB bör utreda risker och konsekvenser av samlokalisering av avfallsanläggningar med kärnkraftverk, inklusive konsekvenser för avfallsanläggningen vid en eventuell olycka vid intilliggande kärnkraftverk. Detta gäller för alla planerade anläggningar för hantering av använt kärnbränsle, men särskilt för Clab som kräver elektricitet och aktivt underhåll för att uppfylla säkerhetsfunktionerna.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) konstaterar att det helt saknas en plan för fortsatt forskning för andra lokaliseringsfrågor än storregional grundvattenströmning, t.ex. frågan om risker med samlokalisering med kärnkraftreaktorer. Frågan om hur en kärnkraftsolycka kan påverka drift av ett näraliggande slutförvar behöver utredas ytterligare.

SSM:s bedömning

SSM kommer vid prövningen av ansökningarna för slutförvarssystemet att ta ställning till frågan om lokaliseringen av anläggningarna. I det fall att myndigheten skulle finna att underlaget inte är tillräckligt för att kunna bedöma kravuppfyllelsen kan SSM begära kompletteringar av SKB.

2.8. Övriga synpunkter från remissinstanserna

Göteborgs universitet konstaterar att mycket i Fud-programmet 2010 är upprepningar av tidigare program och kan ses som en aktuell lägesrapport år 2010. Grundplaneringen i programmet är lagd sedan länge och detta bekräftar i viktiga skeenden och i tidsplanen, där valet av Forsmark för kärnbränslets förvarsplats innebär att planeringen går in i en ny fas. De geologiska förhållandena i den tektoniska linsen kommer förmodligen grundligt att redovisas i kommande ansökningar

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) framhåller att det saknas ett forskningsprogram rörande informationsöverföring och markörer in i framtiden. Detta bör kopplas till ett arbete med att förstå möjliga scenarier för intrång i framtiden. Föreningarna anser att det inte är acceptabelt att hänvisa till att framtida generationer måste ta ansvar för sitt eget handlande om vi utsätter dem för farliga situationer som de inte har kunnat påverka.

Vetenskapsrådet (VR) konstaterar att de gjorde en omfattande granskning av Fud-programmet för 2007 (SKI 2007/1218, VR 112-2007-7797) inför kommande tillståndsprövningar av SKB:s djupförvar. De sammanfattande synpunkter som lämnades då är fortfarande relevanta eftersom rådet anser att skillnaden mellan detta Fud-program och Fud-program 2007 är liten.

SSM:s bedömning

SSM saknar liksom Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) en redovisning av SKB:s planer för forskning och utveckling kring informationsbevarande. SSM konstaterar samtidigt att ett arbete har utförts av SKB inom området och att SKB diskuterar frågan om institutionell kontroll internationellt, bl.a. inom OECD:s kärnenergiorgan NEA. SSM har i sina föreskrifter och tillhörande allmänna råd (SSMFS 2008:21 och 2008:37) belyst frågor kring informationsbevarande och mänsklig påverkan av ett slutförvar och håller med om att frågan är relevant.

I allmänna råden till SSMFS 2008:37 förtydligas att urvalet av intrångsscenarioer bör baseras på dagens levnadsvanor och tekniska

förutsättningar, och ta hänsyn till slutförvarets egenskaper. SSM anser därmed att det inte behövs ytterligare studier av spekulativa scenarier med en framtida teknik för att förstå möjliga scenarier för intrång i framtiden.

3. Synpunkter på SKB:s övergripande handlingsplan

3.1. Inledning

3.1.1. Bakgrund

Myndigheterna framförde i yttrandet över Fud-program 2007 (SKI, 2008) att SKB:s handlingsplan på en översiktlig nivå utgjorde en bra och systematisk beskrivning av SKB:s program. Myndigheterna bedömde ändå att handlingsplanen i Fud-program 2007 var alltför allmänt hållen för att uppfylla sitt syfte.

Myndigheterna framförde att redovisningen i Fud-program 2010 behövde omfatta en förtydligad strategisk handlingsplan. Planen skulle fokusera på tids- och aktivitetsplaner för uppförande av nya slutförvarsanläggningar, eller utbyggnad av befintliga anläggningar, som behövs för att ta omhand det kärnavfall som uppstår i samband med avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar. Planen skulle särskild adressera

- processen för att omlicensiera och bygga ut slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR)
- processen för att etablera ett slutförvar för långlivat radioaktivt avfall (SFL)
- en alternativ strategi för lagring av använt bränsle i det fall som drifttagning av slutförvaret för använt bränsle försenas och tillgängliga lagringsutrymmen i Clab blir fullt utnyttjade.

Myndigheterna framförde även att SKB behövde ta fram en bättre beskrivning av underlaget för en ansökan om ett slutförvar för använt bränsle med särskilt fokus på kopplingar mellan olika skeden i slutförvarets livscykel.

Myndigheterna framförde att det var viktigt att SKB arbetade vidare med nedanstående frågor vid framtagandet av det förtydligade underlaget:

- redovisning av faktorer eller företeelser som inverkar på säkerheten efter förslutning och argumentation för den status som redovisning i olika avseenden behöver ha uppnått i olika skeden.
- redovisning av strategi för, och genomförande av, ett eventuellt byte av deponeringsmetod från KBS-3V till -3H, inklusive en konsekvensanalys.

- redovisning av strategi för, och genomförande av, samtidig deponeringsverksamhet och kontinuerlig utbyggnad av slutförvarsanläggningen.

Myndigheterna framförde därutöver att det förtydligade underlaget särskilt bör adressera:

- rimligheten i föreliggande tidsplan med avseende på tidsåtgången för prövning av ansökan efter inlämnande till dess att tillstånd meddelas.
- rimligheten i föreliggande tidplan med avseende på tidsperiod från att tillstånd meddelats till det att SKB ansöker om provdrift.
- rimligheten avseende flexibilitet och variationsbredd i planerade ansökningar.

Myndigheterna framförde avslutningsvis att SKB borde ta fram det förtydligade planeringsunderlaget inom ramen för de pågående samråden mellan myndigheterna och SKB.

3.1.2. Om SSM:s granskning av SKB:s redovisning

SKB:s övergripande handlingsplan utgörs av de tre inledande kapitlen (del I) i Fud-program 2010.

Kapitel 1 innehåller en övergripande redogörelse för förutsättningarna för SKB:s verksamhet och en beskrivning av det svenska systemet för omhändertagande och slutförvaring av använt bränsle och radioaktivt avfall.

Kapitel 2 omfattar en övergripande handlingsplan som beskriver nuläge och planering för framtiden och följs i kapitel 3 av en översiktlig redogörelse för programmets flexibilitet vid ändrade förutsättningar.

I kapitel 4 redovisas SKB:s handlingsplan för Loma-programmet som omfattar en fördjupad redovisning för omhändertagande och slutförvaring av mycket lågaktivt samt låg- och medelaktivt radioaktivt avfall. I kapitel 5.3.1 redogörs för huvudskeden och tidsplan för utbyggnad av SFR och i kapitel 6.3.1 redogörs för övergripande planering av redovisningar för slutförvaret för SFL.

I kapitel 8 redogörs för nuläge och utgångspunkter för kärnbränsleprogrammet (inkapslingsanläggning och slutförvarsanläggning). I kapitel 16 redogör SKB för nuläge och program för en alternativ utformning av en slutförvarsanläggning för använt bränsle, KBS-3H.

Upplägget av SKB:s redovisning innebär att information återkommer på olika platser i rapporten men med olika detaljeringsgrad och i olika sammanhang.

För att undvika onödiga upprepningar har SSM valt att i avsnitt 3.2 till 3.4 i denna rapport göra en samlad bedömning av de delar av SKB: redovisning som kopplar till strategiska överväganden, dvs. även delar av redovisningen som återfinns i SKB:s redovisning i kapitel 4 Loma-programmet, 5.3 utbyggnad av SFR, 6.3 slutförvar för långlivat avfall, 8 kärnbränsleprogrammet och 16 KBS-3 – horisontell deponering.

Bedömningar utöver strategiska överväganden och planeringsfrågor kommenteras under respektive kapitel.

3.2. Sammanfattning av SKB:s redovisning

3.2.1. Hantering av radioaktivt avfall och använt bränsle

SKB redogör i kapitel 1.1. för förutsättningarna för bolagets verksamhet med hänsyn till styrande lagstiftning, grundläggande skyldigheter för reaktorinnehavarna samt för SKB:s uppdrag. Politiska beslut och ställningstagande i övrigt som fastlagt inriktningen för SKB:s arbete redovisas liksom grundläggande principer för genomförandet.

Den långsiktiga planeringen för avfallssystemet baseras på 50 års drift av reaktorerna i Forsmark och Ringhals samt 60 års drift av reaktorerna i Oskarshamn. SKB svarar också för omhändertagande av visst övrigt radioaktivt avfall bl.a. låg- och medelaktivt avfall från Studsvik (inklusive avfall från sjukvård, industri och forskning som behandlas och förpackas i Studsvik), äldre avfall och bränsle från Studsviksområdet, från Westinghouse anläggningar i Västerås och från uranbrytningen i Ranstad. SKB har dessutom förbundit sig för att bereda utrymme för omhändertagande av avfall från rivning av Ågestareaktorn och återställning av Ranstads gruvhantering för slutförvaring av radioaktivt drift- och rivningsavfall samt kärnbränsle från AB SVAFO (SVAFO).

En stor del av det hanteringssystem som behövs för att hantera och slutförvara kärnkraftens restprodukter har redan byggts upp och SKB lyfter särskilt fram de anläggningar och verksamheter som behövs för att göra systemet komplett. De parametrar som har störst inflytande på planeringen anges vara avfallets egenskaper liksom mängden avfall och när i tiden som avfallet uppstår.

Systemet för att ta hand om använt bränsle och radioaktiva avfall beskrivs i kapitel 1.2 och presenteras översiktligt i figur 1-1 på sida 28 i Fud-program 2010.

Systemet delas in i två huvuddelar, dels systemet för omhändertagandet av mycket lågaktivt och låg- och medelaktivt avfall, dels systemet för omhändertagande av det använda kärnbränslet (KBS-3-systemet). Transportsystemet är gemensamt.

Programmet för att realisera återstående anläggningar för att ta hand om det låg- och medelaktiva avfallet benämns Loma-programmet. Programmet för att realisera återstående anläggningar i KBS-3-systemet benämns kärnbränsleprogrammet. SKB:s laboratorier för forskning och utveckling för inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle beskrivs översiktligt.

SKB redovisar i kapitel 1.3 bakgrunden till Fud-programmets etablerande och redogör för att utvecklingen av KBS-3-metoden pågått sedan slutet av 1970-talet. SKB redovisar också korta sammanfattningar av tidigare Fud-program. SKB refererar särskilt till att regeringen år 1984 i beslut att medge laddningstillstånd för reaktorerna Forsmark 3 och Oskarshamn 3 skrev att KBS-3-metoden ”i sin helhet i allt väsentligt befunnits kunna godtas med hänsyn till säkerhet och strålskydd”, och att KBS-3-metoden sedan dess har legat till grund för SKB:s program för forskning, utveckling och demonstration.

I kapitel 1.4 i Fud-program 2010 redovisas att SKB från att tidigare ha varit en managementorganisation med ett antal experter med uppgift att leda och styra arbetet har förändrats och att SKB numer driver anläggningar i egen regi. SKB lyfter fram några specifika saker som exempel på utvecklingen, såsom övertagandet av driften av Clab och SFR som tidigare drevs på entreprenad av OKG respektive FKA, bildandet av en ny avdelning för kärnteknisk säkerhet (avdelning S), etablerandet av Loma-programmet och kärnbränsleprogrammet liksom en avdelning för hantering av låg- och medelaktivt avfall och pågående kompetensuppbyggnad av anläggningsteknik, konstruktionsteknik och tvärteknik som ska kunna utnyttjas inom hela SKB:s organisation.

SKB redogör i kapitel 1.5 översiktligt för arbetet med systematisk kravhantering som grund för att utveckla och uppföra anläggningar enligt dels SKB:s interna krav, dels de krav som myndigheter och andra intressenter ställer.

3.2.2. SKB:s övergripande handlingsplan

I kapitel 2 redovisar SKB översiktligt planering för att uppföra och ta i drift nya anläggningar och anläggningsdelar vid befintliga anläggningar. Inledningsvis redovisas i figur 2-1 (sida 45 i Fud-program 2010) den övergripande tidsplanen för hela kärnavfallsprogrammet.

Därefter redogör SKB översiktligt för nuläge och planering för Loma-programmet respektive kärnbränsleprogrammet. Mer detaljerad information om Loma-programmet återfinns i kapitel 4, 5 och 6 samt om kärnbränsleprogrammet i kapitel 8 och 16.

3.2.2.1. Loma-programmet

SKB redovisar i figur 4-1 (sida 57 i Fud-program 2010) en tids- och aktivitetsplan för Loma-programmet.

Blockspecifika rivningsstudier

Tillsammans med kärnkraftsföretagen genomför SKB rivningsstudier för att successivt åstadkomma ett bättre underlag för dimensioneringen av anläggningar i slutförvarssystemet och för de säkerhetsanalyser som behöver genomföras samt för beräkning av avvecklingskostnader.

Rivningsstudiernas teknikdel med avfallsvolymer och aktivitetsinnehåll planeras att vara klara under första kvartalet år 2011 och uppdaterade kostnadsuppskattningar att redovisas under år 2012. I takt med att nya kunskaper inom rivningsområdet erhålls, kommer rivningsstudier att uppdateras och avvecklingsplaner att successivt förbättras.

Slutförvaring av mycket lågaktivt rivningsavfall i markförvar

En förstudie avseende slutförvaring av mycket lågaktivt avfall från rivning av kärnkraftverk i markförvar har avslutats. Studien kommer att uppdateras under 2011 med resultat från pågående rivningsstudier inför ett beslut om inriktning inför fortsatt arbete med planer för Loma-programmet.

Mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall

Långlivat låg- och medelaktivt avfall mellanlagras vid kärnkraftverken, i Clab och i anläggningar i Studsvik. SKB:s plan är att på sikt överföra och mellanlagra det långlivade avfallet i det utbyggda SFR förutsatt att det är tekniskt genomförbart samt ekonomiskt och strålskyddsmässigt försvarbart.

Transportsystem för låg- och medelaktivt avfall

Transportsystemet, som också används för transporter av använt kärnbränsle, består av fartyget m/s Sigyn, specialfordon och olika typer av transportbehållare. Kortlivat lågaktivt avfall behöver ingen strålskärning

och transporteras till SFR i ISO-containrar. Det medelaktiva avfallet behöver strålskärning och merparten gjuts in i betong eller bitumen och transporteras i behållare (ATB) med tjocka väggar av stål. Långlivat avfall i form av styrcylindrar och hårdkomponenter transporteras till Clab i en behållare (TK) med tjocka väggar av stål. En ny avfallstransportbehållare (ATB 1T) håller på att tas fram för att vara tillgänglig år 2015 för transporter av långlivat avfall i så kallade BFA-tankar avsedda för torr mellanlagring. Dessutom avser SKB att licensiera befintlig transportbehållare (ATB 8K) för att kunna transportera restavfall från till exempel sönderdelning av det långlivade avfallet.

Slutförvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall, SFR

Tillståndet för SFR omfattar endast driftavfall. SKB planerar att 2013 ansöka om tillstånd för att bygga ut befintlig anläggning. SKB planerar för att samtidigt ansöka dels om att förvara både drift- och rivningsavfall i hela anläggningen, dels om förnyade strålskyddsvilkor. Nuvarande villkor begränsar den mängd aktivitet och material som får deponeras i SFR och utgår idag från avfallsprognoser för driftavfall.

Syftet är att ansökan ska omfatta allt framtida låg- och medelaktivt avfall från såväl drift som rivning av kärnkraftverken liksom avfall från SVAFO och Studsvik. Ett beslut om deponering av i markförvar minskar den nödvändiga förvarsvolymen i SFR eftersom nuvarande planer omfattar slutförvaring i anläggningen av även mycket lågaktivt avfall. I utbyggnadsprojektet utreds också möjligheterna för att mellanlagra långlivat avfall i det utbyggda SFR.

SKB planerar att bygga ut SFR i etapper med start år 2017 och den första etappen beräknas kunna tas drift år 2020. Anläggningen avses därefter att byggas ut successivt. SKB planerar att ansökan som lämnas in 2013 även ska omfatta framtida utbyggnadssteg, men betonar att juridiska, ekonomiska och praktiska konsekvenser behöver utredas innan beslut fattas.

SKB redogör i avsnitt 4 mer i detalj för planering och milstolpar för utbyggnaden och i avsnitt 5.3 mer konkret för huvudskeden och tidsplan för genomförandet av projektet.

Slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL

Förutsatt att förvaret kan förläggas på en plats som SKB har god kännedom om planerar SKB för att cirka år 2030 ansöka om att uppföra SFL och kunna ta det i drift cirka år 2045. En etappvis utbyggnad är inte aktuell eftersom det långlivade avfallet motsvarar en deponeringsvolym om 10 000 m³. Att tidigarelägga uppförandet av SFL skulle medföra en längre driftperiod och

därmed vara mindre ekonomiskt effektivt. SKB anger också att det är en fördel om avfallet avklingat länge innan det hanteras eller omkonditioneras.

SKB redogör i avsnitt 4 mer i detalj för planering och milstolpar för utbyggnaden och i avsnitt 6.3 mer konkret för huvudskeden och tidsplan för planerna för genomförandet av projektet.

3.2.2.2. Kärnbränsleprogrammet

SKB redovisar i figur 8-1 (sida 104 i Fud-program 2010) en tidsplan för kärnbränsleprogrammet.

Allmänt

SKB anser att planeringen för byggande och drift av inkapslingsanläggningen och slutförvaret övergått från att vara en utvecklingsfråga till att bli en tillståndsfråga, och att genomförandeplanen bör hanteras inom tillståndsprocessen. Däremot kommer utvecklingen av den teknik som behövs för de båda anläggningarna även fortsättningsvis hanteras inom Fud-processen.

Tillståndet för Clab omfattar inlagring av 8000 ton bränsle. Enligt dagens prognoser och under dagens förhållanden i övrigt kommer Clab att vara fullt utnyttjat 2023. SKB redovisar att man under kommande treårsperiod kommer att undersöka alternativa möjligheter för mellanlagring av styrtavar som i dag lagras i Clab, för att öka lagringskapaciteten för bränsle i Clab.

Clab/Inkapslingsanläggningen/Clink

Ansökan om att få uppföra en inkapslingsanläggning och att driva den gemensamt med Clab lämnades in 2006. En komplettering till ansökan lämnades in 2009. SKB redovisar pågående arbeten och planer för driftsättning. SKB räknar med att erforderliga tillstånd erhålls så att uppförandet av anläggningen kan påbörjas år 2016 och att provdrift kan inledas år 2025, samordnat med provdriften av slutförvarsanläggningen.

SKB poängterar att driften av Clab kommer att fortgå samtidigt som uppförande av inkapslingsanläggningen. En långtgående anpassning av byggarbeten för att inte äventyra säkerheten i Clab och för att minimera störningar kommer därför att krävas. SKB hänvisar till erfarenheterna från genomförandet av utbyggnaden av Clab (Clab2) som gjordes på samma sätt.

Slutförvarsanläggningen

SKB planerar för att lämna in ansökan i mars år 2011. Tid för prövningen har ansatts till 5 år och start för det egentliga uppförandet av anläggningen

planeras till år 2016. SKB:s planer för uppförandefasen innebär att provdrift kan inledas år 2025, samordnat med provdriften av Clink. I avsnitt 2.3.3 redogör SKB översiktligt för förutsättningar för att kunna återta kapslar under deponering eller efter förslutning.

SKB redogör i kapitel 8 särskilt för huvudskeden och tidsplan för kärnbränsleprogrammet. SKB anger bland annat att vald referensutformning är KBS-3 med vertikal deponering men att övergång till horisontell deponering ska vara möjlig. Avsnitt 8.3 och 8.4 redogör översiktligt för tillståndsprövning, uppförande och driftsättning av inkapslingsanläggningen och Clink respektive slutförvarsanläggningen. I avsnitt 8.4.4 redogörs översiktligt för arbetsmetodikerna som SKB avser att använda under genomförande och driftsättning.

Transportsystem för använt kärnbränsle

Transportsystemet, som också används för transporter av låg- och medelaktivt avfall, består av fartyget m/s Sigyn, specialfordon och olika typer av transportbehållare. Använt bränsle transporteras till Clab i behållare (TB) med tjocka stålväggar försedda med kylflänsar för att kyla bort värme. En ny typ av transportbehållare (KTB) avses att tas fram för transport av inkapslat kärnbränsle från Clink till kärnbränsleförvaret. SKB planerar för att behållaren ska vara licensierad och tillgänglig inför det att provdrift av systemet inleds.

3.2.3. Flexibilitet vid förändrade förutsättningar

Allmänt

SKB redogör i kapitel 3 för programmets flexibilitet vid förändrade förutsättningar. Programmets tidshorisont är ca 75 år och SKB måste beakta att planeringsförutsättningarna kan komma att förändras över tid. SKB betonar att verksamheten är beroende av externa beslut och att det därmed inte alltid är möjligt för SKB att fullt ut hantera och kontrollera villkoren för programmets genomförande.

Förändrade drifttider för kärnkraftreaktorerna

SKB redovisar att förlängda drifttider innebär ökade mängder avfall och senarelagd rivning av reaktorer vilket medför krav på ökad slutförvarskapacitet och en senareläggning av programmets avslutande. Omvänt skulle en tidigarelagd avveckling av reaktorerna medföra en tidigarelagd avveckling även av SKB:s anläggningar och en tidigarelagd förslutning av SFR. SKB påpekar att om SFR redan byggts ut till full omfattning skulle det innebära att anläggningen inte kommer att utnyttjas fullt ut.

Gamla reaktorer ersätts med nya

Vidare redovisas konsekvenser för verksamheten om dagens reaktorer ersätts med nya. SKB menar att en sådan utveckling borde medföra ett helt nytt kärnavfallsprogram, även om delar av dagens slutförvarssystem troligen kan utnyttjas.

Lagringskapaciteten i Clab

I ett särskilt avsnitt redovisas förutsättningar för flexibilitet för inlagring av bränsle i Clab. SKB planerar att inleda provdrift av kärnbränsleförvaret och Clink 2025. Tillståndet för Clab omfattar 8000 ton bränsle. Enligt dagens prognoser och under dagens förhållanden i övrigt kommer Clab att vara fullt utnyttjat 2023. Genom att övergå till enbart kompaktkassetter och kompaktera eller torrlagra styrstavar bedömer SKB att kapaciteten i Clab kan utökas och anläggningen användas i drygt ytterligare tio år. Om nödvändigt kan Clab byggas ut med ytterligare ett bergrum med förvaringsbassänger.

Försening av idrifttagning av utbyggt SFR

SKB redovisar också översiktligt konsekvenser av försening av idrifttagning av det utbyggda SFR. I huvudsak innebär det att rivningen av BKAB och Ågesta blir försenad i motsvarande grad och att det kan uppstå behov för mellanlagring också av driftavfall vid kärnkraftverken.

3.2.4. Särskilt om konceptet KBS-3H

SKB redogör översiktligt för hur konceptet KBS-3H utvecklats över tid. Med utgångspunkt i utredningar från tidigt 1990-tal (SKB, 1992) har SKB och Posiva under perioden 2002-2007 bedrivit gemensamma studier enligt ett särskilt Fud-program för KBS-3H (SKB, 2001). Syftet med programmet var att utreda om horisontell deponering kan utgöra ett alternativ till vertikal deponering.

Baserat på utfallet från arbetet har SKB och Posiva med start 2008 fortsatt med nästa etapp av forskningsprogrammet. Syftet är att utveckla tekniken så långt att det i en senare etapp är möjligt att demonstrera tekniken i full skala. SKB redovisar att målet är att ta fram tillräckligt med underlag för att jämföra med vertikal deponering men att det krävs mer forskning och utveckling innan metoden kan anses tillgänglig. Huvudaktiviteterna för programmet för de närmaste åren omfattar bl. a. utformning av ett KBS-3H-förvar, demonstration i Äspölaboratoriet och studier av nyckelfrågor med hänsyn till långsiktig säkerhet.

De viktigaste skillnaderna i konceptet jämfört med referensutformningen är att de långa horisontella borrhålen borras direkt från stamtunneln och ersätter deponeringstunnlarna i en KBS-3V-utformning. I borrhålen deponeras s.k. supercontainrar, som består av en kapsel omgiven av bentonitbuffert, sammanhållen av en perforerad ytterbehållare av metall. Mellan supercontainrarna placeras distansblock av betontlera och i deponeringshålens mynning installeras en förslutningsplugg.

Konsekvenserna jämfört med referensutformningen KBS-3V redovisas som att bergvolymen som behöver tas ut är betydligt mindre. SKB anger att anläggningarna på driftområdet ovan mark påverkas marginellt av vilken av referensutformningarna som väljs.

3.3. Remissinstansers synpunkter

Kungliga vetenskapsakademien önskar mer information om hur SKB avser att gå vidare med planeringen för omhändertagandet av låg- och medelaktivt avfall, inklusive strategier i händelse av ett beslut som innebär att driften av nuvarande reaktorer kommer att pågå under längre tid än som för närvarande planeras, eller ett beslut om att bygga nya reaktorer. Akademien undrar över om de förvar som i dag planeras kan utökas eller om SKB behöver bygga nya förvar på andra platser.

Chalmers tekniska högskola (CTH) konstaterar att tidsplanen för inlämnande av ansökan att uppföra slutförvaret kan ifrågasättas eftersom forskningsprogrammet ska stödja förvarsutformningen och nya aspekter på säkerheten kan uppkomma när bygglov och miljöprövning tillkommer. CTH påpekar att forskningsprogrammet kring högaktivt avfall borde utformas med hänsyn till slutsatser från bygglovsprocessen.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att SKB bör ha en mer omfattande forskning av olika möjligheter för mellanlagring om inte KBS-systemet kan genomföras. Exempelvis bör långsiktig torrlagring undersökas som en del av nollalternativet.

Oskarshamns kommun konstaterar att SKB överväger torr mellanlagring av styrestavar i stället för lagring i Clab. SKB avser att inom nästa treårsperiod starta ett projekt för denna möjlighet. Kommunen anser att torrlagringen av styrestavar är en ändring i förvarssystemet som bör ges hög prioritet. En del av denna fråga rör även torkning av styrestavar.

Beträffande tidsplanen konstaterar Oskarshamns kommun att den kommande granskningen och beslutsprocessen kopplade till SKB:s ansökan innehåller

många osäkerheter framförallt om tidsåtgången fram till dess att den första kapseln kan deponeras. SKB konstaterar själva under avsnitt 3.3 att åtgärder måste vidtas för att öka Clab:s lagringskapacitet. Enligt nuvarande tidsplan planerar SKB att inleda provdrift av slutförvaret år 2025. Med nuvarande tillstånd att lagra 8 000 ton bränsle kommer Clab att vara fullt år 2023.

Kommunen anser att det är positivt att SKB nu gör en tydlig redovisning av de olika alternativen och tidssätter dessa. Oskarshamns kommun anser dock att redovisningen bör kompletteras med uppgifter om när senast beslut måste fattas för respektive åtgärd som föreslås och vid vilken tidpunkt SKB måste fatta beslut om val av strategi eller åtgärd för att eliminera risken att Clab blir fullt. En annan fråga är när SKB till exempel måste fatta beslut om att genomföra torr mellanlagring av styrtstavar.

Beträffande återtag under driftskedet och efter förslutning anser Oskarshamns kommun att SKB inte visat att kapslar kan återtas och hanteras på ett tillfredsställande sätt under driftskedet. Kommunen anser att SKB måste visa vad ett återtag får för konsekvenser för systemets alla delar. Kommunen har heller ingen avgörande invändning mot den princip som SKB framför för återtag efter förslutning, men ifrågasätter möjligheten till återtag mot bakgrund av ett eventuellt kommande SFL-förvar i området, vilket även Östhammars kommuns konsult Pereira påpekat (se nedan).

Totalförsvarets forskningsinstitut saknar en detaljerad beskrivning om avfall kompakteras och om SKB har funderat på kemisk upparbetning av låg- och medelaktivt avfall.

Östhammars kommun framhåller att det är angeläget att ha en transparent process när det gäller byggnation av ytterligare ett SFR och SFL.

Östhammars kommun konstaterar att frågeställningarna som lyftes runt SKB:s arbete och tankar om hur man rent provningsmässigt kan byta från KBS-3V till KBS-3H, antingen under pågående process eller som ett kompletteringsbeslut, fortfarande äger sin giltighet sedan kommunens yttrande över Fud-program 2007. Kommunen ställer frågan om SKB kan byta från KBS-3V till KBS-3H utan ny provning och ny säkerhetsanalys.

Östhammars kommun anser att när SKB ansöker om tillstånd för att bygga ut SFR, är det av största vikt att säkerhetsanalysen tydligt visar att det inte finns något säkerhetsproblem med att bygga ett slutförvar för kortlivat avfall som samtidigt ska användas för mellanlagring av långlivat avfall. Det bör också framgå att en lösning med samtidigt slutförvar och mellanlager inte heller stöter på juridiska hinder.

Östhammars kommun anser att processen kring utbyggnaden av SFR är vägledande för hur en eventuell utbyggnad av ett framtida slutförvar för använt kärnbränsle kan komma att gå till. I detta sammanhang undrar kommunen om det är juridiskt möjligt att driva ett slutförvar och ett mellanlager samtidigt. Kommunen ställer sig också tveksam till att tillstånd för en eventuell etappvis utbyggnad bör lämnas. Som skäl anför man att miljölagerarna sannolikt kommer att skärpas under de ca 20 år som fortskrider mellan etapp 1 och etapp 2 uppförs. Kommunen anser därför att prövningen ska vara stegvis så att SKB ansöker om etapp 2 tidigast 5 år innan uppförandet avses äga rum.

Östhammars kommuns konsult Pereira anser att möjlighet till återtag (kärnbränsleprogrammet) kan försvåras ordentligt om SFL byggs i närheten av slutförvaret. Anledningen är att SFL som är ett förvar för långlivat avfall, inte har en isolerande funktion som är fallet med kärnbränsleförvaret. Svårigheten är enligt Pereira att de *långlivade* nuklider som inte når biosfären (det yttre ekosystemet enligt SKB) kommer att finnas spridda i berget i närheten av kärnbränsleförvaret och kan därmed utgöra en "barriär" som begränsar framtida generationers möjlighet att medvetet återta det använda kärnbränslet. Pereira noterar också att svårigheten till återtag så klart ökar med tiden.

Pereira ifrågasätter ifall Clab 3 är ett tilltalande alternativ med tanke på att sannolikheten för ett missöde är 1 % enligt SKB:s riskanalyser av Clab/Clink det vill säga ett missöde per 100 år. Driften av Clab/Clink kan behöva pågå i 130 år.

Göteborgs universitet konstaterar att en intressant fråga är KBS-3H med horisontell deponering. Redan i början av 1990 talet utredde SKB möjligheten att placera kapslarna horisontellt. Arbetet som inleddes 2008 redovisas inte. Universitetet ställer frågan om säkerheten med horisontell deponering är lika hög som med vertikal deponering. Att den bergvolym som behöver tas ut för ett KBS-3H -förvar är betydligt mindre än vid vertikal deponering kan knappast vara ett skäl.

3.4. SSM:s bedömning av SKB:s handlingsplan

3.4.1. Allmänt

Om regeringens uttalande om laddningstillstånd för F3 och O3
SSM bedömer att regeringens skrivning i anslutning till beslut om laddningstillstånd för F3 och O3 inte ska tolkas som att regeringen godkänner metoden. Regeringens beslut gällde huruvida laddningstillstånd för reaktorerna Forsmark 3 och Oskarshamn 3 skulle medges eller ej. En rimlig

tolkning är att det förslag som framfördes för slutförvaring av det använda bränslet utgjorde en planeringsförutsättning för fortsatt arbete, analogt med regeringens beslut över SKB:s Fud-program därefter. Det kan vara värt att notera att underlaget som presenterades för framtida slutförvaring i form av KBS-3-konceptet gällde det referensscenario som SKB sedan dess vidareutvecklat i form av KBS-3V.

Om tidsåtgång för prövning och granskning av ansökningar

Uppförande och driftsättning av en kärnteknisk anläggning sker i en stegvis process med successiva godkännanden av sökandens eller tillståndshavarens redovisning att få inleda nästa fas i den stegvisa utvecklingen av anläggningen. SSM anser att det är bra att SKB förändrat sin bedömning av tidsperioden mellan inlämning av ansökningar för anläggningar i KBS-3-systemet tills det att tillstånd erhålls. SSM bedömer att SKB:s aktuella planer med en period om fem år mellan inlämning av ansökan tills tillstånd erhålls är betydligt rimligare jämfört med motsvarande två år i Fud-program 2007.

SSM anser att det är viktigt att SKB i sin planering för både Loma-programmet och kärnbränsleprogrammet genomgående avsätter tillräckligt med tid för myndighetens granskning av underlag inför viktiga myndighetsbeslut efter det att tillstånd erhållits.

Om SKB:s långsiktiga planering

SSM bedömer det som rimligt att SKB utgår från reaktorernas planerade drifttider vid planeringen av omhändertagande och slutförvaring av använt bränsle och radioaktivt avfall, givet de osäkerheter, eller den flexibilitet som krävs med de långa tider som programmet omfattar.

SSM instämmer i att programmets långa utsträckning i tiden kan innebära att det uppstår ändringar i planeringsförutsättningar likaväl som att det kan göras omvärderingar av nuvarande utgångspunkter för programmet till dess att programmet är avslutat. SSM anser att det finns ett regelverk som är anpassat till att hantera sådana förändrade förutsättningar eller omvärderingar av nuvarande utgångspunkter i och med kravet på uppdaterade Fud-program vart tredje år.

SSM bedömer att SKB:s beskrivningar av flexibilitet i systemet i form av översiktliga konsekvensanalyser för scenarier med förlängda eller förkortade drifttider för dagens kärnkraftreaktorer som rimligt realistiska och åskådliggörande. Det är inte SSM:s uppgift att spekulera i huruvida nya kärnkraftreaktorer i framtiden kan komma att ersätta befintliga men instämmer i princip i SKB:s övergripande resonemang om att nya reaktorer kräver ett nytt kärnavfallsprogram.

SSM bedömer att det i rådande situation inte finns något behov av mer omfattande utveckling och utredning av olika möjligheter för mellanlagring av använt kärnbränsle, t.ex. långsiktig torrlagring som en del av noll-alternativet, om inte KBS-3-systemet kan genomföras. Givet nuvarande förutsättningar delar SSM således inte Naturskyddsföreningens och MKG:s syn i denna fråga. SSM bedömer de åtgärder som SKB redogör för i form av en eventuell utbyggnad av Clab med ytterligare ett bergtrum eller möjligheten att – som i många andra länder – lagra bränsle torrt i speciella behållare innebär att det finns utrymme för flexibilitet i systemet för överskådlig framtid. SSM bedömer ändå liksom Oskarshamns kommun att SKB i nästa Fud-program behöver tydliggöra när i tiden beslut måste fattas för att respektive åtgärd ska hinna genomföras.

Om begreppet referensutformning

SSM vill påtala att begreppet ”referensutformning” kan ha olika innebörd beroende på sammanhanget. SSM vill särskilt uppmärksamma SKB på att ett tillstånd för att uppföra en kärnteknisk anläggning baseras på den utformning som redovisats i ansökan, och i den preliminära säkerhetsredovisning (PSAR) som ska godkännas innan uppförandet av anläggningen får påbörjas. Utformningen i ansökan och PSAR kommer alltså att formellt definiera referensutformningen för anläggningen. Denna godkända referensutformning kommer därefter att ligga till grund för en spårbar hantering av ändringar under detaljprojektering och uppförande av anläggningen. Det är därför viktigt att det i ansökansunderlaget framgår hur mycket tillståndshavaren kan avvika från en referensutformning inom ramen för det förväntade tillståndet.

Om avtal med Studsvik och SVAFO

SKB anger att avtal finns upprättade mellan Studsvik och SKB rörande det avfall som finns i Studsvik. Avtal finns också med SVAFO om att bereda utrymme för slutförvaring av radioaktivt avfall samt använt bränsle från SVAFO. SSM efterfrågar en utförligare redovisning av innehållet i avtalen, dvs. översiktlig information om vilka mängder och typer av avfall och bränsle som omfattas och om avtalen verkligen omfattar *allt* framtida avfall och bränsle. SSM bedömer att detta är en fråga som kommer att behöva följas upp i pågående dialog om SKB:s planering för utbyggnad av SFR och i framtida redovisningar av SKB:s fortsatta planering för SFL.

Om transporter

Flera av transportsystemets komponenter är sedan länge etablerade och SSM bedömer att redovisningen är av tillräcklig omfattning och detaljeringsgrad för att uppfylla syftet med Fud-programmet. SSM konstaterar att kraven på transportsystemet är kopplade till det internationella transportregelverket (IMDG-koden, ADR-S m.fl.) som uppdateras i 2-åriga revisionscykler.

Tillkommande komponenter behöver således licensieras enligt de krav som kommer att gälla vid tidpunkten för licensiering.

Om kompetens och organisation

SSM ser positivt på att SKB tagit över driften av Clab och SFR och därmed utvecklats till en kompetent driftorganisation. Detta kan förväntas vara till nytta i planeringen för framtida anläggningar. SSM bedömer att etablerandet av den nya säkerhetsavdelningen inom SKB har bidragit till en allmän höjning av kvaliteten i SKB:s säkerhetsarbete och ett tydligare och mer strukturerat förhållningssätt gentemot myndigheten.

3.4.2. Loma-programmet

Om blockspecifika rivningsstudier

SSM ser positivt på att SKB och kärnkraftsföretagen tillsammans genomför blockspecifika rivningsstudier, men anser att det är beklagligt att de inte kunnat färdigställas för att inkludera de slutliga resultaten i Fud-program 2010. SSM ser fram emot att slutliga resultat av rivningsstudierna redovisas i Fud-program 2013. Bättre underbyggda uppskattningar av volymer av rivningsavfall och aktivitetsinnehåll i avfallet är en viktig förutsättning för planering av utbyggnaden av SFR och eventuella markförvar liksom för utvecklingen av ett framtida slutförvar för långlivat radioaktivt avfall.

Om markförvar

SSM noterar att SKB genomfört en förstudie kring markförvaring av mycket lågaktivt rivningsavfall. SKB redogör dock inte för förstudiens innehåll, vilket gör att SSM inte kan lämna några synpunkter på arbetet. SSM anser liksom tidigare att det är viktigt att frågan utreds noga eftersom den har stor betydelse för val av strategi för hantering och slutförvaring av denna typ av avfall. SSM ser därför positivt på att frågan utreds och förväntar sig en mer utförlig redovisning i Fud-program 2013.

Om mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall

SSM ser i nuläget inga principiella hinder för mellanlagring i SFR förutsatt att tillstånd enligt kärntekniklagen respektive miljöbalken medger detta och att kravbilderna i övrigt uppfylls. SSM instämmer i SKB:s slutsats att en ansökan om mellanlagring i SFR bör lämnas in i samband med ansökan om utbyggnad av anläggningen. SSM anser i likhet med Östhammars kommun att ett eventuellt medgivande till mellanlagring av långlivat avfall i SFR förutsätter att SKB kan påvisa att säkerheten för slutförvarsverksamheten inte påverkas negativt.

Om ny transportbehållare (ATB 1T)

SSM konstaterar att framtagandet av den nya transportbehållaren är en förutsättning för att SKB ska kunna genomföra transporter av långlivat låg-

och medelaktivt avfall enligt föreliggande planer. SSM bedömer att frågan har stor betydelse för hanteringen av denna typ av avfall och att det är viktigt att arbetet med framtagande och licensiering av transportbehållaren ges tillräcklig uppmärksamhet.

Om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall, SFR
SSM och SKB samråder regelbundet om SKB:s arbete för den planerade utbyggnaden av SFR. Samråden förväntas pågå fram till dess att SKB lämnar in ansökan. SSM har därmed mer information om SKB:s arbete än vad som redovisas i Fud-program 2010. Om SKB:s planering förverkligas kommer en ansökan om utbyggnad att lämnas in till SSM i slutet av 2013, efter inlämnandet av Fud-program 2013 men före det att SSM lämnat sitt yttrande över programmet till regeringen. SSM bedömer det därför som mest ändamålsenligt att myndighetens synpunkter avseende utbyggnaden av SFR som förs fram i granskningen av Fud-programmet följs upp inom ramen för pågående samråd.

SSM anser att SKB:s beskrivning av huvudskeden, tidsplan och milstolpar samt flexibilitet i programmet för utbyggnad av SFR stämmer väl överens med krav i myndighetens föreskrifter om en stegvis tillståndssprocess. SSM vill i sammanhanget betona vikten av att SKB planerar tillräcklig med tid för myndighetens granskning i olika steg i beslutsprocessen.

SSM anser att det är rimligt att SFR byggs ut i etapper anpassat till rivning av stängda anläggningar och har inga principiella invändningar mot detta. Däremot bedömer SSM att det finns begränsningar i hur stor flexibilitet som kan tillåtas med hänsyn till den formella beslutsprocessen, dvs. hur stor flexibilitet som kan medges inom ramen för tillståndet. Detta gäller dels med avseende på vad SSM framfört ovan om referensutformning dels med avseende på osäkerheter kopplade till den långa tidsrymden med tanke på att SKB:s redovisning indikerar etappvisa utbyggnader av SFR som förväntas äga rum under en period ca 20 – 35 år i framtiden. SSM instämmer därför i SKB:s slutsats att juridiska och ekonomiska aspekter behöver analyseras inför ett beslut om etappvis utbyggnad. En likande synpunkt framförs av Östhammars kommun.

SSM konstaterar att ett försenat drifttagande av ett utbyggt SFR skulle leda till oönskade konsekvenser för avfallsproducenterna och de anläggningar som befinner sig i servicedrift i avvaktan på slutförvar för rivningsavfall. SSM förutsätter att de avfallsleverantörer som kan komma att beröras av en eventuell försening informeras i tillräckligt god tid för att kunna vidta de åtgärder som behövs för att mellanlagra avfall som inte kan deponeras i SFR enligt nuvarande planering.

SSM lämnar synpunkter på redovisningen för SFR i övrigt i avsnitt 4.2.

Om slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL

SSM anser att SKB:s redovisning av huvudskeden, tidsplan och milstolpar stämmer väl överens med krav i myndighetens föreskrifter om en stegvis tillståndsprocess. Enligt SSM:s bedömning i avsnitt 4.3 om hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall framstår SKB:s planering för SFL tydligare och bättre underbyggd än i Fud-program 2007. SSM anser dock i samma avsnitt att SKB grundligare bör utreda och redovisa för- och nackdelar för olika tidpunkter för drifttagandet av SFL. Mot denna bakgrund bedömer SSM att handlingsplanen bör utvecklas i kommande Fud-program.

3.4.3. Kärnbränsleprogrammet

Om Clab/Inkasplingsanläggningen/Clink

SSM bedömer att SKB:s redovisning väl motsvarar myndighetens uppfattning om kommande prövnings- och uppförandeskeden. Myndigheten vill särskilt betona vikten av att SKB tillgodogör sig erfarenheterna från genomförandet av utbyggnaden av Clab (Clab2) inför uppförandet av inkapslingsanläggningen/Clink.

Om ansökningar för ett slutförvar för använt bränsle

SSM vill, i likhet med vad som framfördes i utvärdering av Fud-program 2007, poängtera att tidigare granskning och utvärdering av SKB:s planer för ett slutförvar för använt bränsle utgått från perspektivet att KBS-3 kan utgöra en planeringsförutsättning för SKB:s fortsatta arbete, det vill säga att SKB bedömer att det med tillräckligt stor sannolikhet kan komma att visas att ett slutförvar enligt KBS-3 metoden kan vara realiserbart.

Förestående tillståndsprovning av anläggningar i KBS-3-systemet har en väsentligt annorlunda karaktär, i den meningen att SKB inte bara behöver ”göra troligt” att metoden är genomförbar. SKB behöver i stor utsträckning också kunna visa att deponering och slutförvaring av kapslar med använt bränsle enligt KBS-3 metoden faktiskt kan genomföras. Det innebär att SKB i tillräcklig omfattning också behöver ha demonstrerat att de för säkerheten på lång sikt mest kritiska momenten kan genomföras, och att barriärer kan konstrueras med den kvalitet som krävs för att uppfylla de krav som förutsätts gälla för slutförvarets initialtillstånd efter förslutning, och som utgör underlag för analyser av säkerheten på lång sikt.

SSM betonade också att en provning av ett slutförvar för använt bränsle inte ännu genomförts någonstans i världen och att det därför är särskilt viktigt att det underlag som SKB tar fram är tillräckligt omfattande och tillräckligt detaljerat för att myndigheterna ska kunna yttra sig.

Om genomförandeplan inom tillståndsprocessen

SSM instämmer i att genomförandeplanen för KBS-3-systemet i allt väsentligt bör hanteras inom tillståndsprocessen när ansökningarna lämnats in till myndigheten. SSM ställer sig däremot frågande till SKB:s slutsats att planering för byggande och drift av anläggningarna för inkapsling och slutförvaring övergått från att vara en utvecklingsfråga till att bli en tillståndsfråga. SSM bedömer att relativt omfattande utvecklingsarbete återstår att genomföra efter det att ansökningarna lämnats in. SSM instämmer i SKB:s slutsats att det är lämpligt att utvecklingen av den teknik som behövs för de båda anläggningarna även fortsättningsvis hanteras inom Fud-processen.

Om övergång från uppförande till provdrift

SSM bedömer att SKB:s översiktliga redovisning av olika skeden under uppförandet är rimlig. SSM bedömer att planer för indelning i olika skeden – och framför allt övergångar mellan olika skeden – behöver förtydligas under prövningen av ansökan. I och med att anläggningen kommer att vara under ständigt uppförande så är det viktigt att klargöra hur uppförandet struktureras.

Om återtag av deponerat bränsle

SSM instämmer i SKB:s redogörelser för att det inte finns något formellt krav på återtag av deponerade kapslar efter förslutning liksom att det är fullt möjligt att ta tillbaka deponerade kapslar under deponeringen, vilket demonstrerats i Äspölaboratoriet. SSM anser – i likhet med Oskarshamn kommun – att SKB:s redovisning behöver kompletteras med redovisning av konsekvenser för systemets alla delar vid ett eventuellt beslut om återtag under drift.

Om fortsatt verksamhet vid Äspölaboratoriet

SSM anser att en förutsättning för att slutförvaring av använt bränsle enligt KBS-3-metoden ska tillåtas är att forskning och utveckling även fortsättningsvis kommer att bedrivas, förmodligen fram tills det att slutförvaret förslutits. SSM anser att SKB behöver utveckla och redovisa en strategi för att möjliggöra erforderlig forskning och utveckling om verksamheten vid Äspölaboratoriet avvecklas. Ytterligare synpunkter rörande verksamheten vid Äspölaboratoriet framförs i avsnitt 6.1 i denna rapport.

Om flexibilitet i ansökan

SSM betonar att en ansökan om att uppföra ett slutförvar för använt bränsle behöver vara tillräckligt detaljerad och specificerad för att myndigheter och övriga involverade aktörer ska ha möjlighet att fullt ut förstå vilken anläggningsutformning och variationsbredd man har att ta ställning till. SSM anser att en förutsättning för att tillstånd ska medges för en sökt verksamhet,

är att det finns en tydlig koppling mellan underlagsmaterialet i ansökan och faktiskt avsedd utformning. SSM vill i sammanhanget särskilt betona att den långsiktiga säkerheten sannolikt kommer att spela en avgörande roll vid tillståndsprovningen och att säkerhetsanalysen därför behöver representera utformning och variationsbredd för den anläggning som SKB avser att uppföra.

Om eventuell övergång till KBS-3H

SSM vill betona att utformningen KBS-3H skiljer sig åt jämfört med KBS-3V i flera avseenden än kapslarnas fysiska orientering i rummet. Enligt KBS-3H-konceptet deponeras ett flertal s.k. supercontainrar (kapsel och bentonitbuffert i en perforerad metall behållare) i upp till 300 meter långa horisontella borrhål. Eftersom de horisontella borrhålen ersätter deponeringstunnlarna behövs ingen återfyllning av deponeringstunnlar med buffertmaterial som för ett KBS-3V-koncept. SSM bedömer också att det annorlunda konceptet dessutom kan innebära att infrastruktur och logistik både över och under mark kan komma att bli annorlunda för ett KBS-3H-koncept jämfört med SKB:s referensutformning i form av KBS-3V.

SSM vill därför – med stöd av vad som framförts av Östhammars kommun – understryka att en eventuell övergång till KBS-3V till KBS-3H enligt SKB:s nuvarande planering därför ställer särskilt stora krav på omfattning och innehåll i ansökansunderlaget. Ett förfarande som innebär en övergång från en utformning till en annan kräver att det vid provningstillfället finns tillräckligt utförlig redovisning (till exempel för analys av den långsiktiga säkerheten) för de alternativa utformningar som ansökan avses omfatta. Detta för att medge myndigheten möjlighet att vid provningstillfället göra en egen oberoende bedömning av vilka frihetsgrader som kan tillåtas inför ett eventuellt medgivande till verksamheten.

Om flexibilitet för att åstadkomma utökad lagringskapacitet i Clab

SKB:s redovisning av åtgärder som kan vidtas för att öka lagringskapaciteten i Clab (kompaktering av styrtavar, torrlagring av styrtavar, endast utnyttjande av kompaktkassetter samt eventuellt utbyggnad med ytterligare ett bergrum med förvaringsbassänger) motsvarar i princip vad myndigheterna efterlyste i granskningsrapporten över Fud-program 2007. SSM vill i sammanhanget – i likhet med Oskarshamns kommun – betona att en inlagring av mer än 8000 ton använt bränsle kräver en ny tillståndsprovning. SKB behöver redovisa när i tiden beslut om val av strategi eller åtgärd behöver fattas med hänsyn till de långa ledtiderna. SSM instämmer också i kommunens bedömning att torrlagring av styrtavar är en ändring det befintliga systemet och därför är en viktig principiell fråga som bör ges hög prioritet i SKB:s fortsatta arbete.

3.4.4. Flexibilitet vid ändrade förutsättningar

SSM:s synpunkter på kapitel 3 i Fud-program 2010 om flexibilitet vid ändrade förutsättningar behandlas i de föregående avsnitten 3.4.1 till 3.4.3.

3.4.5. SSM:s sammanfattande synpunkter på SKB:s handlingsplan

SSM bedömer att del I av SKB:s Fud-program är en bra introduktion till SKB:s verksamhet. Även om avsnittet innehåller mycket information utöver vad som är relevant för en handlingsplan i sig bedömer SSM att informationen utgör ett viktigt underlag för förstå SKB:s nuvarande verksamhet i ett större sammanhang.

SSM bedömer att redovisningen av handlingsplanen (kap. 1-3) tillsammans med redovisningar av Loma-programmet (kap.4-6) och kärnbränsleprogrammet (kap. 8 och 16) medger en tillräckligt god inblick i SKB:s program för att myndigheten ska kunna bedöma rimligheten i programmet. När det gäller utgångspunkterna och underliggande antaganden bedömer SSM att handlingsplanen bör utvecklas i kommande Fud-program i samband med att myndighetens synpunkter i avsnitten 4.2, 4.3 och 4.4 omhändertas.

4. Synpunkter på Loma-programmet

4.1. Handlingsplan

SSM:s bedömningar kopplade till SKB:s handlingsplan för Loma-programmet redovisas i avsnitt 3.2.2.1 i denna rapport.

4.2. Hantering av kortlivat låg- och medelaktivt avfall

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på kapitel 5, hantering av kortlivat låg- och medelaktivt avfall, i SKB:s Fud-program 2010.

4.2.1. Avfallshantering hos avfallsleverantörer

SKB:s redovisning

I Fud-program 2010 ges en presentation av den avfallsbehandling, inklusive den teknikutveckling som bedrivs av kärnkraftsföretagen, vid Clab samt av Studsvik Nuclear AB (SNAB) och SVAFO. I övergripande ordalag beskrivs karaktäriseringen och konditioneringen av avfallet samt konsekvenserna av det arbete som bedrivs för att minska på utsläppen av radioaktiva ämnen från kärnkraftverken. SKB anger att de metoder som nu tillämpas hos avfallsproducenterna för omhändertagande av indunstarkoncentratet sker genom solidifiering i cement eller bitumen. SKB pekar även på de åtgärder som kan vidtas för att bryta ner mängden organiska ämnen i avfallet genom UV-bestrålning och tillämpningen av detta på uppkomna dekontamineringslösningar.

I Fud-program 2010 redovisas även det utvecklingsarbete som pågår vid anläggningarna i Forsmark och Ringhals för att kunna omhänderta indunstarkoncentrat. Vid Ringhals utprovas en metod för elektrokemisk nedbrytning och vid Forsmark har en metod med plasmaförbränning utprovats.

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga vetenskapsakademin framhåller att det saknas en redovisning av hur SKB ser på möjligheterna till att ytterligare kompaktera kortlivat låg- och medelaktivt drift- och rivningsavfall, vilket skulle reducera storleken på den utbyggnad av SFR som det kommer att finnas behov av i framtiden.

Kävlinge kommun betonar vikten av att SKB inom Fud-programmet lägger kraft och energi på att hitta nyskapande metoder för att friklassa så mycket låg- och medelaktivt avfall som möjligt. Det planeras för stora nya

anläggningar på grund av förlängd drifttid vilket kommer att skapa stora mängder framför allt låg- och medelaktivt avfall.

Kommunen konstaterar att Studsvik Nuclear AB idag är ledande och arbetar med att ta fram nya tekniker som möjliggör friklassning i mycket högre utsträckning än vad som var känt när det svenska kärnkraftsprogrammet satte igång på 1970-talet. Kommunen menar att det kanske vore värt att våga ompröva tidigare inriktningar och vad kommunen skulle vilja kalla fast-låsningar i gamla tankesätt. Kommunen anser att allt material inte behöver grävas ned om det idag finns kostnadseffektiva och strålsäkerhetsmässigt säkra metoder att friklassa och återanvända material.

Kommunen anser vidare att det är viktigt att Fud-program 2010 betonar vikten att utveckla tekniker för friklassning av kortlivat låg- och medelaktivt avfall i samverkan med Studsvik. Det är dock kommunens förhoppning att industrin i samband med rivandet av Barsebäcksverket blir uppmärksam på vilka enorma mängder rivningsavfall det handlar om.

Östhammars kommun framhåller särskilt, vilket även skett tidigare, att Studsviks mångåriga erfarenhet av volymreducering, kompaktering och eventuell återvinning av otympliga komponenter i det radioaktiva avfallet borde överensstämma med miljöbalkens hushållnings- och kretsloppsprinciper. Mot denna bakgrund anser Östhammars kommun att bästa möjliga teknik på nytt borde utvärderas för sammanhanget.

SSM:s bedömning

De metoder som tillämpas hos avfallsproducenterna är, med några undantag, väl utprovade för behandling och konditionering av avfallet. SSM har därför förståelse för att redovisningen i Fud-program 2010 av inarbetade rutiner och metoder är mycket övergripande till sin karaktär. Ett viktigt undantag gäller omhändertagande av indunstarkoncentrat. De miljödomar som har meddelats under senare år innebär att kärnkraftverken ska utvärdera möjligheter att reducera vätskeburna utsläpp av radioaktiva ämnen genom att använda indunstare eller motsvarande utrustning. Det pågår, eller har pågått ett utvecklingsarbete vid samtliga kärnkraftverk i drift, men i dagsläget är det enbart Forsmark som har ett etablerat system för omhändertagandet av koncentratet, vilket konditioneras i bitumen tillsammans med jonbytarmassor. Skrivningarna i Fud-program 2010 om etablerade metoder är därför enligt SSM:s mening inte helt överensstämmande med aktuell status.

Kapaciteten i Forsmarks system för omhändertagande av indunstarkoncentrat är dock begränsad och, som konstateras i Fud-redovisningen, ett utvecklingsarbete har bedrivits vid anläggningen.

Forsmark har dock beslutat att inte fortsätta utvecklingsarbetet. Detta får till konsekvens att mängden koncentrat som lagras successivt ökar vid anläggningen, vilket naturligtvis inte är hållbart på sikt.

Vid Ringhals och OKG har man haft vissa tekniska problem med utrustningen vilket innebär att utvecklingsarbetet har fått senareläggas. Vid Ringhals förväntas dock arbetet återupptas vid årsskiftet 2010/11 men vid OKG har man beslutat att avvakta drifttagandet av indunstaren tills de andra anläggningarna har vunnit erfarenheter och i stället inriktat arbetet på att så långt som rimligt minimera vattenkonsumtionen.

SSM anser att det är angeläget att arbetet med att åstadkomma de utsläppsreduceringar som beslutats om inte avstannar och att metoder för att omhänderta och slutförvara avfallet utvecklas. SSM följer detta arbete inom ramen för den tillsyn och den uppföljning som sker av de utfärdade miljödomarna.

En frågeställning som flera remissinstanser lyfter fram är möjligheterna att så långt som möjligt minska på de avfallsmängder som behöver deponeras, bl.a. genom friklassning och återanvändning. SSM delar denna bedömning och anser att avfallsproducenterna tillsammans med SKB på ett tydligare sätt behöver klargöra att hanteringen överensstämmer med de hushållnings- och kretsloppsprinciper som gäller i samhället i dag.

Enligt SSM:s bedömning bör det inte finnas avgörande strålskyddsmässiga hinder för att stora delar av det brännbara avfall som deponeras i markförvar (se avsnitt 4.2.6) skulle kunna förbrännas på särskilda anläggningar för att på så sätt återvinna energin hos avfallet. Uppkomna askor kan deponeras i SFR enligt gängse rutiner. En minskning av mängden deponerat brännbart avfall skulle dessutom minska produktionen av deponigas samt ytterligare minska risken för sådana sättningar som riskerar att skada markförvarens sluttäckning. Omhändertagandet skulle möjligen innebära vissa kostnadsökningar samt ett ökat transportbehov, och frågan behöver därför utredas närmare. För sådant avfall som kan markförvaras kan det med andra ord finnas anledning att se över det undantag från deponeringsförordningens (SFS 2001:512) krav på behandling av avfallet som gäller för brännbart radioaktivt avfall. SSM anser att SKB och avfallsproducenterna bör utreda frågan som ett underlag till en uppdaterad strategi för styrning av avfall för olika typer av omhändertagande, se avsnitt 4.2.2.

4.2.2. SFR – slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall

Detta avsnitt motsvarar avsnitt 5.2 i Fud-program 2010

SKB:s redovisning

SKB redovisar de deponeringsregler som tillämpas vid styrning av kollin till de olika förvarsdelarna i det befintliga slutförvaret och anger att dessa regler baseras på principerna BAT (best available technique) och ALARA (as low as reasonable achievable). En plan för hur SFR med sin planerade utbyggnad på bästa sätt ska kunna utnyttjas, kommer att tas fram i samband med att ansökningarna om en utbyggnad av SFR lämnas in.

Genom att den planerade drifttiden för anläggningen har förlängts har SKB även identifierat ett behov av att se över underhållsprogrammet. Detta arbete syftar till att systematiskt gå igenom anläggningen för att kartlägga status, både avseende system och byggnader. Utredningen ska avslutas under 2011.

Den databas som SKB för närvarande använder vid SFR kommer att uppdateras. Dessutom pågår det ett arbete att ta fram en gemensam avfallsdatabas för kärnkraftverken, SKB och Studsvik. Den gemensamma databasen är tänkt att hantera all information beträffande låg- och medelaktivt avfall som ska deponeras i SFR och i ett framtida SFL.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun noterar att SKB använder termen ekonomiskt rimligt i samband med att de skriver om aktivitetsspridning och persondoser orsakade av läckage från SFR. Kommunen utgår från att oavsett vad som anses som ekonomiskt rimligt så kommer säkerheten alltid att vara den absolut viktigaste faktorn.

SSM:s bedömning

I redovisningen hänvisar SKB till de deponeringsregler för styrning av avfall som framgår av tabell 5.1 (sida 66 i Fud-program 2010). Tabellen har tagits fram som en följd av de förelägganden som myndigheten under senare år har riktat mot SKB i syfte att säkerställa att rätt avfall hamnar på rätt plats. SSM anser att tabellen ger en bra överblick av de riktlinjer som numera gäller och tydliggör exempelvis de skärpta regler som nu gäller för deponering av medelaktivt avfall i förvarsdelen BMA. SSM ser positivt på att SKB planerar att genomföra en översyn av deponeringsreglerna som ett underlag till ansökan om utbyggnad av SFR. SSM anser dock att omfattningen av utredningen bör vidgas och inkludera samtliga planerade slutförvarsanläggningar, dvs. markförvar, SFR (befintliga förvarsdelar), SFR (planerade förvarsdelar) och SFL. Inom ramen för översynen bör SKB och avfallsproducenterna även utreda de möjligheter som står till buds för att så

långt som rimligen är möjligt minimera mängden avfall som behöver deponeras, se avsnitt 4.2.1.

Under senare år har kontaminerat vatten påträffats i olika delar av SFR-anläggningen. Nyligen upptäcktes kontaminerat grundvatten i ett antal fack i betongsilon, vilket inte var förväntat. Denna fråga utreds för närvarande men upptäckten pekar på att det finns ett behov att genomföra en översyn av anläggningen. SSM ser därför positivt på den översyn och de åtgärder som planeras.

SSM ställer sig positivt till att SKB och avfallsproducenterna utvecklar och samordnar sina system för registrering av avfallsdata i en gemensam databas för låg- och medelaktivt avfall till SFR och SFL. Redovisningen i Fud-program 2010 klagör dock inte i vilka avseenden som databasen ska utvecklas för att omhänderta de brister och utvecklingsbehov som myndigheten har konstaterat finns i nuvarande system. Ett förbättringsbehov gäller spårbarheten mellan individuella avfallskollin och olika versioner av de s.k. typbeskrivningar som har upprättats. En brist kopplar till hur transuraner i avfallet antas fördelas mellan olika förvarsdelar i SFR. I granskningen konstaterar SSM att den metod som tillämpas exempelvis kan innebära att transuraner i avfall redan deponerat i BMA under 1990-talet bokföringsmässigt långt senare kan komma att flyttas till förvarsdelen silo. Denna metodik är inte godtagbar och behöver uppdateras eftersom den kan leda till ett underskattat inventarium i de mindre kvalificerade förvarsdelarna BTF och BMA.

4.2.3. Utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall

Detta avsnitt motsvarar avsnitt 5.3.1 och 5.3.2 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB redovisar det pågående arbetet med att bygga ut SFR-anläggningen. Arbetet inleddes 2008 och projektet har till uppgift att utarbeta ansökningshandlingar enligt miljöbalken och kärntekniklagen samt en byggplan för utbyggnaden. Projektet löper fram till år 2013 då ansökningshandlingarna planeras att lämnas in.

Den planerade utbyggnaden innebär att anläggningens lagringskapacitet ökar med ca 140 000 m³ från dagens 63 000 m³, till en sammanlagd kapacitet på drygt 200 000 m³. Utbyggnaden dimensioneras att rymma allt tillkommande kortlivat låg- och medelaktivt driftavfall samt allt kortlivat rivningsavfall som bedöms uppstå från rivningen av samtliga kärnkraftverk, inklusive Ågestareaktorn, forskningsreaktorerna i Studsvik och Clink. Vid

dimensionering tas även hänsyn till avfallsvolymer som finns i Studsvik, i vilket avfall från sjukhus, forskning och industri ingår.

SKB presenterar även prognoser på tillkommande avfall. Prognoserna av mängden driftavfall bygger på avtalade volymer med Studsvik och SVAFO, 50 års reaktordrift av reaktorerna i Forsmark och Ringhals och 60 år för reaktorerna i Oskarshamn. Mängden kortlivat driftavfall uppskattas 65 000 m³ och mängden rivningsavfall till 85 000 m³. Prognosen baseras på antagandet att allt rivningsavfall som inte kan friklassas deponeras i SKB:s anläggningar. Prognosen för rivningsavfall baseras på preliminära versioner av rivningsstudier och en ny uppskattning kommer att tas fram under 2011.

SKB anger i Fud-program 2010 att utbyggnaden av SFR avses att dimensioneras för mellanlagring av långlivat avfall från kärnkraftverken. Utbyggnaden ska dimensioneras efter kraftbolagens behov och när i tiden som SFL planeras att stå klart för att ta emot avfall.

Remissinstansernas synpunkter

Opinionsgruppen för säker slutförvaring saknar i redovisningen av Loma-programmet en koppling till den kravbild som kan förväntas i den kommande miljöprövningen. Det vill säga koppling till målet hållbar utveckling, redovisning av BAT, alternativa metoder och lokalisering.

Östhammars kommun ställer frågan hur SKB kan säkerställa att nuvarande slutförvar för radioaktivt driftavfall (SFR 1) lever upp till de krav som kommer att gälla på ett nytt SFR, när tidsbegreppen ändras från 500 år till 10 000 år. Nuvarande SFR 1 är ett slutförvar för låg- och medelaktivt kortlivat driftavfall, som byggdes 1983 samt driftsattes 1988 enligt dåvarande säkerhetskrav. Den tidshorisont som slutförvaret för låg- och medelaktivt kortlivat driftavfall och rivningsavfall ska ha på långsiktig säkerhet och barriärfunktioner är 10 000 år.

SSM:s bedömning

I yttrandet över kompletteringen av Fud-program 2007 framförde SSM att myndigheten förväntar sig en utförligare analys i Fud-program 2010 av olika utbyggnadsalternativ, t.ex. dimensionering av olika etapper. SSM anser att SKB:s redovisning av vilket avfall som inkluderas i dimensioneringen av utbyggnaden allt jämnt behöver förtydligas, särskild vad det gäller avfall från anläggningarna i Studsvik. Redovisningen är oklar om slutförvaret ska dimensioneras för att rymma det avfall som anges i uppkomna avtal, eller utgående från befintligt avfall på anläggningen samt det avfall som uppstår vid rivningen av forskningsreaktorerna. SKB behöver förtydliga om utgångspunkterna för dimensioneringen är praktiska (befintligt avfall samt reaktoravfall) eller administrativa (enligt gällande avtal). SKB behöver även

förtydliga om man avser att inkludera avfall från avvecklingen av andra anläggningar i Studsvik än avfall från avvecklingen av reaktorerna R2 och R2-0.

SSM noterar att det finns en betydande skillnad mellan den prognosticerade avfallsmängden (ca 150 000 m³) och den planerade utbyggnadskapaciteten (200 000 m³). Vad som motiverar denna, som det förefaller, överdimensionering av deponeringskapaciteten är oklart för SSM. Avser SKB eller tillståndshavarna dessutom att markförvara delar av rivningsavfallet blir skillnaden mellan förväntat behov och planerad kapacitet än större (SKB bedömer att cirka en tredjedel av rivningsavfallet kan friklassas eller markförvaras). SSM ser därför positivt på den uppdatering av rivningsstudierna som avses tas fram under 2011. Denna studie utgör ett nödvändigt underlag till en mer genomarbetad strategi som behöver tas fram

SSM noterar att SKB inte förefaller ha inkluderat tid för myndighetsgranskning av den sekvens av säkerhetsredovisningar som ska granskas och godkännas inför uppförande, provdrift och rutinmässig drift. Tillräcklig tid för dessa granskningar behöver finnas avsatt och SSM anser därför att SKB:s tidsplan behöver uppdateras eller förtydligas.

4.2.4. Lokalisering av slutförvaret för kortlivat rivningsavfall

Detta avsnitt motsvarar avsitt 5.3.3 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB hänvisar till den lokaliseringsutredning som har genomförts inom ramen för pågående samråd av olika lokaliseringsalternativ. Enligt SKB har inget av dessa alternativ befunnit vara bättre än en utbyggnad av den befintliga SFR-anläggningen. Man avser att genomföra en säkerhetsanalys för att undersöka att den valda platsen är lämplig även på lång sikt.

Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun framför att myndigheterna ska betrakta en ansökan om en utbyggnad av SFR som om det redan befintliga förvaret inte existerade. Detta innebär att lokaliseringsprincipen ska tillämpas, vilket innebär att platsen ska vara lämplig med hänsyn till att ändamålet ska kunna uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön. Kommunen framför vidare att man inte anser att den platsvalsutredning som presenteras i rapporten P-10-35 (SKB, 2010) räcker för att motivera att Forsmark är bästa platsen för en lokalisering av SFR. Enligt kommunen behöver SKB utvärdera fler platser för att kunna motivera varför Forsmark är den bästa platsen.

SSM:s bedömning

Tidigare uttalanden från myndigheterna

SSI framförde synpunkter rörande lokaliseringen redan vid det första samrådsmötet rörande utbyggnaden av SFR som ägde rum den 28 november 2007 (SSI dnr 2007/4094-257). Dessa specificerades i SSI:s yttrande över Fud-program 2007 där myndigheten angav att "SKB i en tillståndsansökan behöver motivera val av plats och metod i enlighet med myndigheternas föreskrifter. Som en viktig del i detta underlag behöver SKB visa att en lokalisering vid det befintliga slutförvaret med utgångspunkt för det långsiktiga strålskyddet och med hänsyn till ekonomiska och samhälleliga konsekvenser." SKI framförde i sin granskning av Fud-program 2007 att "[...] frågan om lokalisering av SFR 3 till det befintliga SFR 1 är något som måste kunna motiveras i en ansökan om utbyggnad."

SSM:s bedömning av Fud-program 2010

De krav som SSM:s föreskrifter ställer, och som förtydligas i de allmänna råden, innebär att förlägningsplats, utformning, bygge och drift av slutförvaret bör väljas för att förhindra, begränsa och fördröja utsläpp från både tekniska och geologiska barriärer så långt som är rimligt möjligt. Vid en sådan samlad analys bör faktorer av betydelse för den långsiktiga strålsäkerheten värderas mot andra faktorer av betydelse för lokaliseringen, t.ex. kostnader, infrastruktur, tidsplaner m.m. Myndigheten anser således att det är rimligt att ta hänsyn till den redan existerande SFR-anläggningen när frågan om en utbyggnad av slutförvarskapaciteten prövas. Myndigheten delar således inte fullt ut den synpunkt som framförs av Östhammars kommun. Som framgår nedan delar myndigheten kommunens bedömning att den utredning som SKB har tagit fram är otillräcklig för att motivera att Forsmark är den bästa platsen för en lokalisering av rivningsförvaret.

SSM anser att SKB:s redovisning av lokaliseringsarbetet av SFR-utbyggnaden är alltför kortfattad i Fud-program 2010. SKB hänvisar, utan att specifikt referera till en studie av olika lokaliseringsalternativ (SKB, 2010) som har tagits fram inom ramen för Projekt SFR-utbyggnad. SSM har liksom Östhammars kommun tagit del av en preliminär version av denna utredning inom ramen för det pågående samrådet. I utredningen har SKB jämfört en lokalisering vid SFR med tre andra alternativa platser; en förläggning 1) i samma bergdomän som det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle i Forsmark, 2) under havet utanför Simpevarpshalvön samt 3) i det område vid Laxemar som undersökts i arbetet med att lokalisera ett slutförvar för använt kärnbränsle.

SSM har inom ramen för det pågående samrådet vid ett möte den 17 december 2010 gett följande synpunkter på utredningen.

SSM anser att utredningen i grunden är väl strukturerad. SKB:s utredning genomförs i tre steg – 1) identifiera krav på platsen, 2) identifiera tänkbara platser som sedan 3) utvärderas mot ställda krav. Problemet består huvudsakligen i brister i de analyser som genomförs och SSM anser, liksom Östhammars kommun, att SKB behöver vidareutveckla och fördjupa samtliga delar av analysen.

De krav och önskemål som ställs på en plats för slutförvaret behöver på ett tydligt sätt utgå från den tänkta utformningen av förvaret, där hänsyn tas till de olika förvarsdelarnas olika barriärer och barriärsfunktioner. SKB behöver även på ett tydligare sätt återkoppla till vilka erfarenheter som man har dragit från de analyser av det befintliga SFR som har genomförts. De krav och önskemål av betydelse från strålsäkerhetssynpunkt som identifieras behöver sedan värderas för ett antal olika tänkbara platser.

De platser som väljs ut för analysen och den platsanpassning av slutförvaret som görs behöver ske på ett mer förutsättningslöst sätt. Enligt SSM:s bedömning borde dessutom platsanpassningen av förvarets utformning för de olika alternativa platserna kunna genomföras på ett sådant sätt att vissa av attribut, som delvis blir utslagsgivande i analysen, skulle kunna undvikas.

SSM anser att analysen i allt för stor utsträckning begränsas till en värdering av aspekter av betydelse för genomförbarhet och kostnader. Bristen ligger i att de geologiska skillnader som identifieras och som skiljer sig mellan platserna inte värderas från strålsäkerhetssynpunkt.

4.2.5. Teknikutveckling för slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall

Detta avsnitt motsvarar avsnitt 5.4 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

I allmänna ordalag anger SKB att den planerade utbyggnaden så långt som rimligt är möjligt ska utformas så att aktivitetsspridningen och persondoser minimeras. Största delen av det avfall som kommer att placeras i ett utbyggt SFR kommer att vara lågaktivt och bedöms kunna förvaras i förvarsdelar som motsvarar dagens BLA. Utifrån drifterfarenheter och erfarenheter från den senaste säkerhetsanalysen kommer förändringar i barriärerna i förvarsdelen att ses över. För den mindre mängden av avfallet som är medelaktivt kommer mer avancerade barriärer att behövas. SKB anger att utvecklingsarbetet kommer att utgå från de erfarenheter man har av de olika utformningarna på förvarsutrymmen i det befintliga SFR.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun anger att en eventuell utbyggnad av SFR påminner mycket i sin konstruktion om befintligt SFR. Det bör därför utvecklas och redovisas vilka förändringar som skett över tid när det gäller avfallstyper, konditioneringsmetoder och konstruktionsförutsättningar i själva förvaret för att kunna göra en bedömning av BAT i hela systemet.

SSM:s bedömning

I granskningen av kompletteringen av Fud-program 2007 konstaterade SSM att myndigheten inom ramen för det pågående samrådet regelbundet fått mer detaljerad information rörande planerna för utbyggnadsarbetet än vad som presenterats i Fud-programmet. Myndigheten efterlyste en mer detaljerad redovisning i Fud-program 2010 av bl.a. utbyggnadens utformning.

SSM kan konstatera att redovisningen har fördjupats något jämfört med tidigare redovisningar. Av redovisningen framgår att ett antal BLA-liknande förvarsdelar planeras att uppföras. För att en kommande utbyggnad ska uppfylla det föreskrivna kravet på bästa möjliga teknik, kan förstärkningar av barriärsfunktionen för denna typ av förvarsdela vara nödvändiga. Det är därför positivt att SKB nu anger att man avser att utreda möjliga åtgärder rörande förändringar av de tekniska barriärerna i förvarsdelen och i samband med konditionering av avfallet. Redovisningen är dock alltför kortfattad för att SSM ska kunna ta ställning till programmet.

En viktig slutsats från SSM:s granskning av SKB:s senaste säkerhetsredovisning för SFR gäller osäkerheter i den långsiktiga funktionen av barriärerna i förvarsdelen BMA, i första hand den långsiktiga utvecklingen och degraderingen av betongbarriären. SSM ställer sig därför i princip positivt till de utredningar som planeras att genomföras, t.ex. avseende att komplettera ett framtida BMA-förvar med en bentonitbarriär, men även i detta fall så medger inte SKB:s kortfattade redovisning en någon djupare granskning.

4.2.6. Markförvar

Detta avsnitt motsvarar avsnitt 5.5 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB hänvisar till en förstudie som har gjorts av möjligheterna att omhänderta rivningsavfall i markförvar. SKB hänvisar vidare till de rivningsstudier som blir klara 2011 för att kunna ta fram en bättre uppskattning av de volymer som kan bli aktuella för deponering i markförvar.

Remissinstansernas synpunkter

Oskarshamns kommun konstaterar beträffande markförvar att sådana finns idag för mycket lågaktivt driftavfall. Ett sådant förvar finns bl.a. vid kärnkraftverket i Oskarshamn. Markförvar övervägs också för framtida rivningsavfall. Efter 50 år uppges detta avfall inte vara farligt ur strålnings-synpunkt. I Fud-program 2010 anges att SSM anser att det genom nu gällande villkor finns ett väl etablerat regelverk som kärnkraftsägarna och SKB kan utgå från. Generellt tillämpbara föreskrifter för markförvaring saknas dock. Kommunen vill därför ha klarlagt om befintliga markförvar ska avvecklas och om så är fallet hur detta ska ske. Kommunen ställer också frågan om det i de aktuella förvarerna finns avfall som i annat avseende än radioaktivitet är farligt för hälsa och miljö, t.ex. tungmetaller eller toxiska organiska föreningar och om denna aspekt har beaktats i ett tidsperspektiv som sträcker sig längre än 50 år. Kommunen undrar också över vilket regelverk som ska gälla för kvarlämnade markförvar när de ur strålnings-synpunkt är ofarliga.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på de initiativ som har tagits angående för att erhålla en bättre uppskattning av vilka mängder rivningsavfall som avses markförvaras. Informationen i Fud-program 2010 angående det arbete och förstudier som har genomförts är dock alltför knapphändig för att kunna bedömas. Exempelvis återfinns igen referens till någon rapport om förstudien kring markförvaring. Det framgår heller inte när det strategiska beslutet om deponering i markförvar ska tas.

SSM anser att det är angeläget att industrins avsikter med eventuell markförvaring av mycket låg aktivt avfall vidareutvecklas och konkretiseras, i synnerhet med tanke på den starka kopplingen till dimensioneringsbehovet av ett SFR för rivningsavfall.

SSM anser, liksom framgår av avsnitt 4.2.2 att markförvarsanläggningar behöver ses som en del i ett större system av olika möjligheter att omhänderta avfall. Riktlinjer behöver utvecklas av industrin för vilket avfall som kan och bör slutförvaras genom markförvaring. Avfall som kan återvinnas eller återanvändas på ett miljö- och strålskyddsmässigt och kostnadseffektivt sätt bör enligt SSM:s syn inte deponeras. Flera remissinstanser delar denna bedömning. Som SSM redan har framfört i denna granskning, behöver de riktlinjer för styrning av avfall mellan de olika förvarsdelarna i SFR, även inkludera markförvar och SFL.

4.3. Hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall

I detta avsnitt kommenteras kapitel 6 i Fud-program 2010, hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall.

4.3.1. Långlivat radioaktivt avfall

SKB:s redovisning

Det långlivade låg- och medelaktiva avfallet består i huvudsak av hårdkomponenter, styrcylindrar från BWR, långlivat avfall från Studsvik, industri, forskning och sjukvård samt vad som kan kallas historiskt avfall från den tidiga svenska kärnenergiforskningen. Enligt SKB:s planering ska ett slutförvar för långlivat avfall, det så kallade SFL, tas i drift 2045. I avsnitt 4.2.2 av Fud-program 2010 motiverar SKB detta med att mellanlagring av avfallet är mer ekonomiskt effektivt än att bygga SFL tidigare, vilket skulle medföra en lång driftsperiod.

I enlighet med vad som begärdes av myndigheten i samband med granskningen av kompletteringen till Fud-program 2007 har SKB uppdaterat sin prognos för när detta avfall förväntas uppkomma. Den totala volymen anges nu till 10000 m³ konditionerat avfall. Som underlag för prognosen anger SKB ett antal antaganden om bland annat bytesfrekvens för hårdkomponenter och tidpunkter för demontering av reaktorer. Den idag mellanlagrade mängden avfall motsvarar ca 6000 m³. Den stora ökningen av befintligt avfall från senaste säkerhetsanalysen 1999 (1800 m³) beror enligt SKB i stor utsträckning på att historiskt avfall på Studsvik behöver omkonditioneras samt på omdisponering av avfall från SFR till SFL. SKB redovisar också hur mängden SFL-avfall ökar med tiden i form av ett diagram som baseras på preliminära uppskattningar. Detta visar att avfallsvolymen kommer att öka tämligen jämnt fördelat i tiden mellan 2010 och 2045 då SFL är planerat att tas i drift.

SSM:s bedömning

Enligt SSM:s uppfattning har nu SKB tagit fram en betydligt bättre prognos för det långlivade avfallet. Syftet med att myndigheterna begärde en sådan prognos vid granskningen av Fud-program 2007 var att kunna göra en bedömning av om det var rimligt att vänta med färdigställandet av SFL till först 2045. En sådan bedömning bör göras dels utifrån hur stor andel av den totala avfallsmängden som är tillgänglig för deponering vid olika tillfällen, dels utifrån hur stor denna mängd är samt för- och nackdelar med att vänta till 2045.

SSM konstaterar att ca 60 % av avfallet redan producerats, medan det övriga avfallet främst förväntas uppkomma när kärnkraftsreaktorerna rivs, vilket enligt nuvarande planer kommer att ske under 2030- och 2040-talen. Att en så stor del av avfallet redan producerats, talar för en tidigare drifttagning av SFL än vad SKB föreslår. Å andra sidan bör man enligt SSM:s mening också ta hänsyn till storleken på slutförvaret och den årligen tillkommande mängden av avfall. Den totala avfallsvolymen är förhållandevis liten. Volymen motsvarar visserligen bara en enda försvarsdel i befintligt SFR, men enligt SKB:s planer ska slutförvaret bestå av flera olika försvarsdelar. De tillkommande avfallsvolymer enligt SKB:s prognos framstår som relativt jämnt fördelade i tiden. Detta skulle i så fall kunna vara skäl nog att inte föredra någon särskild tidpunkt för drifttagning före den föreslagna, 2045. SSM vill dock framhålla att enligt SKB:s nuvarande prognos kommer så mycket som 95 % av avfallet att finnas tillgängligt för deponering under perioden 2035-2040. Enligt SSM:s uppfattning talar detta för att driften av SFL skulle kunna tidigareläggas i förhållande till SKB:s nuvarande planer. SSM vill samtidigt påminna om att de förutsättningar som SKB angivit för sin prognos kan komma att ändras om kärnkraftverken avvecklas tidigare eller senare.

Det finns alltså flera skäl som talar för tidigare drifttagning av SFL än 2045. Utformningen av slutförvaret behöver dessutom konkretiseras så snart som möjligt för att skapa tydliga förutsättningar för det fortsatta omhändertagandet av avfallet, se vidare under avsnitt 4.3.3 underrubrik övergripande planering.

4.3.2. Mellanlager för långlivat avfall

SKB:s redovisning

Det långlivade avfallet lagras i dag i vattenfyllda bassänger i Clab eller vid kärnkraftverken eller torrt i olika mellanlager, bland annat i Studsvik och i BFA i Oskarshamn. SKB hänvisar till myndigheternas granskning av Fud-program 2007 där det framfördes att SKB bör visa hur behovet av mellanlagring av det långlivade avfallet kommer att tillgodoses. I kompletteringen till Fud-program 2007 beskrev SKB planer för mellanlagring i BFA vid Oskarshamnsverket men även möjligheterna att mellanlagra i ett utbyggt SFR. SKB jämför sedan behovet av lagringskapacitet med den befintliga kapaciteten i olika anläggningar, vilken med god marginal visar sig överstiga de erforderliga 10000 m³. All denna befintliga kapacitet är dock enligt SKB inte tillgänglig vilket gör att SKB fortsätter utreda frågan om mellanlagring i SFR. SKB påpekar också att PWR-tankarna i Ringhals kan komma att ställa särskilda krav på mellanlagringen om de ska hanteras i ett stycke.

Förutom konstruktionsstudier av ett mellanlager i SFR omfattar SKB:s program utveckling av transportbehållare och hanteringsutrustning för de ståltankar med avfall som ska lagras i BFA. SKB uppger i detta sammanhang också att acceptanskriterier för avfall i BFA-tankarna har utvecklats och införts i SKB:s avfallshandbok, vilken anger riktlinjer för avfallshanteringen och hur denna ska redovisas.

Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun anser att olika transportsätt av avfall och material till SFR och SFL bör belysas mer ingående. Det bör också korreleras till transportsystemet för avfall och material som förväntas för slutförvaret för använt kärnbränsle. Det är lämpligt att en utredning av t.ex. miljönyttan av prämtransporter, oaktat godsslag, genomförs.

SSM:s bedömning

SSM har inga större invändningar i sak mot SKB:s analys och redovisning av mellanlagringen. SSM bedömer att SKB och avfallsproducenterna arbetar med relevanta frågeställningar. Frågan om mellanlagring i SFR är dock ännu inte färdigutredd och SSM kommer inte att kunna ta slutlig ställning till denna möjlighet förrän i samband med prövningen av ansökan om utbyggnad av slutförvaret. SSM vill därför uppmana SKB att bättre utreda vilka reella alternativ till mellanlagring i SFR som är möjliga. Redovisning av alternativ kommer för övrigt att behövas som underlag för en ansökan om mellanlagring i SFR. En sådan utredning av transporter som Östhammars kommun efterlyser behöver också ingå i underlaget till ansökan, inklusive alternativredovisningen.

4.3.3. Slutförvar för långlivat avfall (SFL)

SKB:s redovisning

Övergripande planering

SKB delar in programmet för arbetet med SFL i två huvudperioder, en kortsiktig fram till och med en säkerhetsanalys 2016, och en långsiktig mellan 2016 och 2045 då slutförvaret ska tas i drift. Under 2010-2013 avser SKB att utföra en konceptstudie som underlag för val av slutförvarskoncept som sedan ska utvärderas i säkerhetsanalysen 2016. Arbetet i perioden därefter har SKB illustrerat med en tidsplan där bland annat framgår att platsundersökningar kommer att påbörjas 2020, att ansökan inlämnas 2030, samt att uppförande och provdrift kommer att ske 2035-2045. SKB framhåller också att acceptanskriterier för konditionerat avfall inte kommer att kunna tas fram förrän beslut fattats om ett verifierat slutförvarskoncept.

Dessförinnan är det inte lämpligt att kärnkraftsbolagen påbörjar slutlig konditionering av avfall till SFL.

Referensinventarium

Enligt SKB har avfallsströmmarna som ska föras till SFL förändrats bland annat på grund av beslut om förlängda drifttider för kärnkraftreaktorerna och SFR. SKB kommer därför att ta fram ett nytt referensinventarium för SFL till år 2013. Det s.k. historiska avfallet som hanteras av SVAFO genomgår en kompletterande karaktärisering bland annat för att identifiera fat som innehåller vätskor eller andra material som kan försvåra slutförvaringen. De pågående rivningsstudierna för kärnkraftverken kommer också att ge information av betydelse för referensinventariet, liksom inventering av befintligt och planerat avfall från drift och underhåll av reaktorerna.

Förvarskoncept

SKB avser att under 2011 inleda arbetet med att ta fram möjliga konceptuella utformningar av SFL. I huvudsak kommer samma metodik att följas som använts tidigare för slutförvaret för använt kärnbränsle med återkommande utvärderingar och förbättringar av de valda utformningarna. Säkerhetsanalyser kommer att användas inför val av slutlig utformning. På grund av att avfallet består av material med olika egenskaper kommer SFL dock att bestå av flera förvarsutrymmen baserade på olika tekniska lösningar. Arbetet med konceptet omfattar konditioneringsmetoder, avfallskollin, tekniska barriärer och förslutning.

Valet av konditioneringsmetoder och avfallkollins utformning måste enligt SKB ta hänsyn till dels eventuellt redan utförd konditionering dels till kemisk sammansättning som kan påverka den långsiktiga säkerheten. För det historiska avfallet är sammansättning och egenskaper till vissa delar inte kända. Det metalliska avfallet från kärnkraftverken kommer däremot att var väl karaktäriserat. För det senare kan SKB tänka sig deponering i befintliga tankar, eventuellt efter fyllning med betong.

Barriärernas uppgift är enligt SKB främst att begränsa transporten av grundvatten och att sorbera radionuklider. Vidare ska barriärerna vara mekaniskt och kemiskt stabila över mycket långa tidperioder samt ha förmåga att motstå eventuell frysning under en permafrostperiod.

När det gäller förslutning av SFL nämner SKB att man står i begrepp att inleda en studie av metoder och material för förslutning av SFR, och att detta också kommer att ge underlag för beslut om hur förslutningen av SFL ska utformas. Även metodutveckling för förslutning av slutförvaret för använt kärnbränsle kommer att ge underlag.

Naturvetenskaplig forskning

I detta avsnitt hänvisar SKB till att även forskning och program som i första hand gäller SFR och slutförvaret för använt kärnbränsle är av betydelse för SFL. SKB uppger att de under 2009 och 2010 har genomfört en sammanställning av kunskapsläget på viktiga forskningsområden när det gäller SFL, liksom en genomgång av möjliga tekniska koncept. Detta underlag kommer att användas för att fatta beslut om vilka forskningsprojekt som ska påbörjas under kommande treårsperiod. SKB nämner några områden inom vilka projekt inletts under 2009 och som kommer att pågå under flera år:

Åldersförändringar hos cementbaserade mineral som har betydelse för bedömning av kemin i slutförvaret och av hur vattengenomströmning begränsas.

Korrosion av metaller i förvarsmiljö, som styr frigörelsen av radionuklider från metalliskt avfall. Försök pågår vid Äspölaboratoriet och motsvarande studier kommer också att genomföras i laboratoriemiljö.

Nedbrytning av organiskt avfall i cementmiljö, som kan ge upphov till ämnen som genom komplexbildning motverkar radionuklidernas sorption. Ett projekt har inletts där olika material gjutits in i cement och placerats i borrhål i Äspölaboratoriet. Även laboratorieförsök planeras baserat på en kartläggning av kunskapsläget.

SKB nämner även att ett projekt initierats för att studera *gaspermeabilitet hos betong och cement* och hur denna utvecklas i ett långtidsperspektiv.

Remissinstansernas synpunkter

Boverket konstaterar att en av de anläggningar som ska byggas längre fram men som förutsätter mer utvecklingsarbete är slutförvaret för långlivat avfall (SFL). Det är angeläget att utvecklingsarbetet för denna anläggning går framåt så att avsaknaden av anläggningen inte försenar beslutade rivningar av kärnkraftverk och andra kärntekniska anläggningar. Boverket menar att det kan vara lämpligt att börja precisera vilka krav och andra utgångspunkter som bör gälla för dess lokalisering.

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Nils-Axel Mörner konstaterar att det långlivade avfallet måste hållas avskilt från biosfären i minst 100 000 år precis som kärnbränsleavfallet. Därför måste enligt Mörner en fast plan finnas för hur detta förvar ska se ut. En modifikation av ett s.k. DRD-förvar synes därför vara en inte bara tänkbar utan närmast idealisk lösning enligt Mörner, som uttrycker sin besvikelse över att man inte låtit

Mörners grupp utarbeta adekvata beskrivningar och presentationer. Det temporära BFA-lagret är under alla förhållanden enligt Mörner direkt förkastligt.

Östhammars kommun konstaterar att SKB planerar att under 2010 inleda arbetet med att identifiera möjliga förvarskoncept för SFL. När detta görs är det viktigt att SKB beskriver vilka krav man har på berget med valt förvarskoncept. Säkerhetsanalysen som SKB kommer att ta fram för SFL sträcker sig över mycket lång tid. Till skillnad från slutförvaret för använt kärnbränsle kommer SFL att innehålla en mängd olika material. Säkerhetsanalysen för SFL bör behandla hur dessa material förändras över tid och hur detta kan komma att påverka säkerheten.

Kommunen noterar vidare att inför valet av förvarskoncept för SFL bör man också titta på om och hur avfallet ska konditioneras. Östhammars kommun upplever att arbetet med platsval, metodval och säkerhetsanalys kan bli mer komplext med anledning av den variation i struktur och typ av avfall som kan förväntas.

Östhammars kommuns konsult Pereira ställer frågor om SKB inte tänkt sig att SFL ska vara i Östhammars kommun och om det finns alternativa kandidatplatser. Pereira anser att i så fall bör SKB precisera, helst under den nuvarande Fud- perioden, vilka dessa potentiella platser är.

SSM:s bedömning

Övergripande planering

SKB:s planering för SFL är tydligare och framstår enligt SSM:s uppfattning som bättre underbyggd än i Fud-program 2007. Enligt SSM bör dock SKB grundligare utreda och redovisa för- och nackdelar för olika tidpunkter för drifttagandet av SFL. Utredningen bör ta hänsyn till såväl avfallsets uppkomst som möjligheter och begränsningar i utvecklingsarbetet för SFL.

Indelningen av arbetet med utvecklingen av SFL i olika faser synes enligt SSM vara rimlig och tar hänsyn till SKB:s andra verksamheter av samma slag såsom uppförandet av slutförvaret för använt kärnbränsle och utbyggnaden av SFR. Möjligheterna att nämnvärt förkorta tiden fram till driften av *hela* SFL framstår visserligen som begränsade enligt SKB:s planering, men SSM kan också konstatera att SKB inte närmare motiverar de tider som anges för olika faser. En förkortning av tiden för utvecklingen av SFL skulle enligt SSM:s mening därför kunna vara möjlig.

Med tanke på att väsentliga delar av avfallet redan finns, och osäkerheter kopplade till tidpunkten för en framtida avveckling och rivning bör även alternativet stegvis utbyggnad av SFL utredas. Av myndighetens granskning

av kompletteringen av Fud-program 2007 framgår att detta var en av de viktigaste frågeställningar som behövde utvecklas till Fud-program 2010. Möjligheterna att uppföra någon eller några av dessa försvarsdelar i ett tidigare skede, och resterande i ett senare skede, bör således utredas och jämföras med alternativen att anläggningen uppförs och tas i drift i sin helhet vid ett tidigt respektive vid ett senare tillfälle. I analysen bör även frågan om tillgång till personella och kompetensmässiga resurser utvärderas. SKB bör även beakta den ambition för omhändertagande av avfallet som de nationella miljömålen ger uttryck för.

Ett stegvist utbyggande skulle också innebära att riktlinjer kan utvecklas tidigare för hur omhändertagandet av avfallet bör ske på ett från strålsäkerhetssynpunkt godtagbart sätt. Exempel på sådana riktlinjer, som idag väsentligen saknas, gäller avfallens karaktärisering och konditionering av betydelse för slutförvaringen. En påbörjad slutförvaring minskar även risken för att omhändertagandet av redan befintligt avfall successivt skjuts allt längre in i framtiden, t.ex. till följd av förlängda drifttider för befintliga reaktorer.

SSM noterar även att tidsplanen inte inkluderat tid för en stegvis platsvalsprocess. SSM ställer sig frågande till detta. SSM konstaterar att SKB anger att tidsplanen bygger på utgångspunkten att förvaret ska förläggas på en plats som SKB tidigare har god kännedom om. Det framgår dock inte klart om detta ska tolkas som att SKB inte ser ett behov av en stegvis process motsvarande den som ägt rum för förvaret för använt kärnbränsle. Vilket behov som det faktiskt föreligger för SKB att genomföra platsundersökningar på ytterligare platser beror på vilka krav som förvaret ställer på berget. SSM anser därför att SKB i sin planering behöver ta med i beräkningen att ytterligare platsundersökningar kan visa sig bli aktuella, även om detta skulle medföra en försening av denna del av programmet i förhållande till SKB:s nuvarande planer.

Referensinventarium

Ett väl underbyggt inventarium är enligt SSM:s en viktig komponent inför planeringen av ett slutförvar. SKB tog fram ett sådant referensinventarium till säkerhetsanalysen 1999 och som SSM framförde i yttrandet över kompletteringen av Fud-program 2007 kan SKB även fortsättningsvis i viss utsträckning bygga på detta referensinventarium. SSM ser samtidigt positivt på det utvecklingsarbete som planeras. Ett välunderbyggt inventarium är dessutom enligt SSM:s uppfattning helt avgörande inför tillståndsprovningen. SSM förväntar sig att det nya referensinventariet blir av minst lika god kvalitet som det som togs fram inför säkerhetsanalysen

1999. För att detta ska vara möjligt krävs att tillräckliga resurser sätts in inte bara av SKB utan också av avfallsproducenterna.

Förvarskoncept

SSM konstaterar att SKB:s planering inför utarbetande av slutförvarskoncept följer väl etablerade principer. SSM ser positivt på SKB:s intention att välja slutförvarskoncept baserat på säkerhetsanalyser. Därmed kan mer utvecklade acceptanskriterier för avfallet utvecklas och tillämpas under tiden fram till dess deponering kan påbörjas i SFL. Av den kortfattade redovisningen är det dock svårt att få en tydlig bild av inriktningen i arbetet, t.ex. vilken eller vilka typer av förvarskoncept som övervägs av SKB.

En särskild fråga gäller i vilken utsträckning som förvaret kommer att anpassas till det avfall som redan existerar och som redan har förpackats (konditionerats) inför mellanlagringen. Krav på avfallens konditionering och karaktärisering har hittills inte kunnat ställas utifrån slutförvarssynpunkt. Avfallet har därför, med några undantag, förpackats på ett reversibelt sätt. Det finns dock såväl ekonomiska som strålskyddsmässiga skäl att inte behöva konditionera om avfallet i framtiden. SSM anser därför att SKB på ett utförligare sätt behöver beskriva vilken betydelse det befintliga avfallens egenskaper har för utformningen av olika förvarsutrymmen, särskilt som många av dessa egenskaper redan är väl kända från SFR.

Naturvetenskaplig forskning

Enligt SSM:s uppfattning överensstämmer SKB:s program på detta område i stora delar med motsvarande program för SFR. Det hade därför varit värdefullt med en liknande systematik för redovisningen som SKB använt i kap. 20 av Fud-program 2010. Centrala frågor för SFL är behovet av kunskap om korrosion av metaller och konsekvenserna av gasbildning till följd av korrosionen. SKB ger ingen tydlig bild av vad programmet kommer att innehålla i detta avseende och SSM förväntar sig därför en förbättring i detta avseende i nästkommande Fud-program.

4.4. Avveckling och rivning

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på kapitel 7, ansvar, planering och teknik för avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar, i SKB:s Fud-program 2010.

4.4.1. SSM:s synpunkter på kompletteringen av Fud-program 2007

SKI:s och SSI:s utlåtande över delarna av Fud-program 2007 som avsåg avveckling och rivning föranledde regeringen att kräva att programmet skulle kompletteras med dels en sammanställning av kärnkraftsföretagens avvecklingsplaner och dels en redovisning av hur Vattenfall AB avser att uppfylla sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen för Ågesta kraftvärmereaktor.

SSM lämnade följande synpunkter efter sin granskning av kompletteringen av Fud-program 2007.

SSM framförde att samordningen mellan SKB:s planer och program och de enskilda kärnkraftsföretagens planering borde förbättras i Fud-program 2010.

SSM ansåg i granskningen av kompletteringen av Fud-program 2007 vidare att det i Fud-program 2010 skulle ingå en översiktlig beskrivning av de åtgärder som ligger utanför SKB:s åtagande gentemot kraftbolagen. Redovisningen förväntades ge en översikt över de planer och strategier som görs av kärnkraftsbolagen samt visa hur SKB:s planer och program är anpassade till detta. I redovisningen förväntades även en beskrivning av vilka volymer och slag av avfall som förväntas uppkomma, vid vilka tidpunkter avfallet kan uppkomma, samt när och hur det ska omhändertas. Därutöver framförde SSM att det i Fud-program 2010 borde framgå vilken flexibilitet som finns för eventuella förändringar i kärnkraftsbolagens tidsplaner för drift och rivning eller i strategier för omhändertagande av avfall.

SSM framförde därutöver att Fud-program 2010 skulle innehålla en uttömmande redovisning av ansvarsfördelningen och vilka mandat som getts SKB på detta område. SSM framförde vidare att det av redovisningen tydligt skulle framgå vem som ansvarar för planering och genomförande av samtliga de åtgärder som krävs för att på ett strålsäkert sätt avveckla och riva stängda anläggningar samt hur planering och genomförande samordnas. Vidare ansåg SSM att det i Fud-program 2010 borde framgå hur och i vilken omfattning kärnkraftsföretagens redovisningsskyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen delegerats till SKB.

SSM ansåg att en sammanställning av avvecklingsplanen för Ågesta skulle ingå som en del av Fud-program 2010.

SSM framförde även att Fud-program 2010 borde inkludera tydliga åtaganden från de parter som ska svara för att åtgärderna genomförs. Oavsett hur redovisningen skulle göras borde det tydligt framgå att tillståndshavarna står bakom det inlämnade materialet.

4.4.2. Ansvarsfördelning och SKB:s mandat

SKB:s redovisning

SKB anger att tillståndshavarna har ansvar att avveckla och riva de radioaktiva delarna av anläggningarna. SKB beskriver de krav som gäller enligt SSM:s föreskrifter och enligt miljöbalken.

SKB beskriver hur samordning av avvecklingsfrågor sker mellan kärnkraftsföretagen, Studsvik, SVAFO och SKB genom den rivningsgrupp som etablerats. SKB anger att de har ett uppdrag att delta i planering och genomförande av rivningar och att driva slutförvar för rivningsavfall. SKB:s huvudsakliga uppgift är enligt redovisningen att utveckla generella metoder och rutiner för rivningsarbetet, att göra aktivitets- och volymsuppskattningar samt att klassificera avfall. SKB ansvarar också för kostnadsuppskattningar för avveckling och rivning av kärnkraftverken, exklusive Ågesta.

Enligt redovisningen består SKB:s uppgift i att omhänderta det konditionerade radioaktiva avfallet från rivning. Ansvarsfördelningen åskådliggörs i en figur, enligt vilken SKB ansvarar för transporter till och från sina egna anläggningar. SKB har även till uppgift att bevaka den internationella utvecklingen inom området och följa den teknikutveckling som sker.

SSM:s bedömning

SKB:s beskrivning av ansvarsfördelningen är mycket kortfattad och delvis oklar. SSM hade förväntat sig en betydligt mer uttömmande beskrivning av ansvarsfördelningen och vilket mandat som givits SKB, vad gäller både planering och genomförande av avveckling.

SSM tolkar beskrivningen av arbetet i rivningsgruppen som att SKB deltar i *avvecklingsplaneringen* genom att, utifrån underlag som tillhandahålls av tillståndshavarna, göra uppskattningar av avfallsvolymer och aktivitetsinnehåll i olika avfallskategorier. På vilket sätt SKB ska delta vid *genomförandet* av rivningar framgår inte, eller vad som menas med att SKB ska utveckla ”generella metoder och rutiner” för rivningsarbetet.

SKB:s illustration av ansvarsfördelningen visar att kärnkraftsföretagen ansvarar för lokal mellanlagring och slutförvaring. Detta stämmer inte med

beskrivningen i texten, enligt vilken SKB har till uppgift i att omhänderta allt det konditionerade radioaktiva avfallet från rivning.

Det framgår inte hur och i vilken omfattning kärnkraftsföretagens redovisningsskyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen delegerats till SKB.

Mot bakgrund av ovanstående konstaterar SSM att beskrivningen av ansvarsfördelning och mandat behöver förtydligas i kommande redovisning av Fud-programmet. Detta skulle exempelvis kunna göras i form av en tabell som anger huvudsakliga moment för planering, förberedelse och genomförande av avveckling, med angivande av vilken aktör som ska svara för att momentet genomförs. Beskrivningen av hur redovisningsskyldigheten enligt 12 § delegerats till SKB skulle kunna göras i form av en redogörelse för innehållet av väsentliga delar i aktuellt avtal mellan kärnkraftsföretagen och SKB.

4.4.3. Kärnkraftsföretagens planer och strategier

SKB:s redovisning

SKB anger att det ännu inte finns detaljerade avvecklingsplaner för kärnkraftverken, utom för Barsebäck, där fördjupade studier pågår. Övriga tillståndshavare avser att uppdatera sina preliminära avvecklingsplaner under 2011. Samordning kommer att ske i rivningsgruppen och SKB avser att uppdatera de branschgemensamma dokumenten ”Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk” och ”Struktur på avvecklingsplan för kärntekniska anläggningar, guideline”.

SKB redogör för överväganden som görs av kärnkraftsföretagen inför framtida avveckling. Av sammanställningen framgår följande:

Barsebäck

SKB beskriver aktuell situation i Barsebäck och BKAB:s rivningsstrategi. Mängden avfall till SFR anges till ca 18000 ton. Förberedelser pågår för att kunna montera ner och transportera hela reaktortankar. Mängden radioaktivt material som kan friklassas uppskattas till ca 2500 ton.

Forsmark

SKB anger att FKA:s preliminära avvecklingsplan utgår från att reaktorerna drivs i 40 år och att anläggningen därefter hålls i servicedrift ett tiotal år innan rivningen påbörjas. Samtidigt anger SKB att de rivningsstudier som för närvarande genomförs bygger på FKA:s nu aktuella planering att driva sina reaktorer i minst 50 år och att servicedriften därefter blir så kort som

möjligt och inte pågår längre än fem år. FKA utesluter enligt SKB inte att det kan bli aktuellt att markförvara rivningsavfall.

Oskarshamn

SKB anger att OKG:s preliminära avvecklingsplan utgår från att reaktorerna drivs i 60 år. SKB anger att detta överensstämmer med plan som är aktuell idag. SKB anger vidare att olika avvecklingsalternativ studerats. I ett senare skede, inför slutlig avställning av reaktorerna, avser OKG enligt SKB att fatta beslut om eventuell markförvaring av rivningsavfall.

Ringhals

SKB anger att Ringhals AB i sin preliminära avvecklingsplan utgår från en drifttid på 40 år för R1/R2 och 50 år för R3/R4. Ringhals plan är enligt SKB att reaktortankarna ska transporteras och deponeras utan segmentering. Ringhals utgår i sin planering från att markförvar kan utnyttjas. SKB anger därefter att de rivningsstudier som för närvarande genomförs utgår från drifttiden 50 år för samtliga reaktorer. SKB anger vidare att planen för omhändertagande av reaktortankar från tryckvattenreaktorerna behöver ses över.

Ågesta

SKB anger att Vattenfall AB har givit SVAFO i uppdrag att avveckla och riva kraftvärmereaktorn i Ågesta. SKB beskriver aktuell situation i anläggningen och vilka överväganden som görs inför en framtida rivning. SKB beskriver de speciella förhållanden som gäller för transporter från Ågesta och att det kommer att krävas ett särskilt tillstånd för transport av farligt gods på allmän väg. SKB anger att rivningsstudien för Ågesta kommer att uppdateras 2010-2011.

Remissinstansernas synpunkter

Kävlinge kommun framhåller att kommunen inte under några omständigheter kommer att godkänna en ändring av detaljplanen för nuvarande Barsebäcksverket så att tillståndshavaren ska kunna uppföra markförvar för långvarig förvaring av kärnavfall. Detta strider helt mot intentionerna när regeringen beslutade att stänga anläggningen. Vikten av att inget kärnmaterial skulle finnas och brukas nära Köpenhamn kvarstår så länge inte svenska regeringen beslutar annat. Fullständig avveckling innebär att allt radiologiskt material i kärn-, drift- och rivningsavfallet borttransporteras från anläggningen så att den kan radiologiskt friklassas.

Kommunen betonar att så länge inga nya kärnreaktorer planeras tas i drift eller ersätta nuvarande finns bara ett planeringsperspektiv för Kävlings kommun nämligen fullständig rivning och återställande av marken för

exploatering för boendeändamål, vilket även framgår av kommunens 2010 års översiktsplan.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk anser att berörda kommuners behov och synpunkter kring rivning av anläggningar måste beröras, särskilt konsekvenserna av olika tidplaner för rivning. Kompetensfrågorna är också av vikt. Det krävs kunskaper kring avställning, avveckling och nedmontering för att på ett säkert sätt kunna riva kärnkraftverken. En unik kunskap som på sikt kommer att försvinna eftersom den idag finns hos en begränsad men kunnig grupp. Förlusten av kompetent personal och frågan om kompetensbevarande insatser är också faktorer av vikt vid planeringen av rivningen av en kärnteknisk anläggning.

Säkerhetsnämnden anser vidare att det bör klarläggas om befintliga markförvar i Oskarshamn på lång sikt kan avvecklas och hur detta ska ske i så fall. I sammanhanget är det projekt som inletts vid OKG och Studsvik av intresse när det gäller att utveckla en metod för volymminskning av komponenter och hur denna metod kan utvecklas och appliceras på fler komponenter. Härigenom kan mer material packas i varje kolli och behovet av utrymme i förvaren minskar.

Säkerhetsnämnden noterar att SKB framhåller att en stor källa till osäkerhet är möjligheten att en del av rivningsavfallet friklassas eller placeras i markförvar i stället för i SFR. Säkerhetsnämnden bedömer att friklassning av såväl material, lokaler, byggnader och mark bör innebära att dessa resurser kan återvinnas eller användas för annan verksamhet, vilket innebär en hushållning med naturresurser som är positiv ur miljösynpunkt. Lokal deponering eller återanvändning av rivningsmassor bör även leda till kortare transporter än vad som vore fallet om materialet skulle behöva hanteras som radioaktivt avfall och deponeras i ett slutförvar.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att detta Fud-program, liksom tidigare program, endast innehåller en redogörelse av SKB för en del av de överväganden som görs av kärnkraftsföretagen inför framtida avveckling. Detta leder till oklarheter kring vilka planer som egentligen gäller, vilket framgår av SSM:s granskningsresultat nedan.

Barsebäck

Den mängd SFR-avfall som anges av SKB inkluderar komponenter som antas kunna friklassas. Av förtydliganden som SSM begärt av BKAB:s avvecklingsplan framgår att mängden avfall till SFR uppskattas till ca 15000 ton. SKB:s beskrivning av planerad hantering av reaktortankar indikerar att det är BKAB:s avsikt att hantera dem i ett stycke, men enligt BKAB:s plan är detta inte beslutat. SSM bedömer vidare att mängden material som

kommer att behöva genomgå en friklassningsprocedur är avsevärt större än den mängd som SKB anger, eftersom den angivna mängden endast gäller processutrustning som förväntas vara kontaminerad.

Forsmark

SKB:s redovisning innehåller ingen översiktlig beskrivning av de åtgärder som planeras av FKA. Den beskrivning som ges innehåller motsägelsefulla uppgifter om FKA:s planer.

Oskarshamn

SKB:s redovisning innehåller ingen översiktlig beskrivning av de åtgärder som planeras av OKG. Redovisningen anger att det finns en ny plan för avvecklingen, men denna beskrivs inte närmare.

Ringhals

SKB:s redovisning innehåller ingen översiktlig beskrivning av de åtgärder som planeras av Ringhals AB. Den beskrivning som ges innehåller motsägelsefulla uppgifter om Ringhals AB:s planer. Det är bland annat oklart om Ringhals planerar för 40 eller 50 års drift för R1/R2 samt hur och var reaktortankarna från tryckvattenreaktorerna ska mellanlagras i avvaktan på slutförvaring i SFL.

Ågesta

SKB:s redovisning innehåller mycket knapphändig beskrivning av de åtgärder som planeras av Vattenfall AB. SKB:s uppgift att Vattenfall AB har givit SVAFO i uppdrag att avveckla och riva kraftvärmereaktorn i Ågesta är felaktig, enligt information som SSM erhållit från Vattenfall AB. Om SKB anlitas för transporter kan SSM inte se att det skulle behövas särskilda tillstånd eller beslut för vägtransporter av avfall från rivningen, såvida det inte rör sig om stora komponenter som saknar godkända transportemballage.

SSM konstaterar sammanfattningsvis att det inte framgår av redovisningen hur anläggningarna planeras att avvecklas. Under avsnittet som rör SKB:s planering anges att typen av rivningsarbeten varierar, men någon redovisning av vilka metoder som är aktuella för olika anläggningsdelar anges inte.

Av redovisningen framgår inte heller vilka avfallsvolymer som förväntas. Under avsnittet som rör utbyggnad av SFR visas i en figur prognoser för volymer av kortlivat rivningsavfall, vilka baseras på preliminära versioner av pågående rivningsstudier. Under avsnittet om långlivat radioaktivt avfall presenteras i en figur prognoser för uppkomst av långlivat avfall. SSM noterar att nya uppskattningar förväntas under 2011.

SSM konstaterar att frågan om markförvaring fortfarande är öppen när det gäller rivningsavfall från Forsmark och Oskarshamn.

SSM bedömer att flera av de otydligheter eller felaktigheter som finns i redovisningen hade kunnat undvikas med en kvalitetssäkring som är bättre anpassad till att redovisningen i Fud-programmet upprättats av SKB och inte av de tillståndshavare som svarar för att åtgärderna genomförs. Det framgår exempelvis inte uttryckligt att tillståndshavarna står bakom den redovisning som SKB lämnat. SSM anser att kärnkraftsföretagen bör överväga att i fortsättningen själva ta fram redovisningen i samråd med SKB.

När det gäller remissinstansernas synpunkter bedömer SSM att det är viktigt att tidsplan och slutmål för avvecklingen bestäms på ett tidigt stadium i dialog med lokala myndigheter och närboende. Enligt kärntekniklagen och SSM:s föreskrifter ska avvecklingen av en anläggning leda fram till att marken och eventuella kvarvarande byggnader friklassas så att dessa kan användas utan restriktioner från strålsäkerhetssynpunkt. Det finns dock inget i lagstiftningen som utesluter att annan verksamhet såsom lagring eller slutförvaring av avfall etableras eller finns kvar.

4.4.4. SKB:s planer och strategier

SKB:s redovisning

SKB anger vilka överväganden som görs kring framtida avveckling av SKB:s befintliga och planerade anläggningar. Redovisningen omfattar Clink, SFR, SFL och kärnbränsleförvaret.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att en beskrivning saknas om hur avveckling av Clab/Clink planeras att genomföras. Åtminstone för Clab borde detta framgå. Uppskattning av förväntade avfallsmängder saknas – det anges endast att avfallet styrs om till SFR istället för SFL. SSM bedömer att tillräckliga beskrivningar ges av de avvecklingsåtgärder som kan bli aktuella vid förslutning av SFR och kärnbränsleförvaret.

4.4.5. SKB:s och kärnkraftsföretagens gemensamma arbete

SKB:s redovisning

Under ett särskilt avsnitt redogör SKB för kompetensuppbyggnad och samordning med kärnkraftsföretagen samt vilka gemensamma studier som genomförts, pågår eller planeras. SKB anger att strategier och teknik antas vara desamma för alla kärnkraftblocken. Blocks specifika rivningsstudier för

kärnkraftverken pågår, med syfte att få ett bra underlag för transport, mellanlagring och slutförvaring av rivningsavfall. Studierna görs i samarbete med kärnkraftsföretagen och ska bland annat ge nya uppskattningar av avfallsvolymer och aktivitetsinnehåll. Även logistiken för omhändertagande av avfall har studerats. SKB redovisar resultaten från en studie från 2004 som visar att transport och deponering inte kommer att vara begränsande faktorer för planeringen av när de olika kärnkraftverken kan rivas.

SKB anger att en förstudie kring omhändertagande av mycket lågaktivt rivningsavfall genomförts under 2010. SKB beskriver vilka alternativ som studerats. Enligt SKB planeras en vidareutveckling av studien under 2011, varefter beslut om inriktning förväntas kunna fattas.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har ett omfattande samarbete med kärnkraftsföretagen i dessa frågor och att nya studier pågår för att få fram bra underlag för SKB:s planering. SSM anser att reaktornnehavarna bör inarbeta resultaten från rivningsstudierna i Fud-program 2010 på ett lämpligt sätt.

SSM instämmer inte i SKB:s slutsats att deponering av avfall inte är en begränsande faktor för tidsplaneringen av rivningen av kärnkraftverken. I fallet Barsebäck har det visat sig att kapaciteten hos SFR är den huvudsakliga begränsande faktorn.

SSM noterar att resultaten från förstudien kring markförvaring inte har sammanfattats i SKB:s redovisning. Ytterligare synpunkter kopplade till frågan om markförvaring av mycket lågaktivt avfall hanteras i avsnitt 4.2.6 i denna rapport.

4.4.6. Utveckling av metoder och teknik

SKB:s redovisning

SKB beskriver hur kärnkraftsföretagen, SKB och Studsvik deltar i internationellt samarbete och erfarenhetsutbyte på utvecklingsområdet och vilka studier som genomförs av BKAB inför rivningen av Barsebäck. SKB framhåller att en viktig parameter vid teknik- och strategival är vilka regler som ska gälla för friklassning av material, byggnader och mark. SKB påpekar särskilt att det bör klargöras vilka friklassningsnivåer som ska gälla för mark, eftersom detta enligt SKB har signifikant betydelse för mängden radioaktivt avfall. SKB beskriver även den branschgemensamma handbok för friklassning som är under framtagande.

Remissinstansernas synpunkter

Boverket noterar att de avställda reaktorerna i Barsebäck avses börja rivras år 2020. Det är angeläget att metoder för rivning och friklassning av området utvecklas så att det så fort som möjligt kan användas till andra önskvärda ändamål. Om berörd kommun dvs. Kävlinge kommun, har frågeställningar som man vill ska utvecklas och belysas är det viktigt att dessa beaktas.

Kävlinge kommun anser att i de avvecklingsstrategier som listas i Fud-programmet under 7.2.1 ett tydligt ställningstagande för modellen Direct dismantling/Early Site Release bör gälla för det svenska kärnkraftsprogrammet. För Ågesta- och Studsviksreaktorerna har staten inte intagit denna strategi utan modell 2 Safestore, något som måste undvikas när de kommersiella reaktorerna nu ska avvecklas med start i Barsebäck.

Kävlinge kommun anser vidare att det finns en något kortfattad men bra redovisning från Barsebäck Kraft AB (BKAB) om vilka rivningsvolymerna det handlar om från Barsebäckverket. Den kompetens som har byggts upp inom BKAB bör nu nyttjas vid andra kärntekniska anläggningar och i SVAFO:s arbete med de äldre avställda kärntekniska anläggningarna.

Kävlinge kommun betonar också vikten av internationellt samarbete inom metoder och teknik för avveckling. Kommunen har kunnat konstatera att det finns stor kunskap från andra anläggningar både i Europa och i andra delar av världen. Samtidigt bör enligt kommunen Sveriges försprång och förutseende modell med SKB kunna bidra till en säkrare och hållbarare kärnkraftsanvändning även utanför vårt land.

Genom Europeiska Kommissionens i oktober antagna förslag till direktiv avseende avfallshantering av kärnbränsle i Europa kan enligt Kävlinge kommun förhoppningsvis nya resurser för gemensamma projekt inom området säkerställas. Kommunen vill därför betona vikten att SKB alltså framgent är aktiv i European Nuclear Energy Forum och där fortsätter bidra till kunskapsspridning och metodutveckling inom området i samverkan med övriga kärnkraftsländer i Europa.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB och övriga tillståndshavare deltar aktivt i det internationella arbetet.

SSM planerar att utveckla kriterier och regler för friklassning av markområden. SSM bedömer att det kommer att krävas omfattande samråd med samtliga berörda inför framtida beslut om vad anläggningsplatserna ska användas till och vilka krav detta ställer på friklassningsnivåer och omfattningen av slutkontroller.

5. Synpunkter på kärnbränsleprogrammet

5.1. Nuläge och utgångspunkter

SSM:s synpunkter på kapitel 8 i SKB:s redovisning – nuläge och utgångspunkter – har hanterats i samband med synpunkterna på SKB:s övergripande handlingsplan i avsnitt 3.2.2.2 och 3.4 ovan.

5.2. Översikt teknikutveckling

SSM redovisar i detta kapitel synpunkter på kapitel 9, översikt – teknikutveckling, i Fud-program 2010. Myndighetens synpunkter på de detaljerade planerna för de olika barriärssystemen ges i efterföljande avsnitt 5.3 till 5.9.

SKB:s redovisning

SKB redovisar utgångspunkterna för teknikutvecklingen som omfattar konstruktionsförutsättningarna, styrningen och redovisningen av teknikutvecklingen. Därutöver ger SKB en översikt av målen för och storleken av de planerade utvecklingsinsatserna för de olika barriärssystemen. Tabell 9-1 ger en översikt över utvecklingsbehoven i de olika produktionslinjerna och deras planerade status vid relevanta tidpunkter. Utvecklingen sker i huvudsak i SKB:s laboratorier (Äspö-, Kapsel- och Bentonitlaboratoriet) men även i många andra aktörers anläggningar, exempelvis Posivas demonstrationsanläggning ONKALO.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att det är viktigt att SSM i sin granskning av Fud-program 2010 noggrant analyserar SKB:s kunskapsläge vad gäller möjligheten att uppnå det initialtillstånd som måste gälla för att den teoretiska säkerhetsanalysen ska ha någon relevans.

Åkermark, Nacka framhåller att Fud-2010 är den sista avrapporteringen till SSM av den forskning som bedrivits innan byggprocessen av ett slutförvar börjar och Fud-program 2010 bör därför ses som ett slutdokument för den forskning som lett till ett ”säkert” förvar. I Fud-program 2010 uttrycker SKB detta genom att man ”har passerat konceptfasen och delar ligger långt inne i konstruktionsfasen”. I ett sådant slutdokument ska alla grundläggande frågor vara utredda och den fortsatta forskningen enbart fokusera på detaljer. Definitionen på när man lämnar ”konceptstadiet” borde vara när man har väl fungerande prototyper.

Östhammars kommun och Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk framhåller att det är av avgörande betydelse för samtliga framtida projekt som gäller hantering och slutförvar av olika typer av radioaktivt material att bibehålla en hög trovärdighet i hur man omsätter teori, modeller och laboratorieförsök i praktisk handling. Dessutom är det enligt kommunens och Lokala säkerhetsnämndens uppfattning viktigt att tydligt visa hur man kvalitetssäkrar dessa moment t.ex. med samkörningar mellan modeller, redovisningar av om och hur man applicerar Äspöförsök till förutsättningarna vid Forsmark, beräknar kumulativa effekter, har externa granskningar, beskriver och testar processuella flöden från rit- och skrivbord till faktisk deponering samt testar samarbete, styrdokument och dokumentationskrav mellan teoretiker och praktiker och mellan beställare och utförare.

Kommunen noterar vidare att SKB fortfarande använder begrepp som ”i tillräcklig grad”, ”i onödan”, ”mognadsgrad”, ”inte oacceptabelt” som definitivt är svåra att definiera och sannolikt inte betraktas som kvalitets-säkra. Det är absolut nödvändigt att den iterativa processen, som i många fall är nödvändig och bra, inte innebär att man sänker ambitionsnivån i något fall när det gäller säkerhetsaspekterna vare sig hos myndigheterna eller SKB om man stöter på problem i praktiken.

Östhammars kommun konstaterar att uppförandeskedet av slutförvaret för använt kärnbränsle kommer att ställa andra krav än dagens på SKB:s organisation och verksamhet. Det gäller exempelvis styrning av projektet baserat på informationsflödet mellan byggarbeten och undersökningar, modelleringar, projektering och säkerhetsanalys. En central uppgift på plats i Forsmark blir att bygga upp en organisation som är anpassad för detta. Kommunen och dess konsult Pereira anser att det är av vikt för trovärdigheten att SKB beskriver hur man kvalitetssäkrar varje produktionslinje.

Kommunen och Lokala säkerhetsnämnden noterar vidare att det enligt Fud-program 2010 kommer att bli aktuellt med uppdateringar av säkerhets-redovisningar och revisioner av platsbeskrivningarna. SKB har också angivit att ”Om informationen påkallar omfattande förändringar som innebär revisioner av platsbeskrivningar och säkerhetsanalyser krävs dock hantering på mer övergripande beslutsnivåer”. Kommunen och Lokala säkerhetsnämnden räknar med att få en redovisning av vilka olika nivåer det finns i revisions-arbetet, att kunna se när det sker, och att tidigt bli delaktig i arbetet.

SSM:s bedömning

SSM anser liksom flertalet remissinstanser som lämnat synpunkter kopplade till detta avsnitt att det är viktigt att SKB kan visa att alla krav

slutförvarsanläggningen ställer kan omsättas och uppfyllas i praktiken. Myndigheten anser att den fortsatta teknikutvecklingen och dess styrning och redovisning är av stor vikt i detta sammanhang. SSM har utifrån redovisningen i Fud-program 2010 svårt att bedöma helheten i SKB:s krav och styrmodeller och hur de driver teknikutvecklingen. SSM saknar en samlad och tydlig redovisning av hur olika modeller, krav och redovisningar förhåller sig till varandra, hur information hanteras mellan de olika systemen och redovisningarna och hur SKB säkerställer att kraven hanteras i ett lämpligt program för teknikutvecklingen. SSM anser det även är intressant var beslutspunkter ligger och vem som tar besluten baserad på vilken information. Ett viktigt exempel som Östhammars kommun anför är nivåerna för revisionen av platsbeskrivande modellerna och säkerhetsanalysen baserat på information som uppkommer under bygg- och detaljundersökningsfasen.

Ett flertal begrepp har förklarats i olika delar av Fud-redovisningen som på olika sätt relaterar och återkopplar till varandra, inte minst till teknikutvecklingen. Myndigheten anser att SKB bör arbeta vidare med att revidera och förtydliga det system som definieras av nedan listade system, modeller och redovisningar. Myndigheten anser att SKB därvid bör eftersträva tydliga processer som möjliggör en effektiv praktisk omsättning av kraven slutförvaret ställer. I nästa Fud-program bör SKB översiktligt redovisa hur styrningen av teknikutvecklingen sker utifrån de olika kraven.

- SKB:s ledningssystem
- Systematiska kravhanteringsmodellen
- Leveransstyrningsmodellen för teknikutveckling
- Iterativa huvudprocesserna för säkerhetsanalys och uppförande
- Övergripande produktionssystem
- Integrerad produktionsanpassning
- Observationsmetoden och vidareutvecklingen Eurocode 7
- Referensutformningar
- Konstruktionsförutsättningar
- Konstruktionsförutsättningar för långsiktiga säkerheten
- Site engineering report
- Design report
- Säkerhetsanalysen
- Platsbeskrivande modellen
- Ramprogrammet för geovetenskapliga och ytekologiska undersökningar (detaljundersökningsprogrammet)
- Verktygen för datahantering och visualisering

5.3. Teknikutveckling bränslehantering

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 10, teknikutveckling bränslehantering, i SKB:s Fud-program 2010.

SKB beskriver i kapitel 10, teknikutveckling för bränslehantering, den teknikutveckling som planeras för hanteringen av det använda kärnbränslet i enligt med de krav som slutförvaringen ställer. Hanteringen innefattar olika processer innan bränslet inkapslas i kapseln och, i samband med kärnämneskontroll, tills kapseln deponeras och slutförvarsanläggningen försluts. Frågor som har betydelse för den långsiktiga säkerheten och som rör bränslet efter förvarets förslutning redovisas i kapitel 22 i SKB:s Fud-program 2010 och SSM:s synpunkter på kapitlet redovisas i avsnitt 6.6 i denna rapport.

5.3.1. Resteffekt och strålning

SKB:s redovisning

Resteffekten ska beräknas för varje bränsleelement. SKB har sedan mitten av 1990-talet följt upp utvecklingen av beräkningsprogram för resteffekt samt utvecklat metoder för att utföra kompletterande mätningar. Två mätmetoder har tagits fram av SKB dels en kalorimetriska metoden, dels en metod baserad på gammascanning. I gammascanningen mäts gammastrålningen från klyvningsprodukten ^{137}Cs . SKB bedömer att den kalorimetriska metoden är tidskrävande och anser att gammascanningen är en kompletterande metod som kan genomföras betydligt snabbare. Båda metoderna har prövats i mätningen av flera tiotal bränsleelement av både BWR- och PWR-typ i mellanlagringsanläggningen Clab (SKB, 2006). SKB har även samarbetat med Oak Ridge National Laboratory i USA och de uppnådda mätresultaten har använts för att validera och vidareutveckla beräkningsprogrammen.

SKB kommer att fortsätta mätningarna av resteffekt för att få ett bättre statistiskt underlag och för att omfatta nya bränsletyper. Målet är att en mätmetod för bestämning av resteffekt och andra relevanta bränsleparametrar ska vara färdigutvecklad när uppförandet av inkapslingsanläggningen inleds.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s utvecklingsprogram inom området är ändamålsenligt och att resultaten från mätningarna är trovärdiga.

Korrigeringen och kompenseringen av den del av gammastrålningsvärmeeffekten som inte detekterats i de kalorimetriska

mätningarna utgör en inte försumbar del av den totala resteffekten. SSM noterar att underlaget till de korrigeringsarna som redovisades i SKB (2006) endast framgick ur en internrapport som inte är lättillgänglig (referens 2 på sid. 123 i SKB, 2006). SSM anser att SKB bör ta fram ett bättre underlag.

Dessutom noterar SSM att mätningarna som utförs med gammascanning är kalibrerade mot resultaten från kalorimetriska mätningarna (se del 2 i SKB, 2006), vilket innebär att de två metoderna inte är oberoende av varandra. Överrensstämmelse mellan resultaten från de båda metoderna anser SSM därför inte är en validering av resultaten.

I dåvarande SSI:s granskning av SKB:s Fud-program 2004 (SSI, 2005, sid. 39) visades att resteffekten från använt bränsle med hög utbränning (60 MWd/kg U för PWR-bränsle och 55 MWd/kg U för BWR-bränsle) efter 40 års mellanlagring fortfarande är betydligt högre än 1700 W. SSM anser därför att SKB bör ta fram ett program för att kunna kombinera bränsleelement av olika ålder och utbränningar så att den totala värmeeffekten i enstaka kapslar inte överskrider 1700 W.

SKB bör förtydliga vilka andra relevanta bränsleparametrar också kan bestämmas genom mätningen samt hur detta ska genomföras.

5.3.2. Vatten och vattenånga

SKB:s redovisning

Två metoder för torkning av bränsle har utretts av SKB under projekteringen av inkapslingsanläggningen – vakuumtorkning och torkning med varmluft – med vakuumtorkning som referensmetod. SKB bedömde att båda metoderna kan torka icke skadat bränsle effektivt och kan uppfylla de krav som ställs på bränslet för att uppnå initialtillståndet. För skadat bränsle finns det osäkerheter om vatten kan drivas ut tillräckligt effektivt genom så kallade ”pinhål”. Dessutom finns det osäkerheter om möjligheterna till att effektivt driva ut vatten ur PWR-bränslets styrcylindrar.

SKB har startat ett projekt för att utreda olika torktekniker. I projektet kommer marknadsinventering, val av metod samt en plan för verifiering och validering av torkningsmetoden att hanteras. SKB avser att fatta beslut om metod för torkning inför detaljprojekteringen av Clink.

Remissinstansernas synpunkter

Oskarshamns kommun konstaterar att storskalig torkning av bränslet är ett nytt element i KBS-3-systemet. Torkningen är en viktig del i KBS-3-systemets funktion och höga krav ställs på vatteninnehållet i kapseln.

Kommunen anser att i nästa Fud-utgåva ska SKB redovisa hur torkningsprocessen ska utföras, inkluderat hur man ska hantera bränsle med hög utbränningsgrad, skadat bränsle och skadade styrstavar.

Sveriges energiföreningars riksorganisation ställer frågan hur SKB kontrollerar mängden restvatten i bränsleelementen efter vakuumtorkning.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör redovisa motiv till varför mängden vatten i bränslet satts till 600 gram. SKB bör också redovisa hur mycket vatten som kan bli kvar i kapseln om torkmetoderna inte är tillräckligt effektiva. SKB bör vidare redovisa konsekvenserna av att uttorkningen av bränslet inte uppnår den föreskrivna nivån på maximalt 600 gram och således mer vatten än tillåtet blir kvar i kapseln.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör ta fram en bättre plan för teknikutvecklingen som avser bränslet. Det framgår av SKB:s redovisning att SKB ännu inte har lyckats utveckla en metod som effektivt kan torka skadade bränslestavar och PWR-bränslets styrstavar. Även kriteriet för torkningen har inte fastställts (exempelvis kan 600 gram kvarvarande vatten i en kapsel ge korrosionskonsekvenser som inte är försumbara, se sid. 257 i SKB:s Fud-program 2010).

SKB bör göra en utförlig analys av kvarstående vatten och vattenångas inverkan på bränslets, segjärnets samt kopparkapselns egenskaper. Analysen bör dels avse korrosion genom produkterna från vattenradiolysen och dels avse uppkomsten av ett övertryck i kapseln. SSM anser att ett kriterium för torkning bör fastställas.

För att kunna verifiera om en tillräcklig torkningsförmåga har uppnåtts behövs en bättre statistik för skadade bränslestavar, en bättre bild av sprickornas struktur i skadade bränsleelement och bränslekutsar samt en bättre förståelse av mekanismer för torkningen. Ett exempel på en betydelsefull mekanism är kapilläreffekten. SSM anser att SKB bör kartlägga osäkerheterna i torkningsprocessen för att lättare kunna vidta åtgärder för att uppnå de erforderliga torkningsresultaten.

Liknade synpunkter har framförts av Oskarshamns kommun, Sveriges energiföreningars riksorganisation samt Östhammars kommuns konsult Roos.

5.3.3. Kriticitet

SKB:s redovisning

Det använda kärnbränslet som ska slutförvaras utgörs huvudsakligen av bränsleelement från svenska kärnreaktorer. En liten del utgörs av bränsle från det tidiga svenska kärnbränsleprogrammet och använt bränsle från forskning. Egenskaper hos bränslet som medför särskilda krav på hantering är anrikningen, utbränningen och avklingningstiden. Anrikningen och utbränningen påverkar bränslets reaktivitet och sannolikheten för kriticitet. Kriticitet får inte uppstå i kapseln. För en given anrikning avtar sannolikheten för kriticitet med utbränningen. De krav som ställs är att även om rimliga osäkerheter beaktas ska den effektiva multiplikationskonstanten för det bränsle som placeras i kapseln vara mindre än 0,95 för det fall att kapseln blir vattenfylld.

I kriticitetsanalyserna för slutförvaret har minskningen i reaktivitet som sker genom utbränning av bränslet när det bestråls i reaktorn tillgodoräknats. Den metod som används har utvecklats av Oak Ridge National Laboratory. Alla bränsletyper i det svenska kärnkraftsprogrammet har analyserats tillsammans med kapseln enligt referensutformningen. SKB har dock identifierat att PWR-bränsle med hög anrikning och låg utbränning inte uppfyller kravet på kriticitetssäkerhet för vattenfylld kapsel.

SKB kommer att komplettera genomförda kriticitetsanalyser genom att utreda vilken konfiguration i kapseln som är mest reaktiv. SKB kommer vidare att utreda hur PWR-bränsle som inte uppfyller kriticitetsvillkoren ska hanteras. SKB presenterar resultaten för utbränningskreditering i samband med ansökan om för Clab.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun konstaterar att PWR-bränsle med hög anrikning och låg utbränning inte uppfyller kravet på säkerhet mot kriticitet. SKB kommer dock att utreda hur bränslet som inte uppfyller kriticitetsvillkoren ska hanteras. Kommunen anser det angeläget att SKB redovisar hur detta PWR-bränsle ska hanteras. Det får enligt kommunens och dess konsult Roos uppfattning självklart inte föreligga någon som helst risk för att kriticitet kan uppstå i kapslar som är deponerade i slutförvaret.

SSM:s bedömning

SSM anser att det är bra att SKB fortsätter mätningarna av resteffekt och särskilt att dessa mätningar ska omfatta nya bränsletyper.

SSM anser vidare det är nödvändigt att SKB kompletterar kriticitetsanalyserna genom att utreda vilken konfiguration i kapseln som är

mest reaktiv. SKB bör utreda hur hanteringen av PWR-bränsle som inte uppfyller kriticitetsvillkoren ska ske.

5.3.4. Kärnämneskontroll

SKB:s redovisning

Syftet med kärnämneskontroll är att svenska myndigheter och internationella kontrollorgan (IAEA samt EU Kommissionen) ska kunna förvissa sig om att kärnämne inte avleds. SKB:s anläggningar ska uppfylla de krav som ställs och kommer att ställas på kärnämneskontroll. Det innebär att det ska finnas ett administrativt system för redovisning av kärnämne och var det finns placerat, samt tekniska system för kontroll och bevakning att det inte avleds. För inkapslat kärnämne behövs bl.a. uppgifter om de enskilda kapslarnas innehåll av kärnämne, dess historik, vilka bränsleelementen är och deras historik, var kapslarna är placerade i förvaret etc. Enskilda kapslar och deras innehåll ska kunna identifieras.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) konstaterar att frågor som rör kärnämneskontroll, fysiskt skydd/safeguards bara behandlas för driften av förvaret men inte efter förvarets förslutning. Föreningarna anser det dock är intressant att SKB i samband med redovisningen av det samhällsvetenskapliga forskningsprojektet vid Handelshögskolan i Göteborg skriver att ”den mest uppenbara problematiken som studien identifierar gällande ansvaret för Sveriges internationella förpliktelser om icke-spridning vid ett slutförvar, rör ansvarets utsträckning i tiden efter att drift fasen upphört och förslutning skett”.

Föreningarna finner det anmärkningsvärt att SKB helt saknar forsknings- och utvecklingsambitioner i en så viktig fråga som safeguards/fysiskt skydd efter tillslutning och kopplingen till återtagbarhet. Detta område måste bolaget enligt föreningarnas uppfattning utveckla.

Uppsala universitet anser att kärnämneskontrollen uppmärksammas relativt lite i Fud-programmet. SKB skriver att: ”Kärnämneskontroll som uppfyller kraven kan genomföras med konventionell teknik och kräver ingen teknikutveckling”. De krav som åsyftas bör enligt universitetet vara IAEA:s nuvarande rekommendationer som SSM infört som krav i landet. Att SKB har antagit dessa krav som utgångspunkt i sin analys torde vara helt tillfyllest i nuläget men kravbilderna kan dock komma att förändras. Detta inte minst beroende på att STUK tillsynes har inställningen att nivån på kärnämneskontrollen i det finska slutförvarssystemet bör överstiga IAEA:s

nuvarande rekommendationer. Av det skälet anser Uppsala universitet det vara av vikt att SKB har en intern beredskap för att teknikutveckling inom detta område kan bli aktuell i fallet att SSM meddelar krav som innebär att en gemensam nordisk linje uppnås för kärnämneskontrollen inom inkapsling och slutförvar.

SSM:s bedömning

SSM anser det viktigt att SKB förvissat sig om att data för det använda kärnbränslet är korrekt innan det kapslas in. Om dokumentationen inte skulle visa sig vara komplett eller ha andra brister bör en åtgärdsplan för att hantera detta tas fram. SKB utvecklar en speciell databas för dokumentation av bränslets egenskaper. SKB anger att mätningar kan göras när bränslet anländer till Clab. SSM efterfrågar ett mer långsiktigt och detaljerat program som klargör hur SKB avser att ta fram och kontrollera bränslets egenskaper och som även beskriver hur eventuella brister kan åtgärdas inom de tidsramar som står till förfogande innan idrifttagande av inkapslingsanläggningen alternativt under produktionsfasen av kapslar. Det befintliga bränslet i Clab som har varierande ålder och varierande dokumentation behöver värderas i ljuset av ett sådant program.

SKB bör ha beredskap för att kommande krav från de internationella kontrollorganen kan innebära att existerande konventionella tekniker inte helt uppfyller kraven på viss efterfrågad information, dvs. det kan finnas behov av teknikutveckling. För närvarande pågår en hel del arbete internationellt med att formulera mer detaljerade kärnämneskontrollkrav för slutförvar och inkapslingsanläggningar. SSM anser att SKB noga bör följa utvecklingen inom området för att ha en så god framförhållning som möjligt. Nödvändig teknikutveckling kan komma att visa sig vara tidskrävande.

SKB avser spränga ut slutförvaret i ett rullande schema med utsprängning, deponering och återfyllnad pågående samtidigt. SSM anser att detta ställer särskilda krav på att SKB i ett tidigt skede kan visa att man tagit fram procedurer kring hur man avser uppfylla kraven på kärnämneskontroll i utsprängningsskedet med vald metod.

SKB har utanför Fud-program 2010 redogjort för den planerade kärnämneskontrollen inom KBS-3 systemet i samband med kompletteringen av ansökan om Clink, som inlämnades till SSM 2009. SSM avser att särskilt granska detta underlag samordnat med ansökan om byggandet av ett slutförvar som för närvarande planeras inlämnas till SSM under våren 2011. I takt med att de internationella kontrollorganen och SSM konkretiserar och specificerar kraven för kärnämneskontrollen för dessa nya anläggningar bör SKB löpande anpassa och uppdatera sin modell till den rådande kravbilden.

SKB redovisar en studie som har som tema ”Ansvarstagande i kärnbränslecykelns slutsteg”. Bland annat behandlas ansvar för icke-spridning av kärnvapen, vilket är ett huvudsyfte för att kärnämneskontroll genomförs. SSM anser att dessa frågor är viktiga att analysera och ser därför fram emot att kunna värdera resultaten från det nya forskningsprojektet som SKB avser avrapportera 2012.

5.4. Teknikutveckling kapsel

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 11, teknikutveckling kapsel, i Fud-program 2010.

Avsnittet teknikutveckling kapsel beskriver den teknikutveckling som SKB bedriver för kapslar avsedda för slutförvaring av utbränt kärnbränsle med avseende på tillverkning, förslutning, transporter och slutlig deponering. Kapseln består av ett yttre hölje av koppar, en gjutjärnsinsats av segjärn med två olika geometriska utformningar beroende på om bränsleelement från BWR eller PWR ska slutförvaras och ett stållock för gjutjärnsinsatsen.

Enligt SKB:s redovisning är kopparhöljets främsta funktion att vara korrosionsbarriär samt vara en del i strålskyddsbarriären. Kopparhöljets lastbärande funktion begränsas till lyft av kapseln efter svetsförslutning. Gjutjärnsinsatsens funktion är att utgöra den lastbärande strukturen, hålla bränslet i kanalerna separerade samt vara en del i strålskyddsbarriären. Kapselns utveckling befinner sig långt framme i konstruktionsfasen och en designanalys har genomförts för kopparhöljet. Arbete med att ta fram acceptanskriterier för kapselns olika delar pågår.

5.4.1. Krav och förutsättningar

SKB har sedan Fud-program 2007 producerat en rapport om konstruktionsförutsättningarna för kapseln (SKB, 2009b). De viktigaste konstruktionsförutsättningarna som berör kapselns hållfasthet uttrycks i (SKB, 2009b) som:

1. Kapseln ska tåla en isostatisk last från glaciation, 45 MPa inklusive svälltryck.
2. Kopparbarriären ska vara intakt efter en skjuvning (orsakad av jordbävningar) på 5 cm vid en skjuvhastighet på 1 m/s för en bentonitdensitet på 2050 kg/m³, för alla områden och angreppsvinklar av skjuvningen i deponeringshålet och för en

temperatur ned till 0 grader C. Insatsen ska behålla sin bärförmåga för en isostatisk last efter en sådan skjuvning.

SKB:s redovisning

SKB har tagit fram två rapporter som handlar om att precisera konstruktionsförutsättningar för kapseln, (SKB, 2009b), och även en rapport som beskriver en analys av kapsels hållfasthet samt en skadetålighetsanalys (SKB, 2010). Konstruktionsförutsättningarna för kapseln relaterar till följande

- Barriärfunktionen inneslutning av det använda kärnbränslet. SKB har utfört deterministiska analyser samt skadetålighetsanalyser av insatsens hållfasthet för BWR bränsle. Skadetåligheten vid jordbävninglastfallet är betydligt lägre än för det hydrostatiska lastfallet. För PWR bränslet pågår en liknande analys men denna har ännu inte färdigställts.
- Möjligheterna att kunna placera olika typer av använt kärnbränsle från det svenska programmet.
- Tillverkningen och förslutningen av kapslarna. Detta måste kunna ske med hög tillförlitlighet. Tillverkningstekniken för extruderade kopparhöljen har vidareutvecklats men fortfarande förekommer varierande kornstorlek. En demonstrationsserie med fem stycken BWR insatser har gjutits och därmed kommer kommande utvecklingsarbete för insatserna främst att beröra PWR insatsen.
- Driften av KBS-3 systemet. Kapseln måste kunna transporteras, hanteras och deponeras utan att dess barriärfunktioner påverkas.

Remissinstansernas synpunkter

Åkermark, Nacka, drar slutsatsen gällande kapseln och bufferten att ett av problemen med Fud-program 2010 är att det är mycket ord och lite fakta. De grundläggande kraven på att de enskilda barriärerna ska ha en livslängd på 100 000 år är inte uppfyllda och därför borde enligt Åkermark all projektering för att bygga ett förvar vara tämligen meningslös. Fud-program 2010 kan därför inte ses som ett slutdokument av den forskning som bedrivits för att få ett säkert förvar. En kopparkorrosion på $\sim\mu\text{m}$ per år innebär enligt Åkermark att SKB fortfarande befinner sig i konceptfasen och inte i konstruktionsfasen. I fallet med ett slutförvar borde därför fokus i Fud-program 2010 ha varit under vilka förhållanden som man kan förvänta sig att kapselmaterialet ska ha en korrosionshastighet på i storleksordningen nm per år. Förhållanden bestäms av kapselmaterialet, den omgivande leran, och de lokala förhållanden där förvaret placeras, samt hur dessa förhållanden samverkar. Det som krävs enligt Åkermark är åtminstone 10 års forskning och av en betydligt högre standard än den forskning som hittills bedrivits i

SKB:s regi. Fud-program 2010 är ingen vägledning till hur SKB ska lösa de problem som finns med kapselmaterialet och bufferten.

Östhammars kommun konstaterar att acceptanskriterier för kapseln ännu inte är specificerade och ställer frågan hur SKB kan kvalitetssäkra max 600 gram vatten i kapseln.

Östhammars kommuns konsult Pereira framhåller att utrustningen för oförstörande provning (OFP) måste testas i en relevant strålmiljö för att säkerställa att elektroniken fungerar tillförlitligt, vilket kräver teknikutveckling.

Kommunens konsult Roos anser att det förefaller som om mycket arbete återstår avseende acceptanskriterier och provningsmetoder. Avsnittet är otydligt och det är svårt att få någon klar uppfattning om hur mycket arbete som återstår. Det förefaller enligt Roos vara en omöjlig uppgift att veta om kapseln och insatsen klarar acceptanskriterierna när dessa inte är formulerade och det saknas provningsmetoder som kan visa om acceptanskriterierna är uppfyllda. Roos anser att SKB bör förtydliga detta avsnitt.

Roos anser vidare att avsnittet om produktion av kapslar och inkapsling är otydligt och det är svårt att få någon entydig uppfattning av om kapseln och insatsen faktiskt klarar de hållfasthetskrav som är definierade. SKB bör enligt Roos förtydliga hela avsnittet och gärna komplettera redovisningen med tabeller som visar kraven och om kraven uppfyllts. Roos anser också att SKB bör förklara begreppen deterministisk och probabilistisk analys.

Östhammars kommuns konsult Roos noterar att några av SKB:s angivna krav är otydligt formulerade. Roos frågar till exempel om innebörden av kravet på placering av deponeringshål medför att det i någon situation kan accepteras att placera deponeringshål i ett läge som kan ge större skjuvrörelser än vad kapseln är konstruerad för. Om så är fallet kan kapseln gå sönder vilket inte är acceptabelt. Roos anser därför att SKB bör förtydliga kraven och bedöma konsekvenserna av kraven.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB förtydligat konstruktionsförutsättningarna för relevanta lastfall. Det saknas dock fortfarande vissa återstående krav på kapselns materialegenskaper samt geometriska toleranser som har betydelse för tillverkningen. Hanteringslaster har i viss utsträckning analyserats (bl.a. lyft i locket) men de ingår inte explicit i konstruktionsförutsättningarna. Dock saknas fortfarande en analys av tappad kapsel mot underlaget. I konstruktionsförutsättningarna (SKB, 2009b) anges att alla kapslar ska klara en skjuvning $d = 5$ cm. Samtidigt anges i (SKB 2009b) att majoriteten

av kapslarna endast kommer att utsättas för en försumbar skjuvning eftersom de allra flesta deponeringshål inte kommer att innehålla bergsprickor där skjuvrörelser kanaliseras vid en jordbävning. SKB behöver tydligare ange sambandet mellan sannolikheten för en skjuvrörelse d (varierande mellan t.ex. 1 och 10 cm) och antal kapslar i förvaret som beräknas kunna skadas vid denna skjuvrörelse samt vilken motsvarande defektstorlek som man bör kunna detektera för att inte sådana defekter ska äventyra kapselns integritet. Östhammars konsult Roos ger uttryck för liknande synpunkter.

5.4.2. Nuläge och program

SKB:s redovisning

SKB redovisar att vissa frågor behöver bearbetas vidare för att de ska kunna fastställa den detaljerade kravbilden på kapseln och därmed fastlägga den underliggande kravbilden på oförstörande provning.

Vid kapsellaboratoriet pågår utveckling av teknik för oförstörande provning (OFP). SKB beskriver att målet är att ta fram och prova ut tekniken av kapselns komponenter och svetsar för att kunna säkerställa att acceptanskriterierna avseende defekter uppfylls. För segjärnsinsatserna har provningen av de yttre delarna prioriterats medan provmetoder för att kontrollera homogeniteten hos insatsens inre delar kommer att utvecklas senare.

SKB provar regelmässigt kapselkomponenter och svetsar med oförstörande provning. Detta bidrar till att effektivisera processutvecklingen men också till att värdefull erfarenhet fås av provningssystem, utformning av provningsmetoder, provningsprocedurer samt metoder för tolkning och utvärdering av provningsresultaten.

Remissinstansernas synpunkter

KTH:s sammanfattande synpunkter gällande kopparkorrosion är att Fud-program 2010 ger intrycket av att det nu endast återstår några smärre tekniska detaljproblem vilket man kan lösa under tiden SKB:s ansökan behandlas av SSM och Miljödomstolen. SKB avser att lämna in sitt förslag, KBS-3, redan den 16 mars 2011. Baserat på de allvarliga brister som framkommit inom SKB:s kopparkorrosionsforskning och med en alldeles för enkel säkerhetsanalys som endast tar hänsyn till allmänkorrosion med lösta sulfider i grundvattnet kan KTH konstatera att det återstår mycket forskning innan Sverige (och Finland) kan få ett säkert slutförvar. En rimlig konsekvens av den kunskapsnivå som redan finns idag är att en vidareutveckling av KBS-3-modellen bör initieras och att en utvärdering eller utveckling av alternativa metoder bör ske så fort som möjligt. Detta för

att vi i framtiden ska kunna erhålla säkra slutförvar i både Sverige och Finland och därmed även följa det självklara kravet om BAT (Best Available Technique).

Opinionsgruppen för säker slutförvaring saknar ett program för teknik-utveckling kring kapsellinjen som tydligt visar att SKB tar hänsyn till osäkerheterna kring kopparkorrosion.

Totalförsvarets forskningsinstitut anser att SKB bör överväga att undersöka materialet grafen i kapselutformningen för att skydda kapseln från korroderande substanser och mikroliv.

Åkermark, Nacka, anser att för ett så komplex beteende som man kan förvänta i ett slutförvar är det omöjligt att från teoretiska beräkningar och resonemang förutse livslängden av kapslarna. Det är därför avgörande att man kan visa att tekniken fungerar med prototyper. Det finns tre studier som SKB gjort som kan ses som prototypstudier, Retrieval, LOT och Minican projekten. Avgörande för en bedömning av säkerheten är därför hur dessa tre projekt har utfallit.

SSM:s bedömning

SKB redovisar att man inte är klar med den detaljerade kravbilden för vad provningssystemet behöver detektera, karakterisera och storleksbestämma för kapselns insats eller kopparhöljet samt ingående delar inklusive svetsarna. SSM instämmer i Östhammars konsult Roos synpunkt som i liknande ordalag påpekar att dessa grundläggande förutsättningar är viktiga vid utveckling av provningssystem. SSM förutsätter att SKB färdigställer arbetet med den detaljerade kravbilden inom en närliggande framtid.

Ingående kontroll och provning kommer att vara en central del i arbetet med att säkerställa nödvändig kvalitet hos kapslar med dess insatser. Denna kontroll och provning behöver baseras på noggrann utredning av vad som behöver kontrolleras i olika skeden och på vilket sätt. Såväl möjliga tillverkningsdefekter som oförutsedda brister av olika slag behöver ingå i de förutsättningar som ska ligga till grund för kontroll- och provningskraven. Dessa utredningar liksom arbeten med att utveckla provningsteknik och kvalificeringsprocessen för att demonstrera förmåga och tillförlitlighet tar enligt SSM:s erfarenhet lång tid att få fram.

SSM anser att det är viktigt att SKB säkerställer tillförlitligheten hos provningssystemet genom en kvalificering. Det framgår inte tydligt om SKB har startat utvecklingen av en kvalificeringsprocess eller hur långt man eventuellt har kommit i detta arbete. SSM anser att SKB bör utveckla en preliminär process för hur en kvalificering ska gå till för att säkerställa

tillförlitligheten hos provningssystemet. Detta för att få en tydlig bild av vilka krav som kommer att ställas vid verifiering av provningssystemets tillförlitlighet, både gällande krav på underlag, undersökningar, testblock och praktiska demonstrationer. Vid utarbetandet av kvalificeringsprocessen bör representanter för det tänkta kvalificeringsorganet ingå i arbetet.

5.4.3. Kapselutformning analyser av kapsel

SKB:s redovisning

SKB har genomfört deterministiska och probabilistiska analyser av kapseln utsatt för olika lastfall. De deterministiska analyserna syftar till att visa att kapseln tål de lastfall som definieras i konstruktionsförutsättningarna inklusive de säkerhetsfaktorer som SKB tillämpar. De probabilistiska analyserna syftar till att demonstrera tillräckligt låga sannolikheter för brott som kan ge en förstärkt uppfattning om tåligheten mot de definierade lastfallen. Hållfasthetsanalyserna visar enligt SKB att kapseln har stora marginaler mot brott eller kollaps för en isostatisk last på 45 MPa. För skjuvlastfallet visar skadetålighetsanalyserna för insatsen en relativt stor känslighet för små ytsprickor på de mekanisk högst belastade positionerna.

SKB har även analyserat skjuvlast i kombination med en glaciation och det anges att detta kombinerade lastfall inte ger allvarligare resultat än för enbart skjuvning.

SKB anger att man kommer att fortsätta med både de statiska och de probabilistiska analyserna liksom skadetålighetsanalyserna, speciellt för PWR-kapslar.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB genomfört relativt omfattande analyser av kapselns hållfasthet inklusive skadetålighetsanalyser, se bl.a. (SKB, 2010). SKB har även analyserat det kombinerade lastfallet glaciation och skjuvlast som togs upp vid myndighetsgranskningen av Fud-program 2007. SSM har dock farhågor gällande både segheten (SKB utnyttjar stabil spricktillväxt upp till 2 mm för brottsegheten, dividerat med en säkerhetsfaktor 2) och de plastiska egenskaperna (SKB utnyttjar töjningar upp till en brotttöjning på 12,6 % dividerat med en säkerhetsfaktor 2) hos segjärnet, som SKB utnyttjar både för den plastiska analysen och vid skadetålighetsanalysen för skjuvlastfallet samt val av säkerhetsfaktor för detta lastfall.

Skadetålighetsanalyserna är synnerligen viktiga för kravbildningen av de defektstorlekar som OFP-systemet måste klara att detektera. Här bör SKB göra ytterligare arbete för att verifiera både segheten och de plastiska

egenskaperna hos segjärnet samt motivera valet av säkerhetsfaktor. Den av SKB valda säkerhetsfaktorn för skjuvlastfallet, som kommer från den amerikanska tryckkärlsnormen ASME Boiler & Pressure Vessel Code, används vanligen endast för extrema lastfall som inte förväntas inträffa under en komponents drifttid. De belastningar som kapseln får vid en eventuell framtida jordbävning är starkt beroende på den omgivande bentonitens egenskaper. Fortsatta analyser som behandlar hur kemiska förändringar i bufferten samt buffertens hastighetsberoende egenskaper påverkar den mekaniska belastningen på kapselns belastning bör därför utföras.

SKB har genomfört analyser som ska visa att en skjuvlast i kombination med en glaciation, om detta inträffar, inte skulle vara allvarligare än om enbart skjuvning inträffar. Men en glaciation innebär höga hydrostatiska tryck som ger hög grad av treaxlighet vilket i allmänhet reducerar duktiliteten. SKB behöver verifiera vad graden av treaxlighet betyder för duktiliteten under en skjuvlast i kombination med en glaciation.

Under vattenmättnadsfasen av bentoniten och även efter full vattenmättnad kan ett ojämnt svälltryck uppkomma i bentonitmaterialet. I samband med detta kan relativt stora böjspänningar uppkomma i insatsen. SKB behöver även för dessa lastfall utföra skadetålighetsanalyser för att bestämma vilka defektstorlekar i insatsen som man bör kunna detektera för att inte sådana defekter ska äventyra kapselns integritet. Dessutom finns en farhåga att strålningpåverkan under lång tid kan försämra brotteeenskaperna. SKB behöver ytterligare verifiera att inte segheten försämras av denna anledning.

SSM har en farhåga att kapseln inte uppfyller konstruktionsförutsättningarna för samtliga tänkbara skjuvrörelser som behöver beaktas i skjuvlastfallet. Om en skjuvning sker vinkelrätt mot kapselns längdaxel, i ett horisontellt plan nära locket och botten av kopparcylindern där inte insatsen förväntas hålla emot på samma sätt som för skjuvning i övriga områden, kan man befara att kapseln inte tål en skjuvning på 5 cm. Här behöver SKB göra ytterligare analyser för att verifiera konstruktionsförutsättningarna att kopparbarriären är intakt efter en skjuvning på 5 cm för alla områden och angreppsvinklar i deponeringshålet.

SKB diskuterar i SKB (2010) restspänningar i insatsen efter gjutningen. Med hålboringsteknik har man invid insatsens yta uppmätt kompressiva spänningar väl över 100 MPa. Dessa kompressiva spänningar bör balanseras av dragspänningar på andra ställen i insatsen. SKB bör vidare kartlägga egenspanningsfördelningen i insatsen efter gjutningen och vad sådana

egenspanningar har för betydelse för skadetåligheten och vilka defektstorlekar som OFP-systemet bör kunna detektera.

5.4.4. Tillverkning och provning av kapseldetaljer

SKB:s redovisning

SKB har utvecklat tillverkningstekniken för segjärnsinsatser. Totalt har under 2007-2009 13 st. PWR insatser och 11 st. BWR insatser tillverkats. Ett produktionsprov innefattande 5 st. BWR insatser har även analyserats med avseende på materialegenskaper. Det visade sig att variationen av framför allt förlängning till brott i olika delar av insatsen och mellan insatserna var betydligt jämnare än resultat som tidigare erhållits. Baserat på uppmätta materialdata har även en probabilistisk analys utförts vilken visar att sannolikheten för lokal plastisering av insatsen vid maximal isostatlast är försumbar. Det påpekas även att skillnaderna främst med hänsyn till den större volymen gjutgods samt de större kanalrören för PWR insatserna innebär större tillverkningstekniska utmaningar.

Vid analys av skjuvlastfallet identifierade SKB att det ställs höga krav på detektering av relativt små defekter i ytterområdet av insatsen. Detta leder till att vidare teknikutveckling för detektering av ytbrytande och ytnära defekter kommer att genomföras.

SKB redovisar att man med ultraljudteknik har identifierat områden, så kallade stråk, med förhöjd ljuddämpning på extruderade rör. Detaljerade studier av stråken visar att de har avvikande kornstorlek jämfört med resterande delar av rören. Effekten av stråken är försämrad provbarhet eftersom ultraljud är känsligt för variationer av kornstorlekar i koppar. Både för tillverkningsprocessen samt provningstekniken genomförs utveckling för att minska störningarna.

SKB redovisar i SKB (2009a) att OFP ska kunna detektera samt storleks- och lägesbestämma möjliga defekter så att referenskapselns krav innehålls. I SKB (2009a) redovisas en metodik för att bestämma OFP processers tillförlitlighet samt en modell för framtagning av POD (Probability of detection). Denna modell redovisar hur man kan analysera flera olika parametrars påverkan på detekteringsförmågan. Vid framtagning av POD har i flertalet av fallen förenklade simuleringar av defekter använts, såsom cylinderborrhåll, flatbottenhål och gnistade spår. För svetsarna har verkliga defekter som har uppkommit i samband med tillverkning använts. SKB anger att de kommer att komplettera studier på insatserna med verkliga defekter.

SKB redovisar att koppa komponenternas acceptanskriterier för OFP måste kompletteras med beskrivning möjliga defekter. Vidare arbete att studera möjliga defekter i varmformad koppar och i svetsar och karakterisera dessa.

SSM:s bedömning

Utvecklingen av tillverkningstekniken för de gjutna BWR insatserna visar enligt SKB att variationen i framför allt förlängning till brott är jämnare än vad som tidigare erhållits. Den låga spridning på hållfasthetsegenskaper som redovisas tyder på en mycket låg defektförekomst i provat material. SSM anser att ytterligare karakterisering av insatsernas mekaniska egenskaper bör utföras och dessutom kopplas till materialens defektförekomst. För att erhålla en större tillförlitlighet på materialegenskapernas variation inom insatsen samt mellan olika insatser anser SSM även att fler än 5 olika insatser, gärna tillverkade på olika gjuterier, bör undersökas. Undersökningen bör även ta hänsyn till aktuella svalnings- eller stelningförhållanden inom insatserna via exempelvis gjutsimulering och undersöka områden med högre risk för sugningar i sist stelnade områden av insatsen.

SKB redovisar att provningssystemet för behållaren och dess insats ska kunna detektera, lägesbestämma samt storleksbestämma defekter. SSM vill förtydliga att även momentet karakterisering av defekter ska ingå i kravbilderna för provningssystemet. Med karakterisering avses att provningssystemet ska kunna bedöma om detekterade defekter är ytbrytande alternativt inneslutna. Vidare ska inneslutna defekter karakteriseras som plana eller volymetriska.

SSM anser att det presenterade angreppssättet med att tekniskt underbygga provningssystemets detekteringsförmåga med multifunktionell POD är intressant. Det redovisade underlaget hanterar variationer hos några påverkande parametrar vid ett tillfälle. Dock kan flera parametrar variera samtidigt hos provningssystemet, komponenten eller hos defekten. Dessa kan samverka i olika situationer. För att visa provningssystemets detekteringsförmåga bör SKB även beakta detta, vilket delvis har utförts. För att bestämma provningssystemets POD bör dessutom samtliga variationer som kan påverka detekteringsförmågan utredas.

Verifiering av provningssystemets förmåga att detektera, karakterisera och storleksbestämma defekter behöver dessutom ske genom praktiska demonstrationer på testblock med verkliga alternativt simulerade defekter i ogymsamma och varierande positioner. Vid utarbetande av POD kurvor för kapselns insatts och kopparbehållarens delar använder SKB förenklade defekter av typen referensfel, dess relevans i jämförelse med postulerade

defekttyper behöver tekniskt motiveras alternativt kompletteras med relevanta defekter. SSM har noterat att SKB planerar vidare undersökningar på verkliga defekter på segjärnsinsatserna för att vidare studera tillförlitligheten. SSM bedömer att det är nödvändigt att verklighetstroga defekter, ur ett OFP perspektiv, används vid bedömning av provningssystemets förmåga att detektera, karakterisera och storleksbestämma defekter. Dessa defekter ska vara placerade i volymen på positioner där OFP systemet ska kunna detektera, karakterisera och storleksbestämma defekter. Defektpositionerna i testblocken bör ha en variation men även innehålla ogynnsamma positioner s.k. ”Worst case defects”.

5.4.5. Tillverkning och provning av kopparkomponenter.

SKB:s redovisning

Kopparrör har under perioden 2007-2009 tillverkats både genom extrusion (7 st.) dornpressning (8 st.) och smide (3 st.). Processutveckling har medfört att den geometriska noggrannheten har förbättrats för extruderade rör och att den nu uppfyller kraven på rakhet. Det som framför allt är viktigt inför den efterföljande oförstörande provningen är att extruderade rör innehåller stråk med förhöjd ljuddämpning. Dessa stråk orsakas av områden med avvikande högre kornstorlek jämfört med övriga delar av röret. Stråken har normala mekaniska egenskaper och uppfyller även tillverkningskravet för medelkornstorleken som är $\leq 360 \mu\text{m}$. Arbete pågår för att reducera variationerna i medelkornstorlek för extruderade rör samtidigt som att ultraljudstekniken håller på att förfinas för att minska störningseffekten från områden med större kornstorlek. Ultraljudsprovning har hittills utförts med phased array teknik vilket enligt försök visar på en detekteringsförmåga för konstgjorda defekter (flatbottenhål) på 2-5 millimeter. Arbetet med acceptanskriterier är framför allt inriktat på att hitta defekter i kopparhöljet som kan reducera tjockleken på och därigenom korrosionsbarriären. Vid oförstörande provning har endast ett fåtal defekter hittats trots omfattande provning av rör och lock. Det pågår även arbete med att ta fram en ytavsökande provmetod för att öka detekterbarheten av ytliga defekter.

Tillverkningen av smidda kopparlock fortgår och under perioden har 10 st. kopparlock smitts med godkänd hållfasthet och mikrostruktur. Den nuvarande smidesprocessen medför emellertid att locken är kallbearbetade. För att få liknande egenskaper på lock och rör pågår därför försök med att värmebehandla locken efter smidet.

SSM:s bedömning

SSM anser att sambandet mellan förhöjd ljuddämpning-medelkornstorlek-minsta detekterbara defekt vid OFP prov behöver klargöras genom ytterligare undersökningar. Dessutom behöver kunskapen om orsaken till att stråk med förhöjd kornstorlek uppkommer vid extrudering av kopparrör utredas vidare. Tillverkningstekniska faktorer som är betydelsefulla för kopparhöljets mekaniska integritet såväl som korrosionsbarriäregenskaper och som SSM anser behöver studeras vidare är hur eventuell segring av föroreningsämnen och legeringsämnen i kopparhöljet under gjutprocessen och efter extruderingen eller alternativt smidesprocessen påverkar kopparmateriallets egenskaper.

5.4.6. Förslutning och provning av FSW svets

SKB:s redovisning

Friktionssvetsning (FSW) valdes som referensmetod 2005. Hittills har 350 st. separata svetscykler utförts och svetsssystemet anses därmed stabilt. Från en parameterstudie har verktygstemperaturen funnits vara den parameter som är mest stabil och har således valts som styrparameter. Erforderlig värmeförsörjning för att hålla verktygstemperaturen vid cirka 850°C som funktion av gradtalet runt kapseln har tagits fram. Processfönstret för verktygstemperaturen är enligt SKB mellan 790-910°C. Den enda materialavvikelse som förekommer inom processfönstret vid svetsning är foglinjeböjning vilkens utsträckning reduceras med ett kortare verktyg. Utbredningen av foglinjeböjningen bedöms begränsas till en radiell utbredning av två millimeter. För att reducera risken för oxidiska inneslutningar har även svetsförsök utförts i inert gas miljö. Mätningar av syrehalt i svetsgodset indikerar att oxidiska inneslutningar minskar då svetsning sker i inert miljö.

SSM:s bedömning

Användning av värmeförsörjning som styrparameter är enligt SKB en stabil parameter men kan ändras genom dels framföringshastighet och dels genom spindelvarvtalet. SSM anser att SKB bör genomföra en klargörande undersökning av hur FSW svetsningens styrparametrar inklusive verktygets positionering påverkar utsträckningen av foglinjeböjning i radiell led. Förutom den uppenbara reduktionen av korrosionsbarriär med ökande radiell utsträckning av foglinjeböjning bör även olika svetsdefekters inverkan på mekaniska egenskaperna inklusive krypegenskaper för det svetsade området utredas.

5.4.7. Hantering och deponering av kapslar.

SKB:s redovisning

SKB har tagit fram en fordonslösning ”Self Propelled Modular Transporter” som består av en separat lastbärande ram där kapseltransportbehållaren placeras och transporteras till deponeringsplatsen. Maskinen har provats i manuell drift under cirka 1,5 år.

SSM:s bedömning

Det beskrivna transportsystemet behöver täcka alla relevanta krav i de så kallade modala transportbestämmelserna, som är implementerade i svensk författning via lagen om transport av farligt gods (LTFG). Förutom detta bör SKB utföra en analys beträffande det valda transportsystemets möjlighet till returtransport av defekta kopparkapslar. SKB bör även utreda möjligheten till automatisk detektering av ytskador på kapslarnas kopparhölje innan deponering samt säkerställa att ingen mekanisk åverkan tillförs kapslarna under nedsänkningsmomentet i deponeringshålet. SSM anser att SKB bör genomföra en verifiering av den helautomatiska deponeringen av kapslarna.

5.5. Teknikutveckling buffert

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 12, teknikutveckling buffert, i SKB:s Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB:s redovisning av teknikutvecklingen kopplad till bufferten omfattar tillverkning, hantering och installation av den buffert som omger kapseln i deponeringshålet. I kapitel 12 i SKB:s Fud-program 2010 beskrivs buffertens referensutformning, de krav som ställs på bufferten för att uppnå initialtillståndet samt den teknikutveckling som enligt SKB:s planer kommer att genomföras under de kommande åren. SKB:s forskning kring frågorna om initialtillstånd och långsiktig utveckling hos bufferten och återfyllnaden redovisades i kapitel 24 i Fud-program 2010 och SSM:s synpunkter på kapitlet redovisas i avsnitt 6.8 i denna rapport.

SSM:s bedömning

Med hänsyn till att det sannolikt kommer att finnas kvar vissa behov av fortsatt utvecklingsarbete även efter tillståndsprovningen anser SSM att SKB bör ta fram en tidsplan för nödvändig teknikutveckling i buffert ända fram tills samfunktionsprovningen.

5.5.1. Tillverkning av buffert

SKB:s redovisning

Två metoder kan användas för tillverkning av buffertblock, enaxlig eller isostatisk kompaktering. SKB har valt enaxlig kompaktering som referensmetod. Valet motiveras med att metoden medger en tillverkning av buffertblock med god kvalitet och med dimensionerna som krävs enligt referensutformningen. SKB har i flera rapporter redovisat försöksresultat för den enaxliga kompakteringen (Johannesson m.fl., 1995; Johannesson, 1999; Johannesson och Börgesson, 1999). För isostatisk pressning av buffertblock med samma dimensioner krävs en större press än vad SKB för närvarande har tillgång till. SKB bedömer att både enaxlig och isostatisk pressning ger block med likvärdig och acceptabel kvalitet.

SKB planerar att vidareutveckla den enaxliga metoden, med inriktningen mot utprovning av nya lösningar för att minimera friktionen mellan form och bentonit. Dessutom kommer försök att göras för att förbättra geometrin av kompakterade block, inklusive block med högre höjd än dem som tillverkats hittills.

Remissinstansernas synpunkter

Opinionsgruppen för säker slutförvaring anar osäkerheter kring buffertfunktionen som måste redovisas tydligare. Opinionsgruppen frågar sig hur stor förekomst av extremfall som är acceptabelt, utan att den långsiktiga säkerheten äventyras, och om det har någon betydelse för den långsiktiga säkerheten om det inte går att minska variationsbredden.

Opinionsgruppen saknar ett program för modellering av buffertfunktionen utifrån de förutsättningar som kan komma att gälla i Forsmark. Opinionsgruppen uppfattar att det finns risk för att kraftig expansion i återfyllningen i det valda konceptet och saknar en mer ingående beskrivning om eventuella risker och konsekvenser.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör ta fram ett kvalitetsprogram för bufferttillverkning. Denna synpunkt framfördes även av SKI och SSI vid granskningen av SKB:s Fud-program 2007. Teknikutvecklingsprogrammet bör förutom kompaktering innefatta flera moment såsom materialval, verifiering av mineralsammansättning, kontroll av densitet, vattenkvot samt homogenitet för block och ringar. SSM anser att ett relativt stort antal fullskaliga block och ringar behöver framställas för att ge ett statistiskt meningsfullt underlag för bedömningen om homogena block och ringar med rätt densitet utan oacceptabla skador kan tillverkas.

SSM inser fördelarna med att kunna ha tillgång till olika bentonitmaterial från olika leverantörer i världen. SKB bör dock genomföra ett tillräckligt antal verifierande tester av materialegenskaper för varje material innan det kan anses tillgängligt. Med tanke på att dessa tester kan vara omfattande och tidskrävande, bör arbetet integreras väl med annan teknikutveckling i SKB:s program.

SSM är positiv till att SKB kommer att delta i Posivas planerade tester av isostatisk kompaktering av bentonitblock. SSM anser att fler tester med olika metoder och fullskalig tillverkning av buffertkomponenter förbättrar möjligheterna till en framtida välgrundad statistisk bedömning av metoderna.

SSM anser att SKB bättre bör integrera teknikutvecklingen med avseende på bufferttillverkning med forskningen kring buffertens initiala och långsiktiga utveckling. Exempelvis bör kunskap kring de geomekaniska processerna (t.ex. Kalbantner och Johannesson, 2000) kunna vara av nytta vid bufferttillverkningen.

SKB bör mera ingående redovisa resultat från den fullskaliga pressningen av det totala buffertblock som har genomförts sedan Fud-program 2007.

5.5.2. Installation av buffert

SKB:s redovisning

I SKB:s referensutformning för bufferten redovisas förutom utformningen och komponenterna även deponeringssekvensen. Buffertblock och kapsel ska kunna installeras upp till tre månader innan den yttre spalten mellan bufferten och väggen till deponeringshål fylls med pellets och deponeringstunneln återfylls. För att klara detta innefattar referensutformningen ett buffertskydd och en bottenplatta som anpassas för att ansluta till buffertskyddet. Både buffertskyddet och bottenplattan har testats i stor skala vid Äspölaboratoriet (Wimelius och Pusch, 2008). Även påverkan av inströmmande vatten (så kallad "piping" och erosion) har studerats (Åberg, 2009).

Utrustningen för installation av bufferten har hittills endast tagits fram av SKB i ett prototypförande. Den består av en bockkran och ett vakuumlyftverktyg. Utvecklingsprogrammet för installation av buffert omfattar tester och demonstration av metoden vid både Bentonitlaboratoriet och Äspölaboratoriet.

SKB planerar att vidareutveckla komponenter inom referensutformningen för installation av buffert. Dessa komponenter är bottenplattan, buffertskyddet, strålskyddet och körplåten.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet konstaterar med tillfredställelse att SKB har genomfört omfattande tester av tekniken för tillverkning och installation av buffert. Storskaliga försök har genomförts. De fortsatta arbetena med erosion av buffert och möjligheten att närmare studera kapsel, buffert och återfyllning är enligt universitetet av största vikt.

Östhammars kommun konstaterar att SKB har tagit fram en referensutformning för bufferten. För att klara kraven innefattar referensutformningen ett buffertskydd och en bottenplatta, anpassad för att ansluta till buffertskyddet. SKB framhåller att de komponenter inom referensutformningen som behöver vidareutvecklas är bottenplattan, buffertskyddet, strålskyddet och körplåten. Östhammars kommun konstaterar att man saknar beskrivning av utformning på dessa.

SSM:s bedömning

SSM anser att det är svårt att bedöma genomförbarheten av den nya deponeringsmetoden med gummiduk innan tillräckligt många fullskaliga tester har genomförts. SSM anser dessutom att SKB bör redovisa om buffertskyddet kommer att användas i alla deponeringshål eller om användningen kommer att anpassas till eventuellt behov som kopplar till vatteninflödet i deponeringshålet. Vidare bör SKB redovisa om buffertskyddet går att använda i deponeringshål där spjälkning har inträffat.

SSM är positiv till att SKB planerar att vidareutveckla de komponenter som används vid installationen av bufferten, dvs. bottenplattan, buffertskyddet, strålskyddet och körplåten, samt att SKB avser att göra försök i Äspö där alla ingående komponenter i ett deponeringshål testas tillsammans. SSM håller med Östhammars kommun att referensutformningen för övriga komponenter (förutom buffert) som ingår i deponeringssekvensen bör tas fram.

SSM anser att man från olika tester som gjorts (Börgesson m.fl., 2005; Börgesson och Sandén, 2006; Åberg, 2009) kan dra slutsatsen att buffertens vattenmättnadsprocess är komplicerad och att SKB:s förståelse av processerna fortfarande är begränsad. SSM anser därför att SKB mer systematiskt bör angripa arbetet samt bär integrera laboratorieförsöken med forskningen kring t.ex. ”piping” och erosion. Behovet av en integrering understryks av att det finns en stark koppling mellan ”piping” och erosion i bufferten och i återfyllnaden. Se även avsnitt 6.8.6 i denna rapport.

SSM delar Göteborgs universitet slutsats att de fortsatta arbetena med utredningen av ”piping” och erosion av buffert är av stor betydelse.

5.5.3. Prototypförvaret och andra försök vid Äspölaboratoriet

SKB:s redovisning

SKB har initierat, drivit och i vissa fall även avvecklat flera storskaliga försök vid Äspölaboratoriet där bland annat buffertens egenskaper studerats. Dessa försök är återtagsförsöket, TBT- (Temperature Buffer Test) försöket, prototypförvaret, Lot- (Long-term test of buffer material) försöket, alternativa buffertmaterial projektet, forskningsprogrammet för ett KBS-3-förvar med horisontell deponering (KBS-3H), gasinjekteringsförsöket i stor skala, projektet för in-situ testning av korrosion av miniatyrkapslar (SKB, 2008). I kapitel 12 i SKB:s Fud-program 2010 redovisas återtagsförsöket, TBT-försöket och prototypförvaret.

I de första två försöken som redovisas i Fud-program 2010 hade bufferten liknande utformning och dimensioner som i referensutformningen. Vatten tillfördes bufferten via filter på väggen till deponeringshålen (Thorsager m.fl., 2002; Goudarzi m.fl., 2008).

Prototypförvaret består av sex fullskaliga deponeringshål i en deponeringstunnel som återfyllts med en blandning av bentonit (30 %) och krossat berg (70 %). Målet är att testa och demonstrera den integrerade funktionen av delkomponenter i ett slutförvar, under realistiska förhållanden och i full skala. Försöket installerades under 2001 och 2003 och är indelat i två sektioner (Börgesson m.fl., 2002; Börgesson m.fl., 2004). SKB planerar att bryta den yttre sektionen med återfyllnad och två deponeringshål under 2011. SKB räknar med att bufferten ännu inte är vattenmättad och att densiteten och vattenkvoten varierar när sektionen bryts.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Pereira konstaterar att deponeringstunneln är återfylld med en blandning av bentonit och krossat berg i prototypförvaret. SKB kommer att bryta den yttre sektionen av förvaret bestående av två deponeringshål och tillhörande tunnel under 2011 (SKB:s Fud-program 2010, sid.154). Eftersom granskningen av säkerhetsanalysen SR-Site kommer att pågå under flera år är det av vikt att analysen av experimentet prioriteras och görs tillgänglig så fort som möjligt eftersom den kan ge kompletterande information av stort värde för granskningen.

Östhammars kommun noterar att SKB uppger att bentonitens temperatur inte får överskrida + 100°C. Om SKB avser att begränsa buffertens temperatur till + 100°C, så är det viktigt att man utför försök vid denna temperatur. Kommunen uppfattar att SKB inte utfört försök i Äspö vid så hög temperatur. Det högsta man uppnått i bentoniten i laboratoriet är + 80°C.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har redovisat försök vid Äspölaboratoriet i de lättillgängliga rapportserierna SKB TR och SKB R (Dahlström, 2009; Karnland m.fl., 2009; Smart och Rance, 2009). SSM anser att SKB fortsättningsvis även bör sammanfatta de viktigaste resultaten från försöken vid Äspö som redovisas i IPR- (International Progress Report) serien i TR- eller R-rapportserierna.

SSM anser att SKB förutom regelrätta mätdata även bör redovisa funktionsprinciperna för mätinstrument och utrustning samt analysera och utvärdera deras tillförlitlighet och möjliga felfunktioner (exempel på felfunktioner är uppvärmning av kapslar 2 och 6 i prototypförvaret, samt mätning av relativfuktighet i högtemperatursområdet av TBT-försöket). SKB bör beakta risken för att olika typer av försök påverkar varandra på ett oavsiktligt sätt (t.ex. mellan återtagsförsöket och TBT-försöket).

5.6. Teknikutveckling återfyllning

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 13, teknikutveckling återfyllning, i SKB:s Fud-program 2010.

SKB:s redovisar att teknikutvecklingen kopplad till återfyllning omfattar tillverkning, hantering och installation av återfyllnaden i deponeringstunnlarna. Även pluggen till deponeringstunneln ingår i återfyllningen. I kapitel 13 i SKB:s Fud-program 2010 beskrivs återfyllningens referensutformning och plugg, de krav som ställs på återfyllnaden för att uppnå initialtillståndet samt den vidare teknikutveckling av vald referensutformning som SKB planerar att genomföra under de kommande åren.

5.6.1. Krav och förutsättningar – återfyllning

SKB:s redovisning

Enligt SKB är en av återfyllnadens funktioner att begränsa vattentransport i deponeringstunnlarna. SKB redovisar kvantitativa krav på återfyllnadens hydrauliska konduktivitet (mindre än $10^{-10} \text{ m s}^{-1}$) och svälltryck (högre än

0,1 MPa). Till barriärfunktionen hör också att begränsa buffertens uppåtriktade svällning i deponeringshålet. Det finns inget kvantitativt krav på återfyllnaden i detta avseende förutom att återfyllnadens egenskaper ska vara sådana att buffertens svällning inte leder till en buffertdensitet vid vattenmättnad som understiger 1950 kg m^{-3} .

SSM:s bedömning

SSM anser att det krav som kopplar till barriärfunktionen att begränsa buffertens uppåtriktade svällning i deponeringshålet bör förtydligas. Avsaknaden av ett kvantitativt krav försvårar framtagande av designkriterier och kontroll vid tillverkning, hantering och installation av återfyllnaden. SKB:s modellering av interaktionen mellan bufferten och återfyllnaden (Börgesson och Johannesson, 2006; Börgesson och Hernelind, 2009) visar att två parametrar vanligtvis behövs för att beskriva återfyllnadens elastiska egenskaper: Youngs modul E och Poissons (tvärkontraktions) tal, ν . SSM anser att SKB bör utreda om kravet kan baseras på sådana parametrar som kan mätas direkt hos återfyllnadsmaterialet med experimentella försök, snarare än på buffertdensitet vid vattenmättnad.

5.6.2. Val och specifikation av material och metoder

SKB:s redovisning

Referensutformningen av återfyllningen har utvecklats successivt under olika etapper av SKB:s och Posivas gemensamma projekt Baclo (Gunnarsson m.fl., 2004; Gunnarsson m.fl., 2006; Keto m.fl., 2009). SKB har flera gånger ändrat både material och metoder. Den senaste ändringen är en minskning av andelen förkompakterade blockar i deponeringstunneln, från 80 % (Gunnarsson m.fl. 2006, sid. 35) till 73 % (Wimelius och Pusch, 2008, sid. 36), och sedan till 60 % (i SKB:s Fud-program 2010, sid. 158/9).

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att mycket arbete har genomförts under de senaste åren inom ramen för SKB/Posiva Baclo projektet. SSM anser att SKB behöver vara öppen för att ytterligare modifikationer av konceptet för återfyllning av deponeringstunnlar kan komma att erfordras. Återfyllningens koncept har förändrats flera gånger när nya förutsättningar tillkommit eller när konceptet analyserats noggrannare. Med hänsyn till att referensutformningen inte har demonstrerats fullskaligt i den verkliga förvarsmiljön, är det svårt att bedöma ifall konceptet inte behöver ändras i framtiden. Det är därför fullt möjligt att ytterligare insatser inom konceptfasen kommer att krävas innan konceptet för återfyllning kan anses moget för detaljerat konstruktionsarbete.

SSM anser dessutom att flera tester av de lermaterial som blir valda i referensutformningen behövs för att kunna ta fram statistiskt användbara data för materialegenskaperna.

SSM anser att SKB bör bättre motivera kravet för andelen av förkompakterade block i referensutformningen (f.n. 60 %). I Keto m.fl. (2009, sida 86) redovisas att "only the Asha 230 bentonite clay backfill is able to fulfill the average dry density requirement also at a block filling degree of 60%. For Friedland-clay backfill the block filling degree should be > 70%".

SSM anser att SKB:s redovisning av motiven för en övergång från konceptet med en blandning av krossat berg och lermaterial till konceptet med kompakterade lerblock är rimlig (Pusch, 1998, 2001; Gunnarsson m.fl., 2004, 2006; Sandén och Börgesson, 2006). SSM anser att SKB bör sammanställa erfarenheterna som vunnits vid försök i Äspölaboratoriet i vilka en blandning av krossat berg och lermaterial har använts som återfyllningsmaterial (t.ex. vid fältförsök i en maskinbördad tunnel; vid återfyllningsförsöket och förslutningsförsök med pluggar; samt i prototypförvaret), särskilt med hänsyn till hur frågor kring vatteninflöde och "piping"/erosion hanterades.

SSM anser att SKB:s modeller (Börgesson och Johannesson, 2006; Johannesson och Nilsson, 2006, kapitel 7; Johannesson, 2008; Börgesson och Hernelind, 2009) för återfyllnadens komprimering vid en uppåtgående expansion av bufferten bör förbättras. Slutsatserna från denna typ av modeller har varit avgörande i att välja bort konceptet med direkt fyllning och lagervis packning av lermaterial i tunneln.

5.6.3. Installation av återfyllnad i deponeringstunnlar

SKB:s redovisning

SKB framför att installationen av återfyllnadsblock kräver utrustning med hög kapacitet som samtidigt möjliggör en hög precision. Utrustningen måste även kunna förflyttas snabbt. Hanteringen av blocken kan ske med manuell styrda maskiner eller robotteknik. SKB bedömer att robottekniken är intressant att studera vidare (Wimelius och Pusch, 2008).

SSM:s bedömning

SSM anser ytterligare insatser krävs för att visa att återfyllningen av en deponeringstunnel kan installeras så att alla säkerhetsfunktionskrav uppfylls. SKB bör vidare studera de svårigheter som kan förekomma vid installation av återfyllnaden såsom inverkan av oregelbunden geometri av deponeringstunneln på återfyllnadens densitet, samt inverkan av

grundvatteninflöde som åstadkommer ”piping”. Även om SKB:s redovisning kring dessa frågor hittills har varit omfattande (Sandén och Börgesson, 2006; Börgesson och Sandén, 2006; Dixon m.fl., 2008ab; Johannesson m.fl., 2008; Sandén m.fl., 2008) återstår enligt myndighetens bedömning behov av betydande ytterligare utvecklingsinsatser inom området.

SSM anser att resultat och erfarenheter från laboratorieförsök om ”piping”/erosion som bättre bör avspeglas i den detaljerade planeringen avseende återfyllningen (Wimelius och Pusch, 2008). SKB bör utreda om det finns risk för nya kanalbildningar med ”piping”/erosion eller om det finns risk för att de kanaler som bildades vid installationen kommer att vara öppna under en mycket lång tid efter förslutning av deponeringstunnlarna och hela slutförvaret. Se även avsnitt 6.8.6 i denna rapport.

När det gäller hantering av oregelbunden tunnelgeometri bör samverkan mellan arbetet med återfyllningen och arbetet med tunnelbyggnaden förstärkas.

5.6.4. Pluggning av deponeringstunnel

SKB:s redovisning

Deponeringstunneln försluts genom att en bentongplugg byggs strax innanför tunnelöppningen. Det primära kravet på pluggen är att den ska fungera som mothåll mot grundvattentrycket och det svälltryck som återfyllningen utvecklar i deponeringstunneln. Pluggkonstruktionen ska också hindra vattentransport ut ur deponeringstunneln. För att materialen i pluggen inte får en negativ påverkan på bentoniten i deponeringstunneln ska betong med lågt pH (Vogt m.fl., 2009) användas i pluggen. Bentongpluggen måste vara verksam till dess att vattentrycket på pluggens utsida (mot transporttunneln) är lika stort som på dess insida, det vill säga till dess att andra tomrum i slutförvarsanläggningen förslutits och det inte längre finns någon tryckgradient över pluggen. Den perioden antas vara 100 år (Fälth och Gatter, 2009, sid. 8).

Konstruktionen i referensutformningen är uppbyggd av en pluggsektion, en tätningsssektion av kompakterade bentonitblock och en filtersektion av krossat berg. Prefabricerade betongplank skiljer sektionerna ifrån varandra (Fälth och Gatter, 2009). Denna konstruktion skiljer sig från pluggar som byggdes tidigare mellan sektionerna i prototypförvaret (Dahlström, 2009; Dahlström m.fl., 2009) i och med att stålarmring saknas och flera sektioner involveras.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör göra ytterligare insatser avseende kravspecifikationen och konceptutvecklingen för deponeringstunnelspluggar. Nedan diskuteras frågor som SSM anser bör utredas och besvaras innan steget tas till konstruktionsfasen.

SSM anser att vissa ytterligare åtgärder kommer krävas för att visa att kravet på pluggens täthet (Dahlström, 2009; Dahlström m.fl., 2009; Fälth och Gatter, 2009) kan uppfyllas. SSM anser att SKB mer ingående bör redovisa vattentransporten genom pluggen. Dessutom bör SKB redovisa funktionerna och livslängden hos dräneringsventilerna i pluggen (Fälth och Gatter, 2009, sid. 11). Tätheten vid skärningsytan mellan pluggen och tunnelväggen bör bättre belysas.

SSM anser dessutom att SKB bör utreda de geomekaniska egenskaperna av låg-pH betong. I SKB:s modelleringar används generiska parametrar som gäller allmänna betongmaterial vilka möjligen inte överensstämmer med parametrarna för låg-pH betong.

5.7. Teknikutveckling förslutning

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 14, teknikutveckling förslutning, i SKB:s Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB:s redovisning i kapitel 14, teknikutveckling förslutning, omfattar återfyllning och förslutning av alla utrymmen utom de redan återfyllda deponeringstunnlarna, samt förslutning av undersökningsborrhål. SKB har tills nu inte genomfört forskning och utveckling som specifikt avser teknik för att försluta förvaret. SKB planerar att under de tre kommande åren studera alternativa koncept för utformning av förslutningen. De planerade insatserna omfattar huvudsakligen skrivbordsstudier och inga omfattande tester av förvarförslutningen planerats. SKB har dock utvecklat och testat teknik för att försluta undersökningsborrhål.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB planerar ytterligare insatser i samband med utvecklingen av konceptet för förslutningen. SSM anser dock att SKB ytterligare bör utreda genomförbarheten av olika förslutningskoncept. Förslutningen ligger visserligen långt fram i tiden men är av betydelse för slutförvarets helhet och därmed även för kraven och teknikutvecklingen av andra delar av slutförvaret. Därutöver bör SKB vidare studera förslutningens

långsiktiga stabilitet med avseende på degradering av betongmaterial samt kemisk erosion av bentonit med glacialt smältvatten.

5.7.1. Referensutformning och krav

SKB:s redovisning

SKB:s referensutformning innebär att stam- och transporttunnlar samt ramp och schakt i förvaret ska återfyllas med kompakterade block och pellets av svällande lera. Referensutformningen för förslutningen av centralområdet samt den övre delen av rampen och schaktet (från nivån -200 meter och upp till -50 meter) innebär återfyllning med krossat berg som kompakteras. För att försvåra intrång i förvaret försluts de allra översta delarna (från cirka -50 meter och upp till markytan) med grövre bergmaterial. Vid passage av vattenförande zoner kan det bli aktuellt att installera pluggar med liknande konstruktion som deponeringstunnelspluggarna (SKB, 2009).

Enligt de givna konstruktionsförutsättningarna ska förslutningen hindra att det bildas strömningsvägar för vatten från förvarets närområde till ytan som kan försämra bergets barriärfunktion. Detta krav bedömer SKB vara uppfyllt om den hydrauliska konduktiviteten i förslutningen är mindre än 10^{-8} m s^{-1} .

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Pereira noterar att centralområdet kommer att återfyllas med krossat berg som kompakteras. Återfyllningen är här inte lika tät. Pereira observerar att motivet för detta val inte framgår i Fud-program 2010, men konsekvenserna av en högre hydraulisk konduktivitet här (dvs. större vattenflöde) bör belysas i den kommande SR-Site analysen.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör beakta resultaten från platsundersökningen och bättre motivera det krav som ställs på förslutningen som innebär en hydraulisk konduktivitet på mindre än 10^{-8} m s^{-1} . SSM noterar att berget i Forsmark kan ha en hydraulisk konduktivitet så låg som $10^{-11} \text{ m s}^{-1}$ (SKB, 2006, sid. 211).

SSM anser dessutom att SKB bör förtydliga det översta grövre bergmaterialets roll i förslutningen som sträcker sig ned till 50m djup. I SKB:s Fud-program 2010 (sid. 167) anges att rollen är att försvåra intrång i förvaret, däremot konstaterades i samband med förslutningen av undersökningsborrhål att det mekaniska lås som består av tätt kompakterad morän och sten i den översta delen av hålet ska kunna motstå erosion av berget (Pusch och Ramqvist, 2007, sid. 11).

5.7.2. Förslutning av undersökningsborrhål

SKB:s redovisning

Referensutformningen för förslutningen av undersökningsborrhål består huvudsakligen av perforerade kopparrör fyllda med högkompakterad bentonit. Sektioner där borrhålet passerar vattenförande zoner fylls med kvartsbaserad betong som är permeabel och motståndskraftig mot erosion. Den översta delen av borrhålet försluts med ett material som består av cylinderformade bergpluggar i kombination med platsgjutna betongpluggar och välkompakterad morän. Detta material ska motstå lerans svälltryck och klara mekaniska påfrestningar. Fyra lerpluggningsmetoder benämnda "Basic-", "Container-", "Couronne"-, samt "Pellet"-koncepten redovisas (Pusch och Ramqvist, 2007).

SSM:s bedömning

Beträffande förslutning av undersökningsborrhål anser SSM att SKB vidare bör undersöka genomförbarhet av olika förslutningskoncept. Dessutom bör SKB studera borrhålförslutningens långsiktiga stabilitet med avseende på degradering av betongmaterialet och kemisk erosion av bentoniten.

5.8. Teknikutveckling berg

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på kapitel 15, teknikutveckling berg, i SKB:s Fud-program 2010. Kapitlet behandlar metoder för fältundersökningar, karakterisering och bergbyggande, tättnings- och förstärkningsåtgärder, utveckling av utrustning och dokumentation.

Remissinstansernas synpunkter

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Nils-Axel Mörner anser att berglinjen bör innehålla ett mycket vidare perspektiv på berggrunden än vad som ges och nya studier vad gäller postglaciala rörelser och skeenden.

Östhammars kommun och kommunens konsult Pereira ställer frågan om det kan finnas risk för att slutförvaret för använt kärnbränsle kan komma att utgöra ett "svaghetsplan". Kommunen och Pereira betonar att detta är en särskilt väsentlig fråga i relation till kraven på berget. I berget ska t.ex. så långt det är rimligen möjligt deponeringshålen placeras så att det inte kan uppkomma skjuvrörelser som ger större påkänningar än vad kapseln är konstruerad för.

Kommunens konsult Roos noterar att några av SKB:s angivna krav är otydligt formulerade. Roos frågar till exempel om innebörden av kravet på placering av deponeringshåll medför att det i någon situation kan accepteras

att placera deponeringshål i ett läge som kan ge större skjuvrörelser än vad kapseln är konstruerad för. Om så är fallet kan kapseln gå sönder vilket inte är acceptabelt. Roos anser därför att SKB bör förtydliga kraven och bedöma konsekvenserna av kraven.

Kommunen och konsulterna Roos och Pereira ställer frågan hur alla nedsänkta kapslars värmeutveckling påverkar bergets värmeledningsförmåga och vad det innebär för kvalitetssäkringen. Det är speciellt angivet att bygget av tillfarterna till undermarksanläggningarna är tidskritiskt och man frågar sig vad det innebär i praktiken.

5.8.1. Metodik för bergprojektering

SKB:s redovisning

SKB planerar att vidareutveckla den projekteringsmetodik som tillämpades för att ta fram den preliminära utformningen av slutförvarsanläggningen. Kraven ska anpassas efter framtida återkopplingar från SR-Site.

Remissinstansernas synpunkter

Sveriges geologiska undersökning (SGU) konstaterar att observationsmetoden kommer användas. SGU anser det vara viktigt, vilket också framhävs i Fud-rapporten, att metoden vidareutvecklas och den geovetenskapliga informationen kontinuerligt insamlas och används vid stipuleringen av gränsvärden. SGU förutsätter också att en materialhanteringsplan för uttaget ballastmaterial upprättas och bergkvaliteten klassas för olika användningsområden.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör detaljerat beskriva hur den iterativa observationsmetoden kommer att styras för att uppnå syftet och hur olika aktiviteter samverkar. Roos föreslår att redovisningen kan ske i form av ett blockschema med inlagda aktiviteter. Särskilt bör uppmärksammas vilka direktiv som gäller för bergentreprenören om denne inte får information inom överenskommen tid om hur fortsatt arbete ska utföras.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB planerar arbeta vidare med projekteringsmetodiken. En del av denna är observationsmetoden och liksom SGU anser SSM att det är viktigt att metoden vidareutvecklas. SSM anser vidare att den valda projekteringsmetodiken inklusive observationsmetoden ställer höga krav på kravspecifikationen för byggandet och uppföljningen av dessa krav. Myndigheten vill betona vikten av att kraven den långsiktiga säkerheten och miljöpåverkan ställer på produktionen blir en naturlig del av projekterings- och byggarbetet. SKB bör i det fortsatta arbetet säkerställa att

processerna blir utformade så att detta uppnås. Östhammars kommun framför likande synpunkter. Aspekter som är värda att beakta är MTO frågor (människa – teknik – organisation), att olika utfalls inverkan på den långsiktiga säkerheten kan vara svårbedömda och att vissa arbetsmoment inte går att göra ogjorda, exempelvis bergguttar som inte uppfyller kraven på den störda zonen.

Den nu befintliga dokumentationen som utgörs av SKB 2007 och 2009ab är delvis svår genomtränglig. Det är inte uppenbart hur ”Underground design premises” (SKB 2007), ”Design premises” för den långsiktiga säkerheten (SKB, 2009a) och ”Site Engineering Report” (SER; SKB 2009b) relaterar till varandra och hur det säkerställs att den resulterande designen och utförandet tar tillvara kraven från alla dessa förutsättningar. SSM:s tidigare expertgrupp för platsundersökningarna, INSITE, kommenterade i sin genomgång av SER att ett förtydligande av de olika dokumentens roll vore önskvärt (INSITE, 2009). SKB bör i det fortsatta arbetet måna om ökad tydlighet och transparens i dokumentationen av projekteringsmetodikerna.

SSM anser att SKB bör vidareutveckla och förtydliga hur Eurokoden (EN 1997-1:2004) kommer att implementeras i projekteringsarbetet och under produktionen.

5.8.2. Verktyg för detaljundersökningar

SKB:s redovisning

SKB har tagit fram ett ramprogram för de geovetenskapliga och ytekologiska undersökningar som krävs i anslutning till uppförande och drift av slutförvaret. Programmet kommer att redovisas i samband med ansökan och SKB planerar att vidareutveckla det under åren fram till byggstart. Detta omfattar såväl metod- som teknikutveckling.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet utgår ifrån att kapslarnas deponeringspositioner först kan fastställas när man kan besiktiga deponeringstunneln.

Uppsala universitet anser att det saknas ett tydligt program för forskning för långtidsbevakning av förvaret. Bevakningen av mikro-seismiciteten planeras, men hur detta ska ske och när det ska påbörjas är oklart. Det är enligt universitetet viktigt att en bra bakgrundsbild av mikro-seismiciteten erhålls innan byggandet av förvaret påbörjas. Likaså saknas en tydlig planering avseende forskning för annan långtidsbevakning, till exempel geokemiska mätningar i kringliggande borrhål och annan geofysik. Det finns enligt universitetet en förväntningsmodell över hur förvaret kommer att

påverka omliggande berg, men forskning kring hur denna modell kan verifieras på lång sikt med mätningar saknas.

Uppsala universitet noterar vidare att förvarsplaneringen byggs på befintliga data som har samlats in under platsundersökningen. Mera detaljerade undersökningar kommer att göras innan själva byggandet kommer igång, där man måste förutsätta att 3D reflektionsseismik ingår för att kartlägga 3D strukturen i förvarsområdet. Uppsala universitet anser att det vore lämpligt att börja planeringen av seismiken redan nu för att utföra den på ett optimalt sätt och undersöka möjligheterna att integrera den med mätningar av mikro-seismiciteten i området. Universitetet anser vidare att en sådan integrering kan ge en bättre hastighetsmodell för seismiska vågor i området, vilket vore av stor nytta både för lokalisering av jordskalv och för migrering av reflektionsseismiska data. Dessutom kan de 3D seismiska bilderna klargöra om de lokala jordskalven sker på måfå i berggrunden eller längs existerande svaghetszoner. Tillsammans med långtidsbevakningen kan det kanske vara möjligt att se om skalven påverkar vissa fysiska egenskaper i berggrunden.

Östhammars kommuns konsult Pereira anser att det är positivt att SKB kommer att undersöka behovet av att bygga ett eget seismiskt nätverk i Forsmark (s.179). Pereira menar att ett sådant nätverk även kan motiveras utifrån en åtgärd av arbetskyddscharakter eftersom spjälkningen som resultat av höga bergspänningar kan ge upphov till att stora bergblock faller ned från tunnlarnas sidoväggar och tak. Med tanke på att kärnbränsleförvaret kommer att förslutas långt fram i tiden, anser Pereira att investeringen i det seismiska nätverket är en BAT-fråga och ska prioriteras.

SSM:s bedömning

Eftersom detaljundersökningsprogrammet enligt SKB redovisas i samband med ansökan är myndighetens synpunkter endast baserade på det material som redovisas i Fud-programmet.

Myndigheten anser att SKB bör förtydliga planerna för utvecklingen av detaljundersökningsprogrammet med mer precisa tidsangivelser för olika typer av undersökningar som kopplar till olika syften och krav. Exempelvis kan mätningar behövas för byggprocessen och observationsmetoden, för verifieringen av platsbeskrivande modellerna eller som input till säkerhetsanalyserna. SSM anser i detta sammanhang att figur 15-1 är otydlig. Myndigheten förmodar att vidareutveckling av metoderna även kommer att ske i samband med den långa driftperioden vilket inte avspeglas i figuren. Liksom Uppsala universitet saknar SSM en redovisning av SKB:s planer för monitoreringen av relevanta parametrar.

SSM anser att det är betydelsefullt med precision i anläggningens placering i bergmassan och i förhållande till geologiska enheter. Myndigheten anser att det kan vara fördelaktigt med en tätare koppling mellan geodesi (tunnelkoordinater) och fotogrammetriska resultat från den geologiska karteringen.

SSM ser positivt på att SKB ska se över metodiken för tolkning av hydrauliska egenskaper hos flödande strukturer. SKB bör i detta sammanhang förtydliga kraven på testernas effektivitet och möjligheter att bestämma flödesdimensioner och randeffekter. SKB bör inom översynen eller i annat passande sammanhang även förtydliga vad som avses med ”faktisk transmissivitet” och ”sammanhängande effektiv transmissivitet” i kravspecifikationen för berget som barriär och hur parametrarna kopplas till olika mätmetoder.

SKI kommenterade i granskningen av Fud-program 2007 att det saknades uppgifter om metoder och instrument för att bestämma bergmassans och deformationszonernas hållfasthet och deformationsegenskaper. SSM noterar att inga sådana uppgifter har tillkommit i nuvarande program och anser att SKB bör redovisa planerna för dessa eller motivera varför de inte tas upp. SSM ser liksom Östhammars kommun positivt på att SKB påbörjat en utredning om ett lokalt seismiskt nätverk i Forsmark. Liksom Uppsala universitet anser SSM att det är viktigt att en bra bakgrundsbild av mikroseismiciteten erhålls innan byggandet av förvaret påbörjas. SSM anser därutöver att SKB bör utvärdera om mikroseismiska data skulle kunna användas för att förbättra förståelsen för bergmassans storskaliga deformationsbeteende.

SSM anser att metodiken för detektering av långa sprickor är viktig och att SKB bör fullfölja de beskrivna planerna. Myndigheten anser det även betydelsefullt att möjligheten till detektering och osäkerheterna den är förknippad med kopplas till konstruktionsförutsättningarna på ett lämpligt sätt.

5.8.3. Utförandemetoder, byggmaterial och specialmaskiner

SKB:s redovisning

SKB redovisar fintättningsprojektet som har pågått sedan Fud-program 2007. En punkt SKB framför i samband med detta är att efterinjektering med höga vattentryck är problematiskt. Programmet för teknikutvecklingen inom området injektering bedrivs i huvudsak som del av detaljundersökningsprogrammet genom att utveckla metodik för prognostisering baserat på pilothålsundersökningar. SKB finner skäl för kunskapsinhämtning och erfarenhetsåterföring från andra projekt när det

gäller injektering med Silica sol samt att resultaten behöver omsättas till teknik för rutinmässig produktion. SKB avser att bedriva detta arbete i samverkan med byggbranschen i övrigt. I avsnitt 15.5.3 redovisar SKB planer på fortsatta försök och uppföljningen av användningen av låg-pH bruk.

SKB redovisar fördelarna med konventionell borrhning och sprängning och att närmare motiv för teknikval kommer att redovisas i ansökan. Vidare redogör SKB för resultaten från studier av sprängskador och konturhållningen vid sprängningen i TASS-tunneln. Med användning av patronerade sprängämnen lyckades konturen i vägg hållas och SKB finner inget inducerat genomgående nätverk av sprängskador med förhöjd transmissivitet. SKB listar exempel på befintliga tekniker som kan utvecklas för att möta de projektspecifika kraven. Samverkan med andra aktörer är en förutsättning i vissa fall och önskemål i andra fall.

SKB redovisar undersökningar kring olika borrh tekniker som har resulterat i valet av omvänd stigortsborrning som referensmetod för uttag av deponeringshål. SKB planerar att vidareutveckla metoden så att kraven på deponeringshålen ska kunna uppfyllas.

Remissinstansernas synpunkter

Opinionsgruppen för säker slutförvaring konstaterar att SKI har ställt krav på att storskaliga mätförsök av den störda zonen runt en sprängd tunnel ska genomföras under *realistiska* bergmekaniska och hydrogeologiska förhållanden. Opinionsgruppen kan i Fud-program 2010 inte få svar på om och när detta ska ske.

Östhammars kommuns konsult Pereira anser att ett mycket intressant resultat för säkerhetsanalysen är att SKB har kunnat visa i sina berguttagsförsök att man kan uppfylla kravet att inte skapa en kontinuerlig skadezon som orsakar flödesvägar längs tunneln (s.183). Enligt Pereira finns det dock två aspekter som man bör ha i åtanke: a) att experimenten är gjorda på Äspölaboratoriet där bergspänningarna är lägre än i Forsmark och b) att det krävs ytterligare ett steg när man går från omsorgsfulla experiment i labbmiljö till det dagliga arbetet i tunnlar som innebär en högre takt för bergsuttag i en produktionsmiljö. Pereira undrar hur SKB kvalitetssäkrar detta arbete.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör redovisa de styr-system som SKB kommer att tillämpa för att förvissa sig om att berg-entreprenören genomför borrhning, laddning och sprängning på föreskrivet sätt. Roos ställer frågor om SKB kommer att föreskriva i detalj hur borrhning och laddning ska utföras och hur SKB planerar att agera när bergutfallet eller skadezonen vid sprängning blir större än förväntat.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har genomfört ingående studier av injektering och anser att SKB bör tillvarata de möjligheter som erhållna data enligt redovisningen ger att pröva olika modeller för prognostisering av inflöden och tätning. Myndigheten anser vidare att SKB bör klargöra hur svårigheterna med efterinjektering ska hanteras med tanke på att det kan vara nödvändigt för vissa sektioner av deponeringstunnlarna (Brantberger och Janson, 2009). SSM anser att det är en god strategi att bedriva utvecklingsarbete för Silica sol i samverkan med byggbranschen men att SKB bör säkerställa att de speciella behov slutförvarets konstruktionsförutsättningar ställer beaktas i samarbetet. SSM ser positivt på planerna med fortsatta försök och uppföljning av användningen av låg pH bruk som SKB redovisar i kapitel 15.5.3. SSM saknar dock i redovisningen (under 15.5.1 och 15.5.3) information om SKB anser sig ha en tillräckligt god kunskap om injekteringsmedlens påverkan på hydrogeokemin och om ytterligare forskning och utveckling är planerad. Likaså saknar myndigheten en redovisning om förstärkningsåtgärders påverkan på den långsiktiga säkerheten, exempelvis bergbultar, nätning och sprutbetong.

SSM ser positivt på att SKB har tagit fram en sammanställning av motiv för valet av bergguttagsmetod. Då sammanställningen kommer att redovisas i ansökan till kärnbränsleförvaret kan myndigheten inte bedöma om SKB bör ta fram ytterligare underlag.

Myndigheten ser positivt på de ansträngningar SKB har gjort för att undersöka sprängskadezonen. SSM noterar att SKB genomfört sprängningarna med patronerade sprängämnen som vid produktion har nackdelar gentemot emulsionssprängämnen. SSM anser att det är viktigt att SKB kan visa att kraven som konstruktionsförutsättningar ställer på skadezonen kan uppfyllas vid tunneldrivning under produktionsförhållanden i Forsmark. Liknande synpunkter framförs av Östhammars kommun. Dessa krav bör även beakta eventuell inverkan av uppvärmningen i förvarets tidiga skede. Golvet i deponeringstunnlarna ligger närmast kapslarna och SSM anser att SKB bör redovisa hur skadezonen där kan förväntas vara beskaffad. SKB anger under program för bergguttag endast tänkbara utvecklingsinsatser. SSM saknar ett tydligt program som utgår från de kvarstående frågor som har störst säkerhetsbetydelse. Myndigheten anser frågan om sprängskadezonen angelägen med tanke på beräkningsresultat som pekar på att den kan utgöra en betydelsefull hydrologisk transportväg i Forsmark (Geier, 2008).

SSM anser det är bra att SKB planerar en vidareutveckling av stigortsboringstekniken. SKB nämner att utveckling av tekniken för

bottenavjämning behövs men tar inte upp frågan i programmet. SSM anser att SKB bör säkerställa att tekniken finns tillgänglig vid lämplig tidpunkt. SSM anser vidare att SKB bör motivera val av metod för avfasning med tanke på minsta störning av stabilitetssituationen och risker för ökad grundvattenströmning.

5.8.4. Verktyg för datahantering och visualisering

SKB:s redovisning

SKB planerar att utvärdera befintliga databaser och verktyg för modellering och visualisering samt att ta fram en handlingsplan för utvecklingsarbetet. Nödvändiga system ska vara testade innan byggstart.

SSM:s bedömning

SSM anser att utvecklingen av datahanteringssystemen och verktygen för visualisering är betydelsefulla med tanke på de höga krav projekteringsmetodiken och säkerhetsanalysen ställer på datahantering och kvalitetssäkring. SKB bör ta ett samlat grepp så att nödvändig funktionalitet finns till hands vid lämpliga tidpunkter.

5.9. Teknikutveckling KBS-3H

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på kapitel 16, teknikutveckling KBS-3H, i SKB:s Fud-program 2010.

5.9.1. Nuläge och program

SKB:s redovisning

SKB:s redovisning utgörs av bakgrund, nulägesbeskrivning och statusrapportering för SKB:s arbete med att utveckla konceptet horisontell deponering, KBS-3H. Utvecklingsarbetet har bedrivits i samarbete med Posiva som är SKB:s motsvarighet i Finland. Huvudmålet med pågående utvecklingsarbete i Äspö är att vidareutveckla och demonstrera tekniken i full skala. Det övergripande syftet är att i ett senare skede kunna göra ett väl underbyggt val mellan KBS-3V och KBS-3H.

Sedan redovisningen i Fud-program 2007 har den s.k. DAWE-tekniken utvecklats för dränering, artificiell bevätning och avluftning av deponeringshålen och studier genomförts av alternativa material för metallbehållaren runt supercontainerna. En preliminär layout för ett tänkt KBS-3H-förvar i Forsmark har tagits fram, där deponeringstunnlarna för ett

KBS-3V-förvar ersatts av KBS-3H-förvarets horisontella deponeringshål. Om SKB och Posiva beslutar att gå vidare med utvecklingen av konceptet kommer en bedömning av den långsiktiga säkerheten för ett tänkt KBS-3H-förvar i Forsmark att genomföras, utformningsspecifik dokumentation att tas fram och systemkomponenter i fullskala att testas vid Äspölaboratoriet. En återstående utmaning är att demonstrera kapaciteten att borra de 300 meter långa deponeringshålen med tillräcklig raket.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet konstaterar att SKB utredde möjligheten att placera kapslarna horisontellt redan i början av 1990 talet. Arbetet som inleddes 2008 redovisas inte i programmet. Universitetet ställer frågan om säkerheten med horisontell och vertikal deponering är lika hög. Att den bergvolym som behöver tas ut för ett KBS-3H -förvar är betydligt mindre än vid vertikal deponering kan knappast vara ett skäl att ändra metod. Risken för erosion och kanalbildning i bufferten innan bentoniten blivit vattenmättad är större för KBS-3H eftersom deponeringshålen är längre än vid vertikal deponering. Intressant i detta sammanhang är hur djupt förvarsplatsen kommer att ligga i förhållande till dominerande horisontella respektive vertikala spänningar. Universitet undrar vidare över hur tryckbilden vid vertikalt och horisontellt tryck ser ut i förhållande till förvarets placering och vad som händer med själva orterna och bufferten.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör tydligare förklara varför artificiell bevätning anses vara väsentlig i KBS-3H men inte nödvändig i KBS-3V.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att det återstår mycket utvecklings- och demonstrationsarbete innan SKB kommer att ha möjlighet att fatta ett internt beslut om man avser att fortsätta utvecklingsarbetet. Med hänvisning till att SKB:s ansökan om att få uppföra ett slutförvar för använt bränsle baserat på referensutformningen KBS-3V tar SSM i nuläget inte ställning till SKB:s planer avseende utveckling av KBS-3H.

6. Synpunkter på forskning för analys av långsiktig säkerhet

6.1. Översikt – forskning för analys av långsiktig säkerhet

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 17, översikt – forskning för analys av långsiktig säkerhet, i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB presenterar i detta avsnitt en övergripande struktur för de forskningsområden som kopplar till långsiktig säkerhet och säkerhetsanalyser för slutförvaring av kärnbränsleförvaret (SR-Site) och förvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall (SFR). Ny kunskap eftersträvas för att reducera osäkerheter och för att kunna göra realistiska bedömningar av säkerhetsmarginaler vid slutförvaring. SKB bedömer dock att kvarvarande osäkerheter kring långsiktig säkerhet kan gränssättas redan med befintlig kunskap. Detta gäller både för kärnbränsleförvaret samt för det redan driftsatta SFR. En kommande utbyggnad av SFR för rivningsavfall behöver även beaktas. Eftersom en stor del av kunskapen inte kopplar till ett specifikt slutförvarssystem anser SKB även att forskningsprogrammet är relevant för det planerade slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL).

SKB redovisar prioritering av kommande forskningsbehov i tabell 17-1 (sida 196 i Fud-program 2010) som delar in området dels beroende processtyp, dels beroende på komponent i slutförvarssystemet. För kärnbränsleförvaret framgår att störst forskningsbehov finns inom bränsleupplösning, deformation och korrosion av kapsel, utveckling och omvandling i buffert samt DFN struktur och mikrobiologi i berget. För SFR rör motsvarande högprioriterade områden korrosion, sorption, samt degradering av cement och organiska ämnen.

Tabell 17-3 (sida 198 i Fud-program 2010) innehåller sammanställning av de projekt som SKB för närvarande genomför vid Äspölaboratoriet. Dessa projekt genomförs ofta inom ramen för ett internationellt samarbete. En lokal forskningsbreddning sker även genom samarbete mellan SKB, Oskarshamns kommun och ett antal svenska universitet (Nova FoU). SKB följer dessutom utvecklingen inom områdena separation och transmutation samt djupa borrhål.

Remissinstansernas synpunkter

Chalmers påpekade i Fud-program 2007 behovet av ett forskningsprogram som hanterar omvärldsaspekter vad gäller risk, säkerhet och en förändrad

hotbild för utbränt kärnbränsle och förvar. Sedan 2007 har vissa forskningsprojekt kring ansvar för hantering, icke-spridning etc. tillkommit. Chalmers anser vidare att ytterligare insatser för att, om möjligt, säkra förvaret mot hot av olika slag krävs i framtiden.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) har i sitt yttrande lämnat nedanstående synpunkter på tabell 17-1 på sidan 196 i Fud-programmet.

I tabellen färgläggs områden där det fortfarande bedöms behövas måttliga forskningsinsatser med gult, och områden där det bedöms behövas stora forskningsinsatser med rött. Detta är enligt föreningarna ett framsteg i förhållande till forskningsrapporten Fud-program 2007 där SKB hade med en liknande tabell men utan bedömning av behov av fortsatt forskning. Detta trots att det i Fud-program 2007 fanns bedömningar av behovet av fortsatt forskning och utveckling inom de olika mer praktiskt orienterade tekniklinjerna.

Föreningarna framhåller vidare att vad som är mer problematiskt är att SKB anser att det behövs stora insatser inom ett stort antal forskningsområden rörande långsiktig miljösäkerhet inom de närmaste tre åren och ändå anser sig ha ett tillräckligt underlag för att lämna in en ansökan i mars 2011 om att få bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle. Flera av områdena rör dessutom enligt föreningarna frågor som berör integriteten av de tekniska barriärerna av koppar och lera som är grunden för den långsiktiga miljösäkerheten. Säkerhetsanalysen SR-Site som blir en del av ansökan är ett modellarbete. Många av de frågeställningar som berörs i tabell 17-1 är viktiga för att förstå hur verklighetsförankrad modellerna i analysen är.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) anser att det saknas ett samlat grepp om strålningsinducerade processer i fasgränsen mellan grundvatten och fast material. Kunskapen om denna typ av processer kan globalt sägas vara ganska liten varför det är svårt att bedöma effekten av dessa på vetenskapliga grunder. Grundforskning inom detta för kärntekniska tillämpningar så viktiga område har sedan några år bedrivits främst i USA och Japan.

Oskarshamns kommun är angelägen om att SKB lägger ned stor ansträngning på att lösa de frågor i Fud-program 2010 som i tabell 17-1 och 17-2 på sidorna 196 och 197 är rödmarkerade och som uttrycker att stora fortsatta insatser krävs.

Uppsala universitet kommenterar systemstudier och scenarier och anser att frågeställningarna rörande känslighet för yttre påverkan avseende dels meteoritnedslag, dels penetration medelst bergborrning bör ses över innan

slutlig utformning fastställs. Riskbedömningar och designstudier för minimering av inverkan från meteoritnedslag saknas i SKB:s utredningsmaterial. I SR 97 ("Säkerheten efter förslutning"; SKB, 1999) anges inledningsvis att såväl meteoritnedslag som träff med kärnvapen avförts från vidare utredning därför att sannolikheten är låg, samt att "konsekvenserna av händelsen sannolikt inte väsentligt påverkas av om ett djupförvar ligger under träffpunkten". Idag föreligger ökad kunskap om såväl förekomst som inverkan av meteoritnedslag än då förstudierna genomfördes.

Uppsala universitet anser vidare att parametrar som djup och tunnelgalleri-layout (långsträckt eller samlad) på den nu framtagna lagringsdesignen bör granskas och anpassas utifrån ett ALARA (As Low As Reasonably Achievable) perspektiv så att konsekvenserna av "high impact"-händelser minimeras. Detsamma gäller placeringen av bränsleelementen vilka bör arrangeras så att träffytan för borring minimeras. Vertikal lagring av kapslar är i det perspektivet att föredra istället för horisontell lagring. Kriticiteten av oavsiktligt kompaktifierat bränsle bör också redovisas.

Östhammars kommuns konsult Roos kommenterar forskning kopplad till förvarssystem och anser att SKB bör tydligare förklara vad det innebär att gränssätta betydelsen av identifierade osäkerheter och hur stora riskerna är för att det finns osäkerheter som inte är identifierade. Ytterligare frågor från Roos är hur SKB hanterar okända osäkerheter och vilka de viktigaste kända osäkerheterna är. Roos anser vidare att SKB bör förklara vad som menas med kärnbränsleförvarets säkerhetsmarginal och hur realistiska de bedömningar är av kärnbränsleförvarets säkerhetsmarginal som har gjorts hittills.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB har presenterat en ändamålsenlig och överblickbar struktur för övergripande forskningsprioriteringar som är konsistent med den säkerhetsanalysmetodik som bl.a. utvecklades inom SR-Can projektet. Det hade dock varit värdefullt om SKB tydligare redovisat vilken information som beaktats vid framtagandet av tabell 17-1 och 17-2. I jämförelse med motsvarande tabell i Fud-program 2007 gör SKB av olika anledningar delvis annorlunda bedömningar. SKB anser att några processer har ökat i betydelse som t.ex. strålningspåverkan på kapseln samt cementering och mekaniska processer i buffert och återfyllning, medan t.ex. mikrobiella processer i bufferten samt reaktivering i samband med jordskalv har fått minskad betydelse. Eftersom SR-Site projektet troligen kan betraktas som den mest omfattande utvärderingen av KBS-3 systemet som någonsin genomförts är det naturligtvis väsentligt i vilken utsträckning tidiga resultat från detta projekt har kunnat påverka prioriteringarna i Fud-program 2010. På

motsvarande sätt borde färdigställandet och granskningen av SAR-08 haft en inverkan på SKB:s prioriteringar av forskningen kring låg- och medelaktivt avfall.

SSM anser att Äspölaboratoriet är en resurs av stor betydelse för möjligheten att genomföra vetenskapliga försök i en realistisk slutförvarsmiljö. Den befintliga uppsättningen försök är omfattande och täcker in frågor av stor betydelse för säkerhetsanalysen. Brytning av första etappen av prototypförvaret förväntas ske under 2011, vilket kommer ge information om de tekniska barriärernas utveckling sedan driftstarten 2001. SSM eftersöker dock en fullständigare redovisning kring bryningen av samtliga långtidsförsök vid Äspö (Lot-, Mini CAN och prototypförvaret) och dess koppling till processen för uppförandet av ett kärnbränsleförvar vid Forsmark. Detta gäller dels tidsplanen för slutförande av befintliga försök, dels vilka mätningar som kommer genomföras och hur denna information kan användas. Till detta kommer frågan om nya kompletterande försök behöver initieras för att hantera eventuella nya kunskapsluckor eller för att kompensera brister hos befintliga eller tidigare försök.

Det behövs en övergripande diskussion och planering av hur långtidsförsök även fortsättningsvis behöver användas för att understödja den stegvisa beslutsprocessen. En fråga är t.ex. om fullskaleförsök erfordras eller om småskaliga försök kan ge lika värdefull information för säkerhetsanalysen. En annan fråga är om Äspö även fortsättningsvis ska användas eller om vissa verifierande tester behöver genomföras i direkt anslutning till ett kommande slutförvar.

Behov av nya försök behöver särskilt diskuteras i fall nya processer har tillkommit som t.ex. bufferterosion eller om befintliga försök inte har motsvarat de ursprungliga förväntningarna. Nya försök kan t.ex. behöva renodlas i högre grad i fall tidigare försök inte gett tillräckligt entydiga resultat. Eftersom långtidsförsök inte utan vidare kan upprepas bör möjliga felkällor identifieras och analyseras redan vid det tidiga planeringsstadiet t.ex. genom förberedande modellering.

Två skäl kan anföras för att verifierande tester kommer att behöva genomföras i direkt anslutning en slutförvarsanläggning. För det första kan den hydrokemiska, bergmekaniska och hydrologiska situationen vid ett slutförvar vid Forsmark skilja sig från den vid Äspölaboratoriet i en sådan omfattning att vissa verifierande tester behöver genomföras. För det andra kan det komma att ställas krav på genomförande av långtidsförsök under tider för vilka SKB inte kan garantera fortsatt verksamhet vid Äspölaboratoriet.

SSM ser positivt på den samverkan som SKB genomför dels med utländska kärnavfallsorganisationer, dels med Oskarshamns kommun och högskolor och universitet.

6.2. Säkerhetsanalys

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 18, säkerhetsanalys, i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB:s arbete inom säkerhetsanalys omfattar dels utvärdering av kärnbränsleförvarets radiologiska risk och långsiktiga säkerhet (SR-Site), dels motsvarande frågor för förvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall (SFR). SKB anser att en lämplig metodik i tio separata steg redan har utvecklats. Eventuella behov av vidareutveckling av metodiken och erfarenhetsåterföring från tillämpningen kommer först att redovisas i samband med SR-Site. Utgångspunkt för SKB:s bedömning är bl.a. SKI:s och SSI:s tidigare granskningar av SKB:s nuvarande metodik, som senast tillämpades i samband med SR-Can. SKB återger dock vissa av de brister som identifierades i samband med SR-Can granskningen, så som behov av förbättrat vetenskapligt underlag för vissa frågor och behov av högre ambitioner i kvalitetsarbetet. SKB anger att mer än 200 förbättringsåtgärder har identifierats och åtgärdats i förhållande till den tidigare myndighetsgranskningen av SR-Can.

Säkerhetsanalysen för slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall (SAR-08) baseras på en metodik som i stora drag överensstämmer med den som användes för SR-Can. Denna säkerhetsanalys uppfyller dock inte lika långt gående krav på systematik med avseende på t.ex. osäkerhetsanalys och struktur av underliggande rapporter. SKB arbetar med att höja kvalitetsnivån för analysarbetet kopplat till SFR och dess planerade utbyggnad.

Remissinstansernas synpunkter

Länsstyrelsen i Uppsala län framför sin uppfattning att processer som kan påverka den långsiktiga säkerheten är olika typer av korrosion av kopparkapseln och omvandling av bentonitleran genom kemiska processer och erosion och transport.

Länsstyrelsen anser även att det är viktigt att SKB på ett trovärdigt sätt visar att dessa barriärsystem fungerar på det sätt som SKB hävdar att de kommer att göra. För att demonstrera att systemet är robust bör SKB så långt det är möjligt genom experimentella studier där så många som möjligt av de

parametrar som förväntas förekomma i det planerade slutförvaret i Forsmark inkluderas.

Miljörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Hultén konstaterar att modellering spelar en central roll i SKB:s miljökonsekvensbeskrivning och riskbedömning. Såväl studien av biosfären som säkerhetsanalysen är starkt modellberoende. Man kan enligt Hultén gott säga, att hela projektet, bedömt ur säkerhets- och miljökonsekvenssynvinkel, står och faller med modellernas kvalitet. En modells värde vilar på hur väl den beskriver föremålet, dvs. på processförståelse, valet av parametrarna och kvaliteten av det empiriska underlaget, såsom mätdata. Enkelt uttryckt: fel eller brister i något av dessa leder till mer eller mindre felvisande resultat. All modellering innebär en förenkling av verkligheten, men förenklingen får inte tillåtas maskera verkliga förhållanden eller ge fel bild av processernas förlopp och utfall. Detta är Milkas utgångspunkt när de närmat sig Fud-materialet år från år. Hultén konstaterar vidare att tyvärr är det ytterst sällan som Fud-rapporterna ger ens översiktliga beskrivningar av hur modellerna är konstruerade eller det arbete som SKB rimligen måste utföra för att kvalitetssäkra sina modeller. Med tanke på att syftet med Milkas deltagande i samråden är att granska och kommentera Fud-arbetets framskridande, är denna underlåtenhet enligt Hultén mycket besvärande.

Miljörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Törnqvist anser att en gedigen och väldokumenterad kunskap, om och hur olika faktorer kan påverka vitala barriärfunktioner, är oundgänglig för att någon trovärdighet ska kunna tillmätas resultatet av den säkerhetsanalys, SR-Site, som SKB avser att bilägga sina ansökningar. Törnqvist konstaterar vidare att varje mänsklig handling som skulle kunna tänkas påverka förvarets säkerhet, långsiktigt eller kortsiktigt, under de ca 75 år som verksamheten i förvaret ska bedrivas, tycks utesluten ur varje säkerhetskalkyl.

Törnqvist redovisar några egna exempel på mänskliga beteenden, handlingar eller andra faktorer som under förvarets drifttid skulle kunna få konsekvenser för den långsiktiga säkerheten. Dessa handlingar och faktorer redovisas av Törnqvist under rubrikerna; kunskapsmässiga faktorer, tekniska faktorer, hanteringsrelaterade faktorer, situationer som uppstår där man tvingas välja mellan kortsiktig och långsiktig säkerhet, ekonomiska och politiska faktorer, föreställningen om ”oåtkomlighet men återtagbart” och projektets speciella karaktär.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) framhåller att det kan finnas scenarier där barriärsystemen inte alls fungerar och att det därför behövs ett forskningsprogram för att förstå vad

som händer med människa och miljö om förvaret havererar redan innan 1000 år har gått.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring saknar en redovisning av hur SKB kommer att hantera säkerhetsfrågorna ifall förnyade säkerhetsredovisningar visar på sämre förhållanden i Forsmark, än som var förutsatt i SR-Can och SR-Site, det vill säga om det visar sig att planerad utformning och utförande inte möter konstruktionsförutsättningarna med avseende på långsiktig säkerhet.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring noterar också att texten om långsiktig säkerhet kan tolkas så att det idag inte går att göra *realistiska* bedömningar av säkerhetsmarginalerna. Opinionsgruppen frågar sig åter igen om inte dessa bedömningar och säkerhetsanalyser rimligen ska vara klara *innan* ansökan lämnas in. SKB bör redovisa och klargöra detta innan Fud-program 2010 kan läggas till handlingarna.

Östhammars kommun, kommunens konsult Roos och Lokala säkerhetsnämnden vid Forsmarks kärnkraftverk noterar att säkerhetsanalysen är det instrument som används för att bedöma om ett förvar för radioaktivt avfall uppfyller de myndighetskrav på långsiktig säkerhet som ställs på en sådan anläggning. I Sverige är det primära kravet formulerat som en riskgräns och en central del av säkerhetsanalysen består i att kvantitativt uppskatta den radiologiska risken förknippad med eventuella utsläpp från förvaret i fråga. Kommunen och Roos anser att SKB och SSM bör förklara begreppet riskgräns och förklara vad som menas med en kvantitativ uppskattning av den radiologiska risken och relaterade begrepp.

Kommunen, Roos och Lokala säkerhetsnämnden anser vidare att begreppen kopplade till säkerhet bör redovisas t.ex. i vilket skede olika dokument skapas och vilken inbördes relation de olika dokumenten har som kallas preliminär säkerhetsredovisning (PSAR), säkerhetsredovisning, säkerhetsrapport och säkerhetsanalys.

Östhammars kommuns konsult Roos konstaterar att SKB i kapitel 25.3, modellering, beskriver problemen med att skapa modeller, att ta fram relevanta indata till modeller och göra matematiska beräkningar. Det finns skäl till att ha en viss kritisk inställning till de resultat som fås med modeller. Att beskriva verkligheten med en modell är ingen enkel uppgift. Verkligheten är alltid mer komplicerad än den förenklade bild som går att åstadkomma med en modell.

Kommunen och Lokala säkerhetsnämnden noterar vidare att det kommer enligt Fud-program 2010 att bli aktuellt med uppdatering av säkerhetsredovisningar och revision av platsbeskrivningar. SKB har också angivit att

”Om informationen påkallar omfattande förändringar som innebär revisioner av platsbeskrivningar och säkerhetsanalyser krävs dock hantering på mer övergripande beslutsnivåer”. Kommunen och Lokala säkerhetsnämnden räknar med att få redovisning av vilka olika nivåer det finns i revisionsarbetet, att kunna se när det sker, och att tidigt bli delaktig i arbetet.

Åkermark, Nacka, betonar att en säkerhetsanalys är en ytterst komplex analys och enbart en expert på området kan på en detaljnivå utreda hur relevant den är. I allmänhet för komplexa analyser är det ytterst svårt att angripa de teoretiska modeller eller de matematiska beräkningar som är grunden i denna typ av analys. Den helt avgörande frågan är istället vilka de grundläggande antaganden är och hur stämmer dessa överens med verkligheten.

Åkermark anser att de grundläggande antaganden, som till exempel korrosionshastigheten av koppar, inte är givna i Fud-program 2010, varför det i stort sett är omöjligt att bedöma säkerhetsanalysens relevans. En säkerhetsanalys bör enligt Åkermark kunna ange inom vilka ramar som ett förvar är säkert. I Fud-program 2010 ges i stort sett inga sakuppgifter utan bara mycket övergripande generella slutsatser. Av programmet 2010 framgår att ” Inför tillståndsansökan behövs ett bättre kunskapsunderlag kring vissa kritiska processer med potentiellt stor påverkan på risken från slutförvaret, bland annat erosion av buffert i deponeringshål”.

Åkermark konstaterar vidare att tillståndsansökan är i praktiken klar och därför kan enbart ett något ”bättre kunskapsunderlag” förväntas tillkomma. Åkermark kan därför konstatera att Fud-program 2010 utgående från säkerhetsanalysen inte kan ses som ett slutdokument. Dessutom borde kopparkorrosion nämnas i detta sammanhang då den är ett betydligt större problem än erosion av bufferten. Åkermark menar att så länge de grundläggande problemen med kopparkorrosion inte är helt utredda är en säkerhetsanalys baserad på antagna och felaktiga korrosionshastigheter tämligen meningslös.

SSM:s bedömning

SSM har baserat på granskningserfarenheterna från SR-Can och SAR-08 inga invändningar mot de grundläggande komponenterna i SKB:s säkerhetsanalysmetodik. Samtidigt konstateras redovisningen i Fud-program-2010 är knapphändig och att ingen ny vidareutveckling eller några betydande nya insikter har tagits med. En förklaring till detta kan vara att insikter från arbetet med SR-Site ännu inte har kunnat formuleras. SSM vill särskilt omnämna behovet av insatser inom säkerhetsanalysen för låg- och medelaktivt avfall. Så som SKB själva påpekar återstår en hel del arbete med att etablera redovisningen på den nivå som SKB:s egen metodik föreskriver.

SSM bedömer att SKB med tanke på erfarenheterna från SR-Site bör ligga i framkant inom säkerhetsanalys och bör ha goda möjligheter att bidra till den internationella utvecklingen inom området. SKB har dock enligt SSM:s bedömning behov av att modernisera vissa centrala områden inom säkerhetsanalysen som, t.ex. metoder för osäkerhets- och känslighetsanalys och verktyg för beräkningar kopplade till radionuklidtransport.

Upprätthållande av en långsiktig kapacitet i ett specialiserat och kompetenskrävande område som säkerhetsanalys är förknippat med en rad svårigheter. Ett exempel är beroendet av ett fåtal individer som besitter kunskaper och erfarenheter som är svåra att ersätta. SKB kan därför framöver behöva ägna ökad uppmärksamhet åt utbildningsinsatser samt kunskapshandling inom området. Det föreligger eventuellt även ett fortsatt behov av att utveckla metodiken för kvalitetssäkring av säkerhetsanalys med utveckling av styrande dokument och instruktioner, kvalitetsrevisioner, erfarenhetsåterföring etc. Det är en stor utmaning att få det stora antalet personer som behövs för att tillgodose kompetensbehov inom många olika discipliner att arbeta på ett konsekvent och strukturerat sätt. SSM avser att återkomma till frågan i samband med granskningen av SR-Site.

6.3. Klimatutveckling

I detta kapitel redovisas SSM:s synpunkter på SKB:s program för studier av klimatutvecklingen (kapitel 19 i Fud-program 2010). Programmet syftar på att ta fram information som underbygger klimatutvecklingarna och klimattillstånden i säkerhetsanalyserna. SKB:s redovisning är uppdelad i sex underkapitel som behandlar klimatutvecklingarna i SKB:s säkerhetsanalyser, inlandsisdynamik och glacial hydrologi, isostatiska förändringar och strandlinjeförskjutning, permafrost, klimat och klimatvariationer samt SKB:s projekt på Grönland (GAP).

Remissinstansernas övergripande synpunkter

Miljörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Hultén anser att mycket av det som presenteras i Fud-program 2010 svarar på myndigheternas synpunkter på tidigare arbete mer eller mindre väl. Särskilt grund- och ytvattenflöden i samband med glaciation har undersökts tämligen intensivt sedan SR-Can och Fud-program 2007. Det är ett omfattande material men att mycket arbete kvarstår antyds dock av SKB i Fud-program 2010.

Milkas representant Nils-Axel Mörner konstaterar att kapitlet borde vara strängt inriktat på att prediktera de kommande 100 000 åren vad gäller

klimatutveckling och dess konsekvenser vad gäller faktorer som kan påverka slutförvaret. Mörner anser att så är inte fallet.

Sveriges geologiska undersökning anser att de insatser som genomförts och de slutsatser som dragits inom området klimatutveckling i huvudsak är relevanta och väl underbyggda.

6.3.1. Inlandsisdynamik och glacial hydrologi

SKB:s redovisning

SKB framhåller att forskningsområdet är under snabb frammarsch genom GAP och andra projekt. Kunskapsläget för teorierna kring inlandsisdynamik och glacialhydrologi kommer att uppdateras i samband med SR-Site och inom ramen för säkerhetsanalysen för utbyggnaden av SFR. SKB planerar vidare studera hur den glaciala hydrologin kan och bör konceptualiseras i hydrogeologiska studier. Detta behandlas även i kapitel 25.2.3 om grundvattenströmning i Fud-program 2010.

SKB planerar att genomföra inlandsismodelleringar med fokus på konceptuella frågor baserat på data från GAP. En studie planeras även för att överföra kunskapen från GAP på skandinaviska och platsspecifika förhållanden i Forsmark. Slutligen har SKB slutfört en studie om denudation av markytan (Olvmo, 2010).

Remissinstansernas synpunkter

Miljörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Nils-Axel Mörner konstaterar att det ser ut som om SKB och medhjälpare gör ett mycket bra arbete vad gäller studiet och rekonstruktionen av Weichsel-istidens olika skeden och växlingar. Men Mörner påpekar att det är ju inte alls så att denna istid kommer att repeteras under nästa 100 000-års period eftersom varje period mellan de inter-glaciala värmeperioderna (varav Holocen är den sista) drivs av tidsspecifika astronomiska signaler. Framtidens klimatutveckling vad gäller tid, finner man enligt Mörner bäst i de extrapolerade Milankovitch-variablerna. Vilka glaciala variationer detta kommer att leda till är en helt annan sak; här gäller det enligt Mörner att kunna göra en bedömning. Det finns ingen kunskapsmässig anledning att räkna med ett inledande glaciationslöst skede under de första 60 000 åren utan tvärt om visar Milankovitch-variablerna på flera kalla skeden; 5 000, 23 000 och 70 000 AP. Mörner anser att denna astronomiska instrålnings-information bör bilda en central punkt i kommande analyser för att belysa vad som är att vänta under kommande 100 000 år. Att sedan svara på vad dessa variationer innebär, är något där analogier med tidigare Weichsel-skeden och tillstånd i Grönland kan spela en stor roll enligt Mörner.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör redovisa konsekvenserna av att SKB:s tillämpade modeller gällande inlandsis-dynamik och glacial hydrologi har väsentliga brister.

SSM:s bedömning

SSM noterar att SKB har bemött kommentarerna som myndigheten framförde i granskningen av Fud-program 2007. SSM ser positivt på GAP och ansträngningarna att förbättra den konceptuella förståelsen av hydrologi och hydrogeologi under glaciala förhållanden. SSM anser att studien som planeras för att överföra kunskapen till skandinaviska förhållanden är angelägen så att den framtagna informationen blir relevant för säkerhetsanalyserna för de befintliga och planerade slutförvarsanläggningarna. I säkerhetsanalyserna bör även konsekvenserna för modellosäkerheterna redovisas.

Liksom i granskningen av Fud-program 2007 saknar myndigheten hur de beskrivna insatserna är kopplade till planerna för studier av växelverkan mellan mekaniska och hydrauliska processer, som exempelvis beskrivs i avsnittet grundvattenströmning och integrerad modellering – termo-hydro-mekanisk utveckling i Fud-program 2010.

Myndigheten ser positivt på att SKB har studerat denudation (Olvmo, 2010). Myndigheten anser dock att vidare analyser kan vara befogade beroende på hur SKB värderar effekter av en större glacial erosion i de kommande säkerhetsanalyserna. Myndigheten anser att SKB ytterligare bör belysa möjliga osäkerheter i värdena för glacial erosion. Ett område som myndigheten anser är av betydelse är hur glacial erosion förhåller sig i övergången mellan bottenmältande och bottenfrysande förhållanden och hur länge olika förhållanden kan tänkas pågå. Ett annat område är hur gradienten i erosionen från inland till kustområdet i samband med valet av området för undersökningarna påverkar resultaten. SKB bör även belysa betydelsen av att Forsmarksområdet sannolikt inte har nåtts av mer än sex glaciationer under kvartärtiden för generaliseringen av kvartärtiden och dess nedslagningar med avseende på erosion.

6.3.2. Isostatiska förändringar och strandlinjeförskjutning

SKB:s redovisning

SKB redovisar planer på att komplettera underlaget till SR-Site rörande möjliga havsytteförändringar i förhållande till det som presenterades i SR-Can. Dels handlar det om simuleringar av den globala isostatiska anpassningen (GIA) och dels om en sammanställning av information från

den vetenskapliga litteraturen kring orsaker, verkan och konsekvenser av förändringar i havsnivå och en bedömning av de nya kunskapernas betydelse för ett slutförvar i Forsmark.

Remissinstansernas synpunkter

Miljörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Nils-Axel Mörner konstaterar att avsnittet har kommit att nästan helt handla om påstådda och uppbyggda effekter av ”global warming”. Mörner menar att SKB går även så extremt långt att de fabulerar med en effekt då en hel glaciationscykel hoppas över. Det baseras enligt Mörner på ett gammalt fel, där man lät CO₂-ökningen ha ett linjärt förhållande till en temperaturökning som dessutom grovt överskattats. Den fysikaliska sanningen är enligt Mörner att förhållandet är logaritmiskt. Den maximala temperaturstigning som möjligen skulle kunna vara en effekt av ökade växthusgaser är 0.3°C (för 100 ppm), vilket med logaritmisk relation och en ökning till maximala 800 ppm CO₂ ger en temperaturökning på bara 0.58 °C – dvs. en så liten effekt att det knappas är något att orda om. I långtidsperspektivet är effekten enligt Mörner uppenbarligen noll.

Mörner konstaterar vidare att vad gäller havsyteförändringarna så möter man med hänvisning till figur 19-3 en totalt verklighetsfrämmande sammanställning av propagandistiska extremvärden (”vetenskaplig kiosklitteratur”). Man kan enligt Mörner med faktiska observationsdata visa att havet inte alls stigit under de sista 40 åren vare sig i nordvästra Europa (och här är fakta mycket klara) eller i världen i övrigt. Mörner anser att det kommer överhuvudtaget aldrig att bli fråga om havsyttestigningar vid Forsmark år 2100 (inte heller vid Laxemar). Den isostatiska landhöjningen i Forsmarksområdet är 7,2 mm/år, vilket innebär 72 cm på 100 år. Till detta kan komma eustatiska variationer på några cm till en dm; alltså totalt en fortsatt relativ landhöjning på minst 60 cm. Mörner konstaterar att de som sammanställt figur 19-3 kan inte känna till grundfakta i ämnet.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB kommer att ta hänsyn till ny kunskap om möjliga framtida havsyttehöjningar i SR-Site. Om detta svarar upp mot myndighetens synpunkter på Fud-program 2007 är dock svårt att bedöma eftersom SR-Site rapporten inte är tillgänglig än. Myndigheten anser att det är angeläget att SKB fullföljer planerna att bedöma förändringar i strandlinjen vid Forsmark även i det lägre tidsperspektivet som är relevant för slutförvaret för använt kärnbränsle.

6.3.3. Permafrost

SKB:s redovisning

SKB har genomfört fortsatta platsspecifika studier om permafrosttillväxt och dess inverkan på hydrologiska och geokemiska förändringar samt modellering av temperaturfördelningar i kärnborrhål i Forsmark. SKB planerar att fortsätta delar av det pågående permafrostmodelleringsprogrammet

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att eftersom det blir problem om slutförvaret fryser har SKB använt mycket resurser för att visa att det inte är någon risk för det och att det inte blir några problem även om det fryser. Detta arbete måste granskas ingående. MKG föreslår att SSM tar kontakt med professor Matti Saarnisto i Finland som gett synpunkter till STUK om permafrostproblematiken. Vad MKG har förstått menar professor Saarnisto att det kan bli permafrost på betydligt större djup än de som kärnavfallsbolaget SKB har modellerat fram.

Se även Uppsala universitets synpunkter under avsnitt 6.9.3 värmetransport.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har gjort fortsatta platsspecifika studier om permafrosttillväxt och dess inverkan på hydrologiska och geokemiska förändringar. Dessa studier har i skrivande stund inte publicerats än och SSM kan därför inte bedöma ifall myndighetens alla synpunkter på Fud-program 2007 adresserats i dessa studier och om ytterligare insatser kan vara påkallade. Likaså är det svårt för SSM att bedöma om en ökad förståelse av paleotemperaturen i Forsmark är påkallad eftersom den genomförda studiens resultat (Sundberg m.fl., 2009) behöver ses i sammanhanget de används i. Myndigheten anser det vara angeläget att SKB tillvaratar kunskaperna från GAP för studier på permafrostens betydelse för hydrogeokemi och hydrologi.

6.3.4. Klimat och klimatvariationer

SKB:s redovisning

SKB redovisar en paleoklimatologisk studie av en sedimentkärna från norra Finland och ett klimatmodelleringsprojekt i linje med planerna i Fud-program 2007.

Remissinstansernas synpunkter

Miljörörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Nils-Axel Mörner konstaterar att avsnittet borde ägnats åt bästa tänkbara analyser av de

astronomiska variablerna. SKB talar om klimatsimuleringar för 3 skeden: (1) periglacialt klimat, (2) glaciationsmaximum, och (3) en hypotetisk global uppvärmning om ”några tusen år”. Mörner anser att ett fjärde skede borde vara deglaciationsfasen då så mycket händer och dit den högsta seismiska aktiviteten är knuten. Under det holocena värmeoptimet för 5 000-9 000 år sedan var temperaturen 2,5 grader högre än den är idag. Det är enligt Mörner ett bättre skede att studera än hypotetiska skede nummer 3.

Sveriges geologiska undersökning konstaterar att de resultat som fåtts vid undersökningarna i Sokli är intressanta och det är positivt att SKB planerar att fortsätta undersökningarna. De nya resultaten om klimatförhållandena under MIS-3 är dock vid en jämförelse med förhållandena på kontinenten för samma tid något motsägelsefulla och man bör utvärdera hur säkert dateringarna av sedimenten är och det är även viktigt att man fortsätter undersökningarna i Sokli.

SSM:s bedömning

SSM noterar att SKB fullföljt planerna i Fud-program 2007 och ser liksom SGU positivt på att SKB fortsätter med studier som tillvaratar informationen från sedimentkärnan från norra Finland. SSM anser att SKB bör utreda de frågor som uppstår vid en jämförelse med förhållanden på kontinenten för samma tid som SGU vidtalar.

6.3.5. Greenland analogue project (GAP)

SKB:s redovisning

SKB redovisar övergripande de tre delprojekt som ingår i GAP. Dessa är indirekta studier av inlandsisens subglaciala hydrologi, direkta studier av subglaciala förhållanden samt hydrogeokemin och hydrogeologin i berggrunden.

Remissinstansernas synpunkter

Sveriges geologiska undersökning konstaterar att eftersom permafrost och glaciala processer kommer att vara mycket viktiga processer i Forsmarksområdet under avsevärda tidsperioder är det positivt att stora insatser görs för att öka kunskaperna inom dessa områden. Ett viktigt projekt här är GAP som anses vara en analog till hur förhållandena kan tänkas bli i Forsmark. Här skulle man dock önska att det gjordes en vidare analys av om förhållandena vid GAP är jämförbara med de förhållanden som kan tänkas förekomma vid Forsmark och även redovisa eventuella skillnader som är av vikt.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör beskriva konsekvenserna av att GAP-projektet inte kommer att ge den kunskap som

förväntas. SKB bör också slutligen beskriva konsekvenserna av att kunskap från GAP-projektet inte är tillgänglig när ansökningshandlingar för kärnbränsleförvaret lämnas in.

SSM:s bedömning

SSM delar SGU:s bedömning och ser positivt på det arbete som pågår inom GAP projektet. Myndigheten anser det viktigt att resultaten på ett lämpligt sätt tolkas med hänsyn till förhållandena för befintliga och planerade slutförvarsanläggningar i Forsmark.

6.4. Kortlivat låg- och medelaktivt avfall

Granskningen i detta avsnitt avser kapitel 20 i Fud-program 2010 som beskriver SKB:s naturvetenskapliga forskning om det låg- och medelaktiva avfallet som ska slutförvaras i SFR.

6.4.1. Initialtillståndet i avfallet

SKB:s redovisning

SKB går igenom de egenskaper som avfallet har vid förslutningen av SFR och som genom olika processer kan inverka på frigörelse av radioaktiva ämnen och deras transport inom och ut från slutförvaret. För detta ändamål definierar SKB 10 parametrar eller variabler och redogör för var och en för dess betydelse, kunskapsläget och behov av forskningsinsatser inom programmet:

- Geometri
- Strålningsintensitet
- Temperatur
- Hydrovariabler och hydrologiska randvillkor
- Mekaniska spänningar
- Totalt radionuklidinventarium
- Kemotoxiskt inventarium
- Materialsammansättning
- Vattensammansättning och vattenmättnad
- Gassammansättning

I samband med beskrivningen av just initialtillståndet väljer SSM att av dessa endast ta upp följande:

Geometri

Här har förekomsten av hålrum (voider) störst betydelse enligt SKB, som anger att man kommer att utveckla modeller för voidvolymens inverkan på vattenströmningen i slutförvaret.

Totalt nuklidinventarium

SKB uppger att bolaget beräknar och ständigt följer utvecklingen av inventariet för att säkerställa att gällande villkor inte överskrids. Programmet har sedan Fud-program 2007 fortsatt med att utveckla bättre metoder för bedömning av svärmätbara nuklider såsom C-14. Andra sådana nuklider, t.ex. Cl-36, Ni-59, Ni-63, Tc-99 och I-129 bestäms numera årligen utifrån driftförhållanden och provtagning på kärnkraftverken. SKB utreder och sammanställer också det inventarium som kan tänkas uppstå och deponeras i samband med demontering och rivning av reaktorerna.

SKB bedriver nu ett utökat projekt tillsammans med kärnkraftverken för att öka förståelsen kring C-14, bl.a. analys av hur C-14 upptas på de jonbytarmassor som används i reaktorernas reningskretsar. Arbete genomförs också på att bestämma den kemiska formen för C-14, vilket är av särskilt intresse eftersom det är organiskt bundet C-14 som dominerar det framtida dosbidraget från SFR. SKB avser också att tillsammans med KTH och FKA simulera ingjutning av jonbytarmassa i bitumen för att undersöka hur mycket C-14 som blir kvar i avfallet efter ingjutning. För avfall som förbränts i Studsvik planerar man provtagning av 1200 fat med aska för att få en bättre uppfattning om innehållet av C-14 i detta slags avfall.

SKB anger också att man tillsammans med kärnkraftverken bedriver ett ständigt arbete på att minska osäkerheterna i det totala nuklidinnehållet i avfallet som ska deponeras i SFR. Bland de angreppsätt som används för detta ändamål nämner SKB bland annat inventering av korrelationsfaktorer för bestämning av svärmätbara nuklider genom korrelation mot lätt mätbara såsom Co-60, arbete med att utveckla alternativ till korrelationsmetoden, undersökning av nya metoder för tolkning av historiska mätdata samt utredning av inverkan från osäkerheter när det gäller produktionsdatum.

Materialsammansättning

SKB inleder med att ge en allmän beskrivning av avfallets materialegenskaper som i stort sett ansluter till vad som tidigare är känt. Särskild uppmärksamhet ägnas dock åt förekomsten av organiska komplexbildare i avfallet. SKB uppger att man tillsammans med kärnkraftverken undersöker möjligheterna att utveckla ett eget rengöringsmedel utan tillsatser av sådana komplexbildare.

SSM:s bedömning

Först och främst anser SSM att SKB genom sin systematiska genomgång av förhållanden och processer nu skaffat sig ett bra instrument både för att styra sin egen verksamhet och för att redovisa denna. Utgångspunkten är här alltså vad SKB kallar initialtillståndet i avfallet, dvs. avfallets egenskaper vid tidpunkten för förslutning av förvaret. En god kunskap om detta initialtillstånd och vad den innebär är en avgörande utgångspunkt för säkerhetsanalysen och SSM har inget att invända mot detta angreppssätt. SSM vill dock påminna om att det ju egentligen är egenskaperna vid deponeringstillfället som är av intresse för att kunna styra och kontrollera vad som sedan händer med avfallet i slutförvaret. Avfallet måste av denna anledning uppfylla vissa krav för att kunna deponeras, och SKB kommer att behöva ta fram och redovisa sådana krav i form av s.k. acceptanskriterier. Motsvarande principer har visserligen tillämpats sedan SFR togs i drift, men ansvarsfördelningen mellan avfallsproducenter och SKB behöver tydliggöras. SSM avser att ta upp denna fråga i samband med den pågående revideringen av SSM:s föreskrifter på avfallsområdet.

Ett exempel på vad som skulle kunna innebära oklarheter om ansvaret för programmets innehåll gäller de studier som SKB gör tillsammans med kärnkraftverken rörande bestämning av nuklidinnehåll i avfallet. Det är alltså här frågan om ett dubbelt ansvar från juridisk synpunkt: avfallsproducenterna har ansvar för att bestämningen görs på ett tillfredsställande sätt och det är SKB:s ansvar att följa upp nuklidinnehållet i SFR och inte ta emot avfall som gör att driftsvillkoren överskrids i detta avseende. SSM har dock inte hittills haft anledning att befara några allvarliga nackdelar med detta arrangemang. Tvärtom är en fördel, även om SSM i sin tillsyn bör bevaka att inte väsentliga frågor inom detta område faller mellan stolarna.

SSM ser positivt på den verksamhet som SKB bedriver tillsammans med kärnkraftverken när det gäller förekomst och egenskaper hos C-14 i kärnavfallet. SKB bör förvissa sig om att de studier som görs och de slutsatser som dras står i samklang med de internationella ståndpunkterna på området.

Arbete med att minska osäkerheter i nuklidbestämningen är också något som SSM vill uppmuntra och framförallt gäller detta utveckling av alternativ till metoder som bygger på korrelation mellan svår- och lättmätbara nuklider. Det skulle dock ha varit värdefullt att få en bättre belysning av vilka sådana alternativ som kan bli aktuella, liksom vilka tidplaner som gäller för arbetet. SSM anser att en bättre uppskattning av osäkerhet i nuklidbestämningen

kommer att behövas inför den kommande prövningen av ansökan om SFR:s utbyggnad.

Enligt SSM:s uppfattning är utvecklingen av ett rengöringsmedel utan tillsatser av organiska komplexbildande ett lovvärt alternativ. Det kan dock finnas annat organiskt material i avfallet som också behöver omprövas, t.ex. vissa filterhjälpmedel (se avsnitt 6.4.2, underrubrik degradering av organiska ämnen).

6.4.2. Processer

SKB:s redovisning

SKB gör en systematisk genomgång av olika processer (termiska, hydrauliska, mekaniska och kemiska) som påverkar förhållandena i slutförvaret och uttransporten av radionuklider. Av de processer som SKB går igenom vill SSM i detta sammanhang närmare kommentera följande:

Vattenupptag i jonbytare och avfallsmatris

Framförallt torkade jonbytarmassor har förmåga att ta upp vatten från omgivningen och svälla. En sådan process kan således leda till sprickbildning i omgivande barriärsystem. Särskilt bitumeningjuten jonbytarmassa har denna förmåga till vattenupptag.

SKB hänvisar här i huvudsak till en sammanställning av kunskapsläget från 2001 (Pettersson och Elert, 2001). Enligt denna skulle fullt vattenupptag och frigörelse nuklider från avfallsmatrisen kunna ta tusentals år. Kombination med andra materialförändringar gör dock att en mera rimlig tidskala för frigörelsen är flera hundra upp till tusen år.

Något program för fortsatta studier av bitumeningjutet avfall nämns inte av SKB.

Expansion/kontraktion av avfallet

SKB tar här upp den volymsökning som skulle kunna ske om sulfat som frigörs från degraderade katjonbytarmassor reagerar med cement. Enligt SKB skulle denna volymsökning kunna tas upp av den expansionsvolym som finns tillgänglig i siloförvaret. Inget fortsatt program på detta område aviseras.

Sprickbildning

Den process för sprickbildning som SKB tar upp här är främst karbonatisering till följd av reaktion mellan cement och koldioxid från nedbrytning av organiskt material. SKB nämner pågående studier av

inverkan av karbonat på betong och som också omfattar en bedömning av konsekvenserna av medfällning för relevanta radionuklider.

Degradering av organiska ämnen

SKB redogör för degradering av ett antal olika material som alla ger upphov till organiska komplexbildare och som sin tur skulle kunna öka löslighet och minska sorptionen av många radionuklider. Bland dessa nedbrytningsprodukter framhåller SKB särskilt isosackarinat och oxalat. SKB hänvisar i det sammanhanget till ett antal studier av den möjliga inverkan av dessa komplexbildare på nuklidtransporten. I fallet oxalat bedömer SKB inverkan vara försumbar i betongmiljö.

När det gäller nyvunnen kunskap om degradering av organiska ämnen sedan Fud-program 2007 redogör SKB ingående för studier av mekanismen för oxalsyras (oxalats) nedbrytning till den svagare komplexbildaren acetat. SKB redovisar också en beräkning i syfte att visa att inverkan av oxalat är försumbar i betongmiljö.

SKB uppger att de initierat ett program för att studera nedbrytningen av cellulosa till olika former av isosackarinat. SKB nämner också att det kan behövas ytterligare studier av nedbrytningsprodukter från filterhjälpmedel och deras komplexbildande förmåga.

Speciering

Speciering är en sammanfattande benämning på i vilken form olika ämnen befinner sig i lösning, främst till följd av olika oxidationstillstånd, komplexbildning och hydrolys. SKB redogör kortfattat för olika förhållanden som påverkar specieringen och hur den påverkar transport av radionuklider. När det gäller program på detta område hänvisar SKB till planer på en modellstudie av hur specifika aktiviteten av organiskt C-14 kan påverkas av nedbrytning av cellulosa till isosackarinat. Eventuellt kan det också bli aktuellt med experimentella studier av speciering för att minska osäkerheterna.

Korrosion

Korrosion är inte bara förknippad med degradering av barriärfunktioner i SFR utan också med vätgasbildning och frigörelse av radionuklider som uppstått genom neutronaktivering. SKB inleder med en genomgång av de grundläggande mekanismerna för korrosion av stål och anger att den korrosionshastighet som använts för uppskattning av vätgasutvecklingen är i $\mu\text{m}/\text{år}$. När det gäller program på detta område nämner SKB ett möjligt behov av förnyade litteraturstudier och även experiment. En studie kring detta har initierats i Äspölaboratoriet med hänsyn till förhållandena i SFL.

Kolloidbildning/kolloidtransport

Kolloidala partiklar i vattnet kan göra att sorption av radionuklider motverkas och därigenom underlätta transporten av radionuklider genom tekniska barriärer och geosfären. (I biosfären kan nuklidtransport ofta domineras av kolloider.) SKB redogör kortfattat för faktorer som hjälper till att minska inverkan av kolloider i ett slutförvar med betongmiljö. SKB uppger inget program men säger sig följa utvecklingen på området.

SSM:s bedömning

Vattenuptag i jonbytare och avfallsmatris

Svällning av särskilt bitumeninjutet avfall var enligt SSMs uppfattning en av de svåraste stötestenarna både vid granskning av SFR och av konditioneringsprocesser under 1980-talet. Dessa svårigheter kunde bara undvikas genom att minimera mängden bitumeninjutet avfall i siloförvaret i SFR. Dessutom har tomvolymen införts invid detta avfall, och tillåtna mängden jonbytarmassa i avfallet har begränsats i silon för att undvika lokala effekter av svällningen. Enligt SSM:s uppfattning är detta fortfarande en process där SKB måste bevaka kunskapsutvecklingen och hantera frågan med ett stort mått av konservatism i sina analyser av den långsiktiga säkerheten för SFR. De värden som SKB anger för hastigheten för nuklidfrigörelse till följd av svällning kan diskuteras. De längsta tiderna som nämns, 1000 till flera tusen år, kan t.ex. bara gälla avfall som gjutits med en ideal process som ger en helt homogen avfallsprodukt.

Expansion/kontraktion av avfallet

Dessa processer har liksom svällning av jonbytarmassa nästan bara betydelse för silodelen av SFR. Den mekanism som SKB här uppehåller sig vid, sulfatangrepp på cement och betong, beror på en möjlig nedbrytning av katjonbytarmassa som skulle kunna ge stora mängder sulfat. I så fall är det fullt tänkbart med sprickbildning i silons väggar till följd av den volymexpansion hos främst cementingjuten jonbytarmassa som uppkommer genom sulfatangrepp på avfallsmatrisen av cement. Svårigheten är här att kunskapen om nedbrytningsmekanismen för sulfonerad polystyren är bristfällig (eller obefintlig) under de förhållanden som råder i slutförvaret (låg temperatur, alkalisk och anaerob miljö). SSM vill påminna SKB om att ett sätt att öka trovärdigheten för en relativt sprickfri silo under längre tid än något hundratal år skulle vara att bättre uppskatta hastigheten hos de aktuella degraderingsmekanismerna. En annan dåligt känd faktor att ta hänsyn till är vilken porvolym som är tillgänglig för volymexpansionen (Höglund, 1989), varvid enligt SSM:s åsikt det även skulle vara möjligt att ta hänsyn till vattenhalten i ursprunglig jonbytarmassa. SSM ställer sig alltså tveksam till påståendet om att tillförd expansionsvolym i silon skulle vara tillräcklig.

eller tillgänglig, för att ta upp all volymexpansion. En uppdatering av kunskapsläget för denna process är alltså önskvärd enligt SSM:s åsikt.

Sprickbildning

SSM ställer sig lite frågande till varför inte sprickbildning till följd av sulfatangrepp på betong tas upp under denna rubrik, men har annars inga synpunkter på SKB:s beskrivning eller program. Det skulle dock ha varit intressant att få veta vilka radionuklider som kan vara aktuella för medfällningsreaktioner.

Degradering av organiska ämnen

SSM har inga invändningar mot SKB:s redogörelse och slutsatser om att isosackarinat och oxalat är viktiga degraderingsprodukter att ta hänsyn till i säkerhetsanalysen. SSM instämmer dock med SKB i att förekomsten av oxalat sannolikt har en försumbar inverkan i betongmiljö. Samtidigt vill SSM påminna SKB om att det är viktigt att planera insatser på detta område utifrån en systematisk analys av både förekomst av olika ämnen och av de möjliga nedbrytningsprodukternas komplexbildande egenskaper. En sådan analys bör givetvis omfatta inte bara nedbrytningsprodukter utan också ämnen som finns från början i slutförvaret (se under *Speciering* nedan).

Speciering

SSM ställer sig mycket frågande till varför SKB tar upp den specifika aktiviteten hos C-14 under denna rubrik då detta inte alls har med speciering att göra. Den viktigaste frågan i detta sammanhang är istället hur speciering inverkar på radionuklidernas sorption. Detta bör göras baserat på en mer systematisk ansats än vad som gjorts tidigare på området (t.ex. i Fanger m.fl., 2001). Denna fråga berörs dock inte av SKB här utan endast och alltför kortfattat under avsnitt 21.2.12 i Fud-program 2010. Myndigheterna har redan tidigare begärt insatser med denna inriktning, senast i granskningen av Fud-program 2007.

Korrosion

SSM har inga invändningar mot SKB:s program för korrosion av stål i SFR. SKB bör givetvis i sina litteraturstudier fokusera på miljöer som tillnärmelsevis liknar dem i ett förslutet SFR. Det framgår inte av redogörelsen om någon satsning på vätegasbildande korrosion av aluminium är inplanerad, vilket skulle kunna vara en brist om osäkerheterna om detta förlopp är stora för ett tidigt skede efter förslutning.

Kolloidbildning/kolloidtransport

SSM är tveksam till om det är tillräckligt att bara följa utvecklingen inom området. Ett förslutet SFR utgör en ganska unik miljö med komplex kemi

och förekomst av kolloider kan inte uteslutas bara av de skäl som SKB anger. Betongmiljön som SKB åberopar är sannolikt mycket ojämnt fördelad i tid och rum inom slutförvaret. Dessutom tillkommer mekanismer som påverkar vattenströmning, såsom vätgasutveckling, och som skulle kunna ha betydelse både för bildning och för transport av kolloidala partiklar.

Sammanfattande bedömning till avsnitt 6.4

SSM vill inledningsvis nämna att det nu presenterade avsnittet om initialtillstånd och processer utgör en klar förbättring i förhållande till motsvarande redovisningar i tidigare Fud-program. En bra systematik som ansluter sig till vedertagen metodik för säkerhetsanalyser bidrar nu till både förståelse, sammanhang och granskningsbarhet. Inte minst är det värdefullt att få en överblick också av områden där SKB anser sig kunna avvakta med fortsatta insatser. Systematiken borde också kunna utnyttjas av SKB för att bättre styra sin FoU.

Mera i detalj vill SSM framhålla följande synpunkter:

Genomgången av avfallets initialtillstånd pekar tydligt på behovet av att SKB utvecklar acceptanskriterier för avfall som deponeras i SFR. Detta bör bl.a. beaktas i ansökan om utbyggnad av förvaret.

Det arbete som SKB lägger ner tillsammans med kärnkraftverken för att förbättra metoderna för nuklidbestämning i avfallet ser SSM som positivt. Detta gäller särskilt bestämningen av organiskt C-14 och dess egenskaper samt utveckling av metoder för att minska, eller kvantifiera, osäkerheter vid nuklidbestämning. Inte minst gäller detta utveckling av alternativ till korrelation mellan svår- och lättmätbara nuklider.

SSM anser att vattenupptag i jonbytare och avfallsmatris fortfarande är ett område där SKB behöver bevaka kunskapsutvecklingen för att kunna hantera frågan med ett anpassat mått av konservatism vid analys av den långsiktiga säkerheten för SFR.

På liknande sätt, och av så gott som samma skäl, behöver SKB också förnya och förbättra kunskapsunderlaget när det gäller volymsexpansion av cementingjutet avfall till följd av reaktioner med sulfat som skulle kunna frigöras vid degradering av sulfonatjonbytmassa.

Såsom också påpekats i granskningen av tidigare Fud-program bör SKB utveckla en systematisk metod och modeller för att hantera inverkan av komplexbildning på sorption av radionuklider i slutförvaret. Ett exempel på

detta, och där även degraderingsmekanismer behöver studeras, är inverkan av vissa filterhjälpmedel.

Slutligen vill SSM uppmärksamma SKB på att vissa insatser kan behövas när det gäller vätgasbildande korrosion av aluminium och bildning av kolloider.

6.5. Tekniska barriärer i SFR

6.5.1. Initialtillstånd och processer hos tekniska barriärer

Detta avsnitt motsvarar kapitel 21.1 och 21.2 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

Redovisningen av vilka processer som kan påverka förhållandena i betongbarriärerna delas in i fyra huvudklasser; termiska, hydrauliska, mekaniska och kemiska. Motsvarande redovisning som rör bentonitbarriären runt försvarsdelen silo beskrivs i kapitel 24 i Fud-program 2010. Följande insatser planeras rörande initialtillståndet och dess utveckling i SFR:

- Utvärdera hur olika typer av återfyllningsmaterial och utformningar av återfyllnaden av bergsalarna påverkar olika hydrovariabler.
- Undersökningar av porgeometri, porvattensammansättning och vattenmättnad i betong för försvarsdelarna BMA och BTF. Undersökningarna förväntas bl.a. öka kunskapen om betongens frostkänslighet.
- Kartläggning av mekaniska spänningar i betongbarriärerna i BMA- och BTF-förvaren.
- Studier av degraderingen av betongbarriärerna, bl.a. till följd av korrosion av armeringsjärn, sprickbildning samt kemisk omvandling av cement och betong.
- Utveckla modeller som beskriver konsekvenserna av det bergutfall som förväntas att ske när bergbultarna har mist sin bärförmåga.

SKB redovisar även det arbete som görs för att studera hur radionuklidtransporten i närområdet kan påverkas av sorptionsprocesser och närvaron av komplexbildare. När betong åldras kommer dess egenskaper att förändras vilket kan påverka dess barriäregenskaper. SKB genomför därför studier av diffusionshastigheten i betong i olika åldringsstadier och avser även att utreda hur åldrandet kommer att påverka det advektiva flödet.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun anser att SKB bör redovisa hur bentoniten i silon fungerar när betongen degraderat och övergått tillsand/grus, hur berget påverkas när vattnet i bergsalarna fryser, om det finns risk för sprickbildning i bergmassan ovanför SFR och hur den långsiktiga säkerheten påverkas.

Beträffande bergutfall framhåller Östhammars kommuns konsult Roos att SKB förväntas genomföra de planer som redovisas. Roos anser att SKB också bör studera om bergutfall kan skada det radioaktiva avfallet och om så kan ske konsekvenserna av detta.

Roos noterar för processen cement- och betongdegradering att de forskningsprojekt som initierats är viktiga för förståelsen av betongdegradering som är en mycket viktig process i säkerhetsanalysen för SFR. Resultaten från forskningen bör enligt Roos ingå som ett underlag för den säkerhetsanalys som ingår i ansökan som SKB planerar att lämna in 2013. Om resultaten inte finns tillgängliga vid tidpunkten för ansökan bör SKB bedöma konsekvenserna av detta.

Beträffande sorption påpekar Roos att den utvärdering av sorptionsegenskaperna hos åldrad cement som SKB planerar är viktig för kommande säkerhetsanalys. SKB bör kommentera om utvärderingen finns tillgänglig i tid och om så inte är fallet hur sorptionskapaciteten i så fall ska bedömas. SKB bör också enligt Roos redovisa sorptionskapaciteten när betongen har degraderat efter frysning.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på den i jämförelse med tidigare Fud-program utökade och mera detaljerade redovisningen kring processer relevanta för SFR och SFL. Det kan konstateras att ett flertal angelägna projekt har initierats kopplade till barriärfunktioner hos cement och betong. SSM bedömer att projekten har två viktiga syften (vilka dock inte tydligt framgår av SKB:s redovisning), dels för att vidareutveckla säkerhetsanalysen för det befintliga SFR-förvaret, dels för att ge riktlinjer till arbetet med utformning av kommande slutförvar som SFL och ett utbyggt SFR. SSM anser, liksom Östhammars konsult Roos, att resultat från denna forskning kommer att bli viktiga underlag till kommande tillståndsansökningar.

SSM identifierade vid sin granskning av SKB:s senaste säkerhetsredovisning för SFR, SAR-08, ett antal oklarheter rörande barriärfunktion och långsiktig utveckling hos betong- och bentonitbarriärerna i SFR. SKB:s Fud-redovisning tar upp åtgärder kopplade till ett flertal av dessa oklarheter på ett förtjänstfullt sätt men det är ändå inte uppenbart att alla SSM:s synpunkter

har beaktats. I samband med SAR-08 granskningen diskuterades t.ex. risken för att förvarets redox-buffrande förmåga skulle utarmas på sikt och oxiderande förhållanden uppstå. Detta skulle kunna resultera i betydande dosbidrag för redox-känsliga nuklider särskilt Tc-99. Denna fråga bör utredas av SKB. SSM anser nu liksom tidigare vid granskningen av SAR-08 att SKB behöver utveckla säkerhetsanalysen så att hänsyn kan tas till långsam och gradvis försämring av betongbarriären pga. sprickbildning och degradering. Det bör vara möjligt att via känslighetsanalyser illustrera hur olika stadier av sprickbildning och degradering påverkar uttransporten av radionuklider. SKB bör även bättre underbygga sin argumentation kring motiven för att utesluta vissa betongdegraderingsprocesser som växelverkan mellan cement och olika komponenter i avfallet. Frysning identifierades som en viktig potentiell degraderingsprocess i SAR-08. SSM efterlyser därför ett förbättrat underlag för att bedöma risken för och omfattning av skador på cementbarriärer orsakade av frysning. Marginalen mot frysskador bedömdes t.ex. som liten för scenariot extrem permafrost vid tidpunkten ungefär 10 000 år efter förslutning. SKB bör även förtydliga vissa frågor kopplade till jordskalvsrisken såsom att kemisk omvandling kan påverka betongens hållfasthetsegenskaper och därmed motståndskraften mot skalvrörelser.

SSM delar Roos bedömning att SKB behöver förtydliga den konceptuella förståelsen kring hur bentoniten runt silon fungerar när betongen har degraderat. SKB bör dessutom utvärdera hur resultat från den pågående forskningen kring buffererosion påverkar bedömningen av beständigheten för silons bentonitbarriär och tidskalan för dess degradering.

Frågan om bergutfall diskuterades i samband med granskningen av SAR-08 och SSM pekade då på behov av en förslutningsplan som grund för åtgärder för att minska påverkan från den uppluckring av berget som förväntas ske. SKB inkom också senare med uppdaterade beräkningar, vilka i grova drag illustreras av figur 21-3 i Fud-program 2010. För försvarsdelen BLA baseras dessa beräkningar enligt uppgift från SKB på att avfallsmatrisen med tillhörande containrar kommer att vara långsiktigt intakt. Enligt SSM:s bedömning är denna utgångspunkt felaktig eftersom containrarna inom sin tid kommer korrodera sönder och kollapsa. SKB bör förnya beräkningarna för att korrigera detta problem. SKB bör även utvärdera kompensatoriska åtgärder som in- och kringgjutning av avfallet.

6.5.2. Modeller av radionuklidtransport för SFR

Detta avsnitt motsvarar kapitel 21.3 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB beskriver kortfattat det utvecklingsarbete som genomförts inom området modellering av radionuklidtransport. Koden Ecolego används för närvarande och bedöms också vara lämplig att använda för att åtgärda de utvecklingsbehov som har identifierats. SKB avser även att utreda behovet att modellera närområdet med en ny kod som kan hantera en högre rumsupplösning. Detta skulle ge nya möjligheter att mera i detalj simulera flöde och radionuklidtransport i spruckna och degraderade barriärer, studera inverkan av pluggar och olika återfyllnadsalternativ, samt kortslutning mellan olika bergsalar.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Roos anser att mycket arbete återstår med att skapa modeller för radionuklidtransport. Roos framhåller att SKB bör tydligare redovisa osäkerheter i de modeller som hittills använts och hur SKB:s nya modeller kommer att förbättra situationen. Roos anser vidare att kunskap om radionuklidtransport i SFR är mycket väsentlig. I SFR är det uppenbart att radionuklidtransport kommer att ske i verkligheten till skillnad från i kärnbränsleförvaret där radionuklidtransport förhoppningsvis aldrig kommer att inträffa så länge kapseln är tät. Roos framhåller också att SKB även bör redovisa radionuklidtransport utan betongbarriär, alltså fallet med degraderad betong.

SSM:s bedömning

SSM är i grunden positiv till den utveckling av de modeller som används för konsekvensanalysen som SKB redogör för. Redovisningen i Fud-program 2010 pekar på ett flertal av de synpunkter som SSM framförde i samband med granskningen av den senaste säkerhetsredovisningen för SFR, den s.k. SAR-08, t.ex. en förbättrad känslighetsanalys och en uppdaterad flödesmodellering. SKB:s redovisning är dock ännu så länge summarisk och preliminär, vilket gör det svårt att bilda sig en uppfattning om vad som kommer att kunna uppnås. Liksom Roos anser SSM att SKB tydligare bör redovisa brister och osäkerheter i de modeller som hittills har använts och hur dessa kan åtgärdas med hjälp av nya mera avancerade beräkningsverktyg. SSM ställer sig positiv till SKB:s planerar på att ta fram en mer detaljerad närområdestransportmodell med en högre rumslig upplösning. Frågan om rumsupplösningen, eller diskretiseringen, diskuterades i SSM:s granskning av SAR-08 och SSM såg då inte enbart fördelar med en modell med hög upplösning. Det kan t.ex. finnas behov av att anpassa diskretiseringen till datatätheten. SSM anser att SKB bör ha

tillgång till flera modellverktyg som kan implementeras så att modellens syfte i säkerhetsanalysen uppnås på bästa sätt.

6.6. Bränsle

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 22, bränsle, i SKB:s Fud-program 2010.

I kapitel 22 redovisar SKB såväl bränslets initialtillstånd som de processer som över tiden kommer att förändra initialtillståndet i bränslet och i kapselns hålrum.

6.6.1. Gapinventarium

SKB:s redovisning

Gapinventariet av fissions- samt aktiveringsprodukter (inklusive segregering i bränslets korngränser) analyserades av SKB inför SR-Can för bränsle med medelutbränning på 38 MWd/kg U (Werme, m.fl., 2004). Med hänsyn till planerna på ökad utbränning upp till 60 MWd/kg U för framtida BWR- och PWR-bränsle har SKB tagit fram en ny uppskattning av gapinventariet inom projektet SR-Site. På grund av begränsad datamängd för bränsle med utbränning upp till 60 MWd/kg har SKB beräknat fissionsgasfrigörelse för typiska svenska BWR- och PWR-bränslen (Nordström, 2009; Oldberg, 2009). I beräkningen beaktades även bränslets effektuttag, eftersom effektuttaget påverkar fissionsgasfrigörelsen mer än bränslets utbränning (Kamikura, 1992). Planeringen för ökat effektuttag i svenska reaktorer medför en förväntad ökning av fissionsgasfrigörelse.

SSM:s bedömning

Fissionsgasfrigörelsen ligger till grund för uppskattningen av gapinventarier för flera viktiga fissions- och aktiveringsprodukter. SSM är positiv till att SKB har behållit ett mycket omfattande uppföljningsprogram och har en god överblick över utvecklingen i området. Dessutom ser SSM positivt på att SKB gjort egna insatser och tagit fram två rapporter med modelleringsresultat för bränsle med utbränning högre än 40 MWd/kg U från såväl kokvattenreaktorer (Oldberg, 2009) som tryckvattenreaktorer (Nordström, 2009).

SSM vill poängtera att även om de allra flesta data som redovisas i litteraturen visar på att fissionsgasfrigörelsen är mindre än 1 % för bränslen från både BWR- och PWR-reaktorer med utbränningar lägre än 40 MWd/kg U (figurer 3 och 5 i Johnson och McGinnes, 2002), så finns det data som

visar att värdena kan variera från mindre än 0.1% till högre än 10 % (figur 2 i Johnson och McGinnes, 2002). I Gray m.fl. (1992) och Gray (1999) redovisas dessutom värden upp till 18 %. SKB bör redovisa sin egen tolkning av dessa resultat samt ange hur denna typ av dataspridning hanteras i SKB:s eget forskningsprogram. SKB bör också bättre redovisa förståelsen kring kopplingen mellan fissionsgasfrigörelse och effektuttaget från bränslet.

Beträffande fissionsgasfrigörelse i bränsle med högre utbränning (> 40 MWd/kg U) anser SSM att SKB bör redovisa sina egna tolkningar kring förståelsen av mekanismer och processer som påverkar fissionsgasfrigörelsen (såsom förekomsten av HBU [*high burnup*]-struktur, också kallad randzon [*rim zone*]). Dessutom bör SKB redovisa sina egna tolkningar av andra forskares eventuellt avvikande förklaringar till de mekanismer och processer som påverkar frigörelsen.

Fissionsgasfrigörelsen påverkas inte bara av bränslets utbränning utan också bränslets effektuttag. I samband med effekthöjningarna i samtliga reaktorer planerar man också att höja effektuttaget (Nordström, 2009, sid. 17). Utvärdering av effektuttagets påverkan på fissionsgasfrigörelse försvåras av att fissionsgasfrigörelse allmänt redovisas som en funktion av bränslets utbränning. SSM anser därför att SKB bör utreda sambandet mellan fissionsgasfrigörelse, bränslets utbränning och bränslets effektuttag.

Beträffande frigörelser av fissions- och aktiveringsprodukter vill SSM framföra följande synpunkter:

- SKB bör redovisa om det finns nya data till ^{36}Cl i BWR- och PWR-reaktorer samt hur SKB kommer att hantera frågan om ytterligare data inte har tillkommit.
- SSM ser positivt på SKB:s planer att genomföra ytterligare analyser för radionuklider såsom ^{129}I , ^{79}Se och ^{14}C . SKB bör i dessa analyser belysa förhållandet mellan gap- och korngränsinventorier för ^{129}I .
- SKB bör redovisa hur segregeringen av metaller i randzonen i bränslet med hög utbränning kommer att påverka frigörelsen av radionuklider som exempelvis ^{99}Tc .

SKB bör mer ingående redovisa egenskaperna av bränsletyper som föreligger i förhållandevis små mängder såsom MOX-bränsle, natururanbränsle från Ågestareaktorn och bränslerester från Studsvik. MOX-bränslets egenskaper kan exempelvis skilja sig avsevärt från UO_2 -bränslets

beträffande frigörelsen av vissa fissionsprodukter (Johnson och McGinnes, 2002; Johnson m.fl., 2004, 2005).

6.6.2. Kriticitet

SKB:s redovisning

SKB redovisar att en ny inventarieberäkning har gjorts inför SR-Site med hjälp av ORIGIN-S.

SKB avser att ta fram en ny uppskattning av gapinventariet med hänsyn till planerna på ökad utbränning för framtida bränslen.

Beräkningar visar att k_{eff} är under 0,95 inne i en vattenfylld kapsel för alla typer av använt bränsle. Beräkningarna visar också, att ett obestrålat PWR-knippe i en vattenfylld kapsel resulterar i k_{eff} över 0,95. Eftersom allt bränsle som ska placeras i kapslarna för deponering kommer att vara använt är det mer realistiskt att ta hänsyn till utbränningen i dessa beräkningar. När hänsyn tas till effekter av utbränning, det vill säga minskad mängd ^{235}U och ökad mängd klyvningsprodukter, resulterar detta i k_{eff} under 0,95 även för PWR-knippen förutom vid mycket låg utbränning.

Vid vatteninträning kan insatsen deformeras samt aktinider transporteras, fällas ut och deponeras utanför kapseln. Risker för kriticitet utanför kapseln har bedömts som mycket låg på grund av de osannolika händelseförlopp som måste antas för att kritiska förhållanden ska kunna uppstå utanför kapseln (Van Konyenburg, 1995; Oversby, 1996, 1998).

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB behöver redovisa valideringen av ORIGIN-S samt uppskatta osäkerheten vid bestämningarna. SKB deltar tillsammans med SSM i forskningsprojektet MALIBU, som undersöker isotopsammansättningen hos högutbränt bränsle, vilket borde ge möjlighet att validera programmet mot dessa data.

SSM bedömer att det är lämpligt att SKB gör nya beräkningar på gapinventariet för framtida bränslen med högre anrikningar.

I kriticitetsanalyserna tillgodoräknas utbränningskreditering. SSM anser att metoden för att tillgodoräkna utbränningskreditering behöver redovisas. Det saknas en tydlig beskrivning av metoden och en redovisning kring hur den har validerats. I nuläget har SSM inte godkänt någon metod för utbränningskreditering vid förvaring av bränsle.

SSM anser att SKB bedömning är rimlig att risken för kriticitet utanför kapseln är mycket låg.

6.6.3. Vattenradiolys och dess inverkan på bränsleupplösning

SKB:s redovisning

SKB redovisar att små mängder löst vätgas har visat sig sänka halten av producerade oxidanter i vatten, om vätgashalterna i vattnet är över ett visst tröskelvärde (Pastina m.fl., 1999). Bränslelakning i närvaro av metalliskt järn resulterar i syrehalter under detektionsgränsen i autoklaven samt bildning av järnkorrosionsprodukter som magnetit och grönrost, vilka är typiska för strikt anoxiska förhållanden (Grambow m.fl., 1996, 2000). Ingen radiolysgasbildning observerades i gammabestrålade 5 M NaCl lösningar som innehöll 0,85 mM upplöst vätgas (Kelm och Bohnert, 2004). Produktionen av radiolytiska gaser startade om vid tillsatts av bromidjoner i lösningen (Kelm och Bohnert, 2005; Metz m.fl., 2007). Dessa studier visar att små mängder vätgas i vattnet håller nere mängden radiolytiskt producerade oxidanter, samt att bromid i vattnet kan motverka denna effekt genom att reagera snabbare än vätgasmolekylen med OH-radikalen.

Dessutom redovisar SKB resultat om vätgas inverkan på bränsleupplösningen i flera bränslelakningsförsök (Fors m.fl., 2008, 2009), i lakningsförsök med alfa-dopad UO_2 (Rondinella m.fl., 2004; Cui m.fl., 2008; Muzeau m.fl., 2009) och i lakningsförsök med MOX-bränsle (Carbol m.fl., 2005). Flera försök visade att tungmetaller och UO_2 -ytan katalyserar reaktioner mellan vätgas och oxidanter (Broczkowski m.fl., 2005, 2006; Nilsson och Jonsson, 2008ab; Trummer m.fl., 2008, 2009). Påverkan av upplöst vätgas på alfa-radiolys har också modellerats med hänsyn till variationer av faktorer såsom dosrat och närvaro av bikarbonat i bulklösning (Trummer och Jonsson, 2010), geometriska alfa- och beta-dosfördelning (Nielson och Jonsson, 2006), samt förhållanden vid ”*steady-state*” (Nielson och Jonsson, 2008; Nielson m.fl., 2008). Reaktionskinetik för oxidation av urandioxid har också studerats (Hossain och Jonsson, 2008ab).

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) och Kungliga tekniska högskolan (KTH) konstaterar att lakningsförsök på bränsle har utförts under flera årtionden. Denna typ av försök är komplicerade och därför ger väldigt begränsad mekanistisk information. KVA och KTH betonar att det utbrända bränsle som används i dessa försök är relativt ungt och har därför egenskaper som starkt skiljer sig från de som anses vara relevanta i säkerhetsanalysen. Då enligt KVA och KTH kunskap om reaktionsmekanismer är av vikt för en trovärdig säkerhetsanalys skulle en mer systematisk plan för studier på

modellsystem (t.ex. alfa-dopad UO_2) som komplement till bränslestudierna vara önskvärd. KTH menar att detta skulle möjliggöra studier av hur parametrar som skiljer sig mellan hög- och lågutbränt bränsle samt MOX-bränsle påverkar matrisupplösningshastigheten.

Östhammars kommuns konsult Pereira anser att det är angeläget med fortsatt forskning kring medfällningsprocesser av radium i närvaro av barium i sulfatrika vatten.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att det är nödvändigt att SKB presenterar bränsleupplösning och riskerna för detta på ett så enkelt sätt som möjligt. Det är viktigt att lekmän får en rimlig förståelse för bränsleupplösning då inkapslingen av bränslet är en viktig barriär.

SSM:s bedömning

Vattenradiolys är en komplicerad process som har undersökts utförligt under senare år. Det finns åtskilliga publikationer i den vetenskapliga litteraturen. SSM anser att SKB bör främja samverkan mellan forskare som arbetar med laboratorieförsök, teoretiska studier samt modellering av vattenradiolys och dess inverkan på bränsleupplösning.

Bränsleupplösningshastigheten kan bli betydligt högre om vattenradiolysens inverkan inte kan försummas, dvs. om bränslet upplöses under lokalt oxiderande betingelser vid bränsleytan istället för under reducerande betingelser. SSM anser därför att SKB bör systematiskt redovisa ytterligare experimentella bevis och modelleringsresultat och vidare bekräfta att vattenradiolysens inverkan verkligen är försumbar.

Viktiga faktorer att beakta vid bedömning av radiolysens betydelse är bl.a. att:

- radikaler oftare återkombinerar sig när de produceras vid vattenradiolys med hög LET (*linear energy transfer*)-strålning (alfa-strålning) än när de produceras med låg LET-strålning (beta- eller gammastrålning),
- omfattningen av vattenradiolys minskar betydligt när vatten bestrålas samtidigt av gammafotoner och alfa-partiklar jämfört med en situation där det bara finns alfa-strålning (t.ex. Vinson m.fl., 2002),
- G-värden för olika radiolysprodukter kan vara beroende på LET på ett komplicerat sätt och masstransport av olika species kan ha stor betydelse (Burns och Sims, 1981; Burns m.fl., 1981a, 1981b),
- materialstrukturen skiljer sig mycket mellan använt bränsle och alfa-dopad UO_2 ,

- tidigare studier av naturliga analogier har visat på pågående vattenradiolys både i den naturliga reaktorn vid Oklo och i andra uranmalmer (Dubessy m.fl., 1988).

SSM anser att SKB bör belysa följande osäkerheter:

- Med vilken mekanism förhindrar vätgas bildningen av oxidanter? I litteraturen finns tydliga indikationer på att reaktionen med radikaler har störst betydelse för homogena system (t.ex. Pastina m.fl., 1999). SKB bör förtydliga om denna mekanism har störst betydelse och även fungerar vid ett sent kapselbrott i en situation då alfa-strålningen blir absolut dominerande. De flesta radikalerna har då redan återkombinerat sig i spåren av strålningen.
- Om den viktigaste mekanismen istället är katalyserande reaktioner med molekylära oxidanter (t.ex. Trummer m.fl., 2008, 2009), bör SKB förtydliga om det är den så kallade epsilon-fasen som verkar som en katalysator (Broczkowski m.fl., 2005, 2006; Nilsson och Jonsson, 2008ab; Trummer m.fl., 2008, 2009) eller om även UO₂-ytan kan ha en motsvarande roll. Om detta är en viktig mekanism bör SKB utreda om det finns processer som kan förgifta katalysatorn i förvarsmiljön. Dessutom vill SSM uppmärksamma SKB på att det finns experiment som visar att mer vätgas bildas (istället för konsumeras) från vattnen sorberat på lantanidoxid-tytor (CeO₂) jämfört med från bulkvatten vid gamma- och alfa-bestrålning (LeVerne och Tandon, 2002).

SSM anser att SKB ytterligare bör stäva efter att kvantifiera tröskelvärdet för vätgaskoncentration över vilket vattenradiolys förhindras, samt om ett sådant värde i så fall kan upprätthållas när benonitbufferten delvis eller helt har eroderats bort.

Eftersom materialstrukturen skiljer sig mycket mellan använt bränsle och alfa-dopad UO₂ bör det föreslagna tröskelvärdet för den residuala alfa-aktiviteten (den minimala alfa-aktiviteten som kan leda till bränsleupplösning under oxiderande betingelse), som har observerats främst i försök med alfa-dopad UO₂, bekräftas genom studier av uranmalmer. Dess mekanism kan ytterligare behöva analyseras, t.ex. om den är beroende på vätgaskoncentrationen och andra faktorer (Poinssot m.fl., 2007). Liknande synpunkter har framförts av KVA och KTH.

SSM ser positivt på SKB:s planerade arbeten inom området såsom nya långtidsförsök, försök i närvaro av deuterium i stället för vätgas, samt studier

av förändring av provets ytmorfologi och antal positioner med högre utbränningspotential (*high energy sites*).

SSM delar Östhammars kommuns konsult Roos synpunkt att redovisningarna bör bli mer pedagogiska.

6.6.4. Bränsleupplösning – lakning av bränsle med hög utbränning

SKB:s redovisning

Med hänsyn till den förutsedda framtida ökningen av medelutbränning av bränslet, genomfördes en serie försök med högutbränt bränsle (medelutbränning högre än 50 MWd/kg U) under olika förhållanden.

I högutbränt bränsle bildas en så kallad HBU (High BurnUp)-struktur, eller *rim-zon*, i yttre delen av bränslekutsen, i vilken kornstorleken är mindre än en mikrometer och mängden små porer (1–2 mikrometer) är hög. Denna struktur bildas eftersom neutroninfångning och Pu-bildning sker i yttre delen av kutsen, vilket ger lokalt mycket hög utbränning. HBU-strukturen förväntas ha en högre upplösningshastighet än resten av kutsen, vilket beror på en kombinerad effekt av ökad mängd fissionsprodukter och aktinider, en högre porositet samt en mindre kornstorlek.

Mot denna bakgrund har SKB redovisat resultat från lakningsexperiment med bränsle av olika (höga) utbränning och effektuttag under såväl oxiderande förhållanden (t.ex. Jégou m.fl., 2004; Ekeroth m.fl., 2009) som reducerande förhållanden (Fors m.fl., 2008, 2009). Dessutom har inverkan av dopanter på bränsleupplösningen utretts (Grandstaff, 1976; He m.fl., 2007; Casella m.fl., 2008). Även resultat till lakningsförsök på MOX-bränsle (Carbol m.fl., 2009) samt på ^{233}U -dopad UO_2 har redovisats (Cui m.fl., 2008).

Remissinstansernas synpunkter

Oskarshamns kommun noterar att utbränningen av det använda kärnbränslet efter hand har ökat och kärnkraftsföretagen har planer på att öka utbränningen ytterligare. I Fud-program 2010 påpekar SKB att det är viktigt att klargöra konsekvenserna av en högre utbränning i KBS-3-systemets alla delar. Kommunen kan i Fud-program 2010 inte se en tydlig redogörelse för planerad forskning runt nya bränslen och efterlyser därför en redovisning av vad ökad utbränning får för direkt betydelse för hanteringen och säkerheten vid Clink, men också vad ökad utbränning får för konsekvenser för övriga delar i KBS-3-systemet och deras indirekta påverkan på Clink.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att SKB har gjort framsteg i utredningen av bränsleupplösningen för bränsle med hög utbränning. SSM anser dock att det fortfarande är oklart om upplösningen av Sr och särskilt Cs kan representera bränslets matrisupplösning (Fors m.fl., 2008, 2009). SSM konstaterar att även om strukturförändringen vid rimzonen av högutbränt bränsle inte medför större frigörelse av fissionsprodukter (vilket kan bekräftas genom lakningsförsök), så ökar frigörelser av fissionsgaser kraftigt (Johnson och McGinnes, 2002; Nordström, 2009; Oldberg, 2009).

SSM anser att SKB bör utreda och redovisa strukturförändringar och strukturutvecklingen av HBU-strukturen med tiden och bedöma om frigörelser av främst fissionsprodukter kommer att ökas väsentligt vid ett sent kapselbrott samt om detta möjligen kan leda till ett väsentligt högre pulsutsläpp ("*instant release*").

SSM anser dessutom att SKB bör ytterligare utreda frågan om alfa-SIED ("*alpha self-irradiation enhanced diffusion*"). Ferry m.fl. (2005) har med teoretisk modellering visat att diffusionskoefficienten för U och O atomer vid gitterpunkter i UO_2 -kristallen kan vara upp till tusen gånger mindre än tidigare antagits. SKB bör utreda om en liknande minskning även gäller för de fissionsprodukter som inte är kompatibla med UO_2 -kristallstrukturen samt studera inverkan av alfa-SIED av fissionsprodukter på pulsutsläppsandel som utvecklas med tiden.

6.6.5. Speciering av radionuklider, kolloidbildning

SKB:s redovisning

En studie har visat att magnetit, som är den huvudsakliga korrosionsprodukten av järn under syrefria förhållanden reducerar oxiderat U(VI) i lösning till amorf $UO_2(s)$ på den korroderade järnytan (Rovira m.fl., 2007). Röntgendiffraktion visade närvaro av amorf $UO_2(s)$, medan XPS (X-Ray Photoelectron Spectroscopy) bekräftade närvaro av U(IV). Dessutom kan oxidering följt av en senare reducering av UO_2 -bränsle bilda UO_2 -kolloidpartiklar i nanometers storlek (Roth m.fl., 2009).

SKB har studerat medfällning av radium och barium i sulfatrika vatten. Lösligheten av radium minskas avsevärt om medfällning med baryt kan tillgodoräknas jämfört med om endast ren radiumsulfat beaktas. SKB konstaterar att data från termodynamik och kinetik visar att ett samtidigt utsläpp av radium och barium förväntas resultera i en medfällningsprocess under förutsättning att grundvattnets sulfathalt är tillräcklig. SKB anser dock

att växelverkan mellan radium och en redan utfälld barytfas behöver studeras ytterligare.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör studera, redovisa och sammanställa aktuell forskning kopplat till bildning av kolloider och amorfa faser baserade på uran, plutonium eller andra aktinider och dess eventuella relevans för radionuklidtransport när bildade kolloidpartiklar inte filtreras av en eroderad buffert.

SSM anser att SKB:s planer kring fortsatta studier av radium och bariums medfällningsegenskaper i en relevant geokemisk miljö måste betraktas som väl motiverade med tanke på att ^{226}Ra förväntas dominera det mycket långsiktiga dosbidraget från ett KBS-3 förvar. Ett viktigt frågetecken kring denna process som omnämns av SKB är i vilken omfattning och med vilken hastighet ^{226}Ra reagerar med redan utfälld baryt. Detta har betydelse med tanke på att mängden stabilt barium i en kapsel är begränsad och att ^{226}Ra genereras kontinuerligt från sönderfallet av ^{238}U . Det bör klarläggas huruvida frigörelsen av barium och radium från bränslet i kontakt med grundvatten beror på bränslets fysikaliska egenskaper vid tiden för kapselbrott samt under tiden därefter i vilken grad frigörelsen påverkas av t.ex. upplösning och omvandling av UO_2 -matrisen.

SKB bör vidare beakta om scenarier för förvarets utveckling med perioder av minskade sulfathalter kan ha betydelse med hänsyn till ändrade löslighetsförhållanden, avklingning, biosfärsbetingelser etc. Frågan om beaktande av tillräckligt stora spann för möjliga framtida grundvattensammansättningar gäller för övrigt även alla andra nuklidens speciering och retardationsegenskaper. SSM vill också påminna om att andra geokemiska egenskaper kopplade till ^{226}Ra kan ha stor betydelse för dosberäkningar t.ex. sorptionskoefficienten för geosfären (Dverström m.fl., 2008).

SSM ser positivt på SKB:s planerade studier om redox-kinetik för oxiderade radionuklid-specier på färsk och korroderade järnitor. Färsk järnitor torde dock ha liten betydelse i säkerhetsanalysens perspektiv. Medfällning av radionuklider med järnhydroxider är en relaterad process som möjligen även på lite längre sikt kan ha betydelse för säkerhetsanalysens resultat. Kvantifiering har hittills inte ansetts möjlig, men ny forskning kan möjligen bidra till att man i första ledet kan undersöka om det föreligger någon nämnvärd säkerhetsbetydelse.

SSM anser att SKB bör beakta att ny forskning visat att blandade metallkomplex kan bildas i system som innehåller flera metalljoner i lösning. Experiment utförda vid institutionen för kemi vid Sveriges lantbruksuniversitet har t.ex. visat att blandade torium och järnkomplex kan bildas. Betydelsen av eventuella nya species för lösligheten av radionuklider bör undersökas.

6.7. Kapsel

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 23, kapsel, i Fud-program 2010.

6.7.1. Initialtillstånd

SKB redovisning

SKB redovisar att initialtillståndet för kapseln beskrivs av de egenskaper som kapseln förväntas ha när den har placerats i deponeringshålet och inte mer kommer att hanteras i slutförvaringsanläggningen. Vid analysen av den långsiktiga säkerheten används ett antal variabler (geometri, strålningsintensitet, temperatur, mekanisk spänning, materialsammansättning) som alla varierar med tiden. De initiala värdena på dessa variabler kan hämtas från information från tillverkade inspekterade kapslar eller från annan dokumenterad information.

SSM:s bedömning

Den initiala materialsammansättningen hos samtliga kapselkomponenter kommer att variera både inom varje komponent (segring) och mellan olika komponenter beroende på tillverkningsmetod, termisk historik, och geometri hos ingående komponenter. SSM anser att SKB bör utföra ytterligare utvecklingsarbete för att kunna visa hur stor denna variation i materialsammansättning är och speciellt hur detta påverkar analysen av den långsiktiga säkerheten. En varierande sammansättning i materialet hos ingående kapselkomponenter kan inte analyseras med oförstörande provning och måste därför dimensioneras för.

6.7.2. Deformation gjutjärnsinsats

SKB:s redovisning

Resultat från krypprovning av segjärn vid olika temperaturer redovisas ske som logaritmiskt kryp dvs. med en avtagande kryphastighet med tid.

Resultaten planeras att redovisas i samband med SR-site. Prov pågår även med att bestämma mekaniska egenskaper för väteladdade prov.

SSM:s bedömning

För bedömning av inverkan av kryp och inverkan av vätehalt i det gjutna materialet bör SKB komplettera analysen av materialegenskaperna med analys av lämpliga lastfall där dessa egenskaper befinns vara speciellt kritiska. I övrigt instämmer SSM med SKB:s plan att studera eventuell påverkan av väte på materialegenskaperna dels vid monoton pålastning och dels vid krypbelastning.

6.7.3. Deformation av kopparkapsel

SKB:s redovisning

SKB presenterade 2007 en krypmodell (SKB, 2007) där inverkan av fosfor och svavel på koppars krypegenskaper förklarades och modellerades. Modellen omfattar även ett brottkriterium för sprött och segt brott vid krypbelastningar. Modellen beskrev från början endast sekundärkryp men har senare kompletterats så att även primärkryp kan modelleras. Modellen har använts som bas vid FEM beräkningar av kapselns deformationer vid yttre övertryck (SKB, 2009d). Beräkningarna visar bl.a. att primärkryp är en väsentlig del av de beräknade deformationerna. Globala töjningar i kopparkapseln på upp till 12 % rapporteras som ett resultat av den initiala krypdeformationen av kopparkapseln mot segjärnsinsatsen.

SKB har vidareutvecklat krypmodellen. Genom att jämföra mot långsamma dragprov har fundamentala krypmodeller utan passningsparametrar tagits fram. Arbetet har även omfattat studier av anvisningskänsligheten hos OFP-koppar och inverkan av kallbearbetning på krypegenskaperna. SKB konstaterar att OFP-koppar inte är känslig för anvisningar. Däremot registreras en minskad krypduktilitet som funktion av kallbearbetningsgraden.

SKB fortsätter programmet med att undersöka krypegenskaperna hos OFP-koppar. De utvecklade modellerna kommer att vidareutvecklas med syfte att kunna användas vid FEM-beräkningar av kapsel under belastning. Arbetet omfattar även FSW-svetsgods. Betydelsen av fleraxliga spänningstillstånd har studerats experimentellt och genom beräkningar vilka visat att koppars krypegenskaper inte är känslig för anvisningar.

Ett angränsande område som SKB arbetar inom är inverkan av väte på krypegenskaperna hos koppar. SKB kommer inledningsvis att undersöka hur koppar kan väteladdas på ett kontrollerat sätt genom katodisk laddning. SKB

avser även att studera löslighet och diffusion av väte i koppar genom så kallade ab initio-beräkningar.

SSM:s bedömning

SKB:s krypmodell baseras på ”the double ledge model” som beskriver att bildandet av kaviteter i korngränserna är proportionell mot kryphastigheten. Inverkan av fosfor på krypegenskaperna förklaras med att agglomerat av fosfor låser korngränserna så att korngränsglidning försvåras och därmed försvåras även bildandet av kaviteter. SKB hävdar att svavel inte har någon effekt på krypegenskaperna hos koppar (SKB, 2007).

Korngränsglidning i syrefri koppar med och utan fosfor har studerats i (Pettersson, 2010). Studien kunde inte påvisa någon signifikant skillnad i korngränsglidning mellan fosfordopad koppar och koppar utan fosfor. Resultatet ger således inget stöd för SKB:s föreslagna krypmodell.

Fortsatt arbete bör därmed göras för att säkerställa inverkan av fosfor och svavel på koppars krypegenskaper. SSM bedömer dessutom att SKB inte i tillräcklig grad har visat att fosfordopad koppar har ett duktilt beteende även vid mycket långa kryptider. I detta avseende bedömer SSM även att kopplingen mellan krypsprödhet och koppars innehåll av fosfor och syre behöver utredas ytterligare med avseende på reduktion av Cu_2O under bildande av koppar och vattenånga (Gdowski and Bullen, 1998).

SSM ser positivt på de av SKB redovisade FEM beräkningar av kopparkapselns deformation. Härigenom har ny kunskap erhållits bl.a. beträffande inverkan av primärkryp. SSM anser att det vid kommande FEM analyser är viktigt att beskriva hela den tänkta lasthistorien för kapseln. Detta med tanke på att kallbearbetad koppar har lägre krypduktilitet jämfört med icke tidigare plastiskt deformerat kopparmaterial. SKB:s redovisade beräkningsresultat där både primär och sekundärkryp modelleras visar även att inverkan av toleranskedjor mellan kapselns olika delar bör analyseras vidare.

SSM håller med SKB om att vätets eventuella roll för koppars krypegenskaper borde undersökas vidare. Lösligheten av väte i koppar vid rumstemperatur är flera tiopotenser lägre jämfört med vad som analyseras i kommersiell koppar och även den som anges som maxgräns i (SKB, 2009b). SSM uppmanar till fördjupning inom detta område dels för undersökning av om väte kan påverka kopparens krypegenskaper eller orsaka någon typ av försprödningsmekanism och dels undersöka varför vätehalten i koppar är många tiopotenser högre än lösligheten av väte i koppar vid jämvikt.

6.7.4. Deformation från inre korrosionsprodukter

SKB:s redovisning

Deformation av kopparinsatsen orsakad av anaerob korrosion av gjutjärnsinsatsen studeras i Minican försöket i Äspölaboratoriet. Resultat från vattenprov uttagna från experimenten visar på förhöjda halter järn och minskat pH. Elektrokemiska mätningar av korrosionshastigheten för järn och koppar uppvisar oklara resultat. För att framför allt verifiera uppmätta korrosionshastigheter planerar SKB att ta upp en av total fem minican kapslar.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s planer att ta upp en minicankapsel för jämförelse mellan gravimetrisk och elektrokemisk utvärdering av koppars korrosionshastighet. För bedömning av hur koppars korrosionshastighet påverkas av olika förhållanden i slutförvarsmiljön bör SKB emellertid utföra ytterligare väl avgränsade experiment under noga kontrollerade förhållanden.

6.7.5. Strålpåverkan på kapseln

SKB:s redovisning

Konsekvenser av strålningsförsprödning av segjärnsinsatsen har utretts genom en teoretisk betraktelse av utskiljning av kopparpartiklar. Resultatet överensstämmer med tidigare publicerat arbete inom området med avseende på koppars förmåga att ge upphov till försprödning under strålningspåverkan. Däremot förekommer fortfarande vissa tveksamheter gällande korrelationen mellan ökning i flytspänning orsakad av strålningspåverkan och ökning av omslagstemperatur mellan sprött och segt brott. SKB har även visat beräkningsmässigt att det kan föreligga en viss risk för strålningsinducerad försprödning orsakat av fosforanrikning till korngränser i stål.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) konstaterar att SKB bara har gjort teoretiska studier fast det finns exempel på experiment där det finns stor korrosionspåverkan av strålning och att koppar i detta avseende är ett särskilt problemmaterial. Denna fråga har även diskuterats i den referensgrupp som finns för bolagets koppar-korrosionsforskning i syrgasfri miljö. Där har framkommit att SKB inte har experimentellt stöd för att avfärda denna fråga som ointressant, och dessutom inga ambitioner att ändra på den situationen. Föreningarna anser att här bör SSM utveckla sin granskning.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring efterlyser hänvisningar till studier som redovisar eventuella konsekvenser av radioaktiv strålning av kapselmaterialen, särskilt på koppar. Vetenskapliga studier som bekräftar att denna fråga inte har någon betydelse för den långsiktiga säkerheten efterlyses.

Se även KVA:s och KTH:s synpunkter under kapitel korrosion kopparkapsel.

SSM:s bedömning

SKB:s teoretiska studier av eventuell strålningsförsprödning av segjärnsinsatsen visar på att inverkan av strålningsinducerad försprödning inte kan uteslutas. SSM ser positivt på SKB:s planer för fortsatt arbete inom området och anser att teoretiska studier bör kompletteras med experimentella studier. En aspekt som bör beaktas i detta sammanhang är att fördelningen av legeringselement varierar beroende på olika stelnings- eller svalningsförhållanden i gjutjärnsinsatsen. Hur denna variation av legeringselement kan innebära ökad försprödningsrisk i samband med bestrålning bör även den utredas.

Studier av försprödning av reaktortankstål visar att andra legeringselement som Ni, P, Mn och Si även bidrar till försprödning. Effekten visar sig först efter relativt lång tid och på så sätt att försprödningshastigheten stiger markant efter viss tid i drift. Fenomenet benämns "Late Blooming Phases" (LBP). Om LBP förutsätter närvaro av Cu är i dagsläget oklart. SSM bedömer att SKB bör utreda om LBP är en möjlig försprödningsmekanism för segjärnsinsatsen.

6.7.6. Korrosion gjutjärnsinsats

SKB:s redovisning

SKB har studerat samverkan mellan bentonit och korroderande järn inom EU projektet NF-Pro. Resultaten från fortsatt arbete med prov från NF-Pro visar bland annat att bentonitens svällkapacitet minskar. Halten järn i bentoniten pekade vidare på att järn bildat fasta faser eller genomgått andra mineralomvandlingar. SKB anser inte att området inte behöver undersökas ytterligare.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör redovisa risken för och konsekvenserna av anaerob korrosion.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att ämnesområdet ”korrosion gjutjärnsinsats” för närvarande inte behöver någon ytterligare forskningsinsats. Däremot föranleder resultatet att korrosion av järn påverkar bentonitens egenskaper även att SKB förväntas undersöka hur korrosion av koppar påverkar bentonitens deformationsegenskaper vid mekanisk belastning såväl som dess svälltrycksegenskaper.

6.7.7. Korrosion kopparhölje

SKB:s redovisning

Frågan om koppar korroderar i närvaro av rent syrefritt vatten, d.v.s vatten utan löst syre, eller inte har studerats i en icke namngiven referens av Fraser King. I denna hänvisning hävdar SKB att rapportens slutsats är att underlaget som stöder mekanismen delvis är ofullständigt redovisad och motsägelsefull. Dessutom hänvisas till att inga andra forskare förutom de som publicerat resultaten har lyckats reproducera resultaten. Emellertid sägs även att om koppar skulle korrodera i syrefritt vatten har detta ingen allvarlig påverkan på kapselns livslängd.

Genomförda kvantkemiska beräkningar visar att Cu_2O är den mest stabila fasen för koppar-syre-väte systemet vilket skulle tala emot att någon annan korrosionsprodukt än Cu_2O i systemet (Cu, O, H) skulle kunna vara en drivkraft för korrosion.

Elektrokemiska korrosionsförsök på FSW svetsad koppar har utförts dels för att studera tendens till galvanisk korrosion mellan grundmaterial och svetsat material och dels mellan svetsat material och små metallpartiklar från svetsverktyget. Resultaten indikerar mycket låg galvanisk strömtätet mellan svetsat material och grundmaterial. Metallpartiklar från svetsverktyget visade sig vara katodiska i förhållande till det svetsade materialet med galvanisk strömtäthet som snabbt närmade sig 0 A/cm^2 .

Förekomst och överlevnad av sulfatreducerade bakterier har undersökts i bentonit med olika densitet. Sulfidproduktion minskar med ökande densitet och ökning av svälltryck. Den bildade kopparsulfiden bildades av sulfid som producerades utanför bentoniten. Analys av LOT A2 provet (SKB, 2009c) visade en genomsnittlig gravimetrisk bestämd korrosionshastighet motsvarande $<0.5 \mu\text{m}/\text{år}$. Elektrokemiska metoder för mätning av korrosionshastigheten av koppar ger inte entydiga resultat mellan olika metoder. Fortsatt arbete pågår för utvärdering av olika elektrokemiska metoder användbarhet för att mäta korrosionshastigheten.

SKB:s studier av kopparkorrosion kommer att fortsätta, främst i avsikt att öka kunskap om korrosionsmekanismen för koppar i slutförvarsmiljö. Risker för att sulfatreducerande organismer kan bilda en biofilm på kopparytan kommer att studeras vidare i Äspölabbet.

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) och Kungliga Tekniska högskolan (KTH) noterar att mycket fokus ligger på att utreda kopparkorrosion under anaeroba förhållanden. KVA och KTH finner att SKB dock inte tycks ha studerat strålningsinducerad korrosion av koppar i någon större utsträckning, vilket är förvånande då korrosiva oxidanter kommer att bildas vid radiolys av grundvatten i kontakt med kopparkapseln. SKB hävdar att strålningens inverkan på koppar är försumbar. Detta syftar enligt KVA och KTH på materialegenskaper och har inget med korrosion att göra.

KTH noterar att det är av yttersta vikt att kapselns metallhölje inte korroderar bort eller spricker i förtid. KTH framhåller att koppar inte är termodynamiskt immunt i rent vatten utan i stället är kopparoxid och kopparhydroxid de stabila produkterna. Dessa korrosionsprodukter är dock inte att förvänta sig i större mängder i ett slutförvar då grundvatten innehåller aggressivare ämnen än det rena vattnets väte- och hydroxidjoner, som exempelvis kloridjoner, sulfatjoner samt sulfidjoner. Med tanke på vad som framkommit om kopparkorrosion under de senaste tio åren, inte minst i SKB:s Äspölaboratorium, anser KTH att det är synnerligen anmärkningsvärt att SKB bara tar hänsyn till lösta sulfider i grundvattnet för beräkning av kopparkorrosionen.

KTH framför vidare att SKB:s modell för beräkning av kopparkorrosion är för enkel, vilket återspeglas av det faktum att uppmätta kopparkorrosionshastigheter av såväl SKB:s egna konsulter som av oberoende forskare är av storleksordningen 1000 - 100000 gånger högre än vad KBS-3 modellen eller säkerhetsanalysen anger. Modellen antar att det bara är sulfidjoner som kan angripa koppar i det syrgasfria, men väl så salta vattnet. Vidare förutsätter SKB:s modell att, baserat på en teoretisk masstransportmodell, sulfidjonerna bara ger upphov till en mycket långsam allmänkorrosion utan lokala punktangrepp. KTH anser att om SKB:s modell vore korrekt så skulle inte upphettad koppar kunna korrodera eller lösas upp i syrgasfritt saltvatten som dessutom är utsatt för stark strålning.

KTH anför att strålningen som avges under den initiala perioden ger en uppvärmning av kopparmetallen till 50-90°C samt radiolys av omkringliggande grundvatten. Denna miljö är enligt KTH mycket korrosiv för koppar, oavsett närvaron av sulfidjoner eftersom koppar "löses upp" i

saltvatten (i) via kloridkomplexbildning, (ii) pga. kopparkorrosionsprodukter/Cu-joner som fälls ut på bentonitlerans partiklar, (iii) eftersom koppar är en av de absolut känsligaste metallerna för radiolysaccelererad korrosion och (iv) för att kopparkorrosionen/upplösningen i saltvatten ökar kraftigt med temperaturen.

KTH anser liksom i remissyttrandet till Fud-program 2007 att det synnerligen allvarliga problemet som egentligen ”inte får ske”, nämligen att leran och kopparn bryter ner varandra via kopparkorrosion med upplösning och utfällning i leran ännu inte har fått någon adekvat teknisk/vetenskaplig behandling eller föranlett några åtgärder av SKB. KTH anser att deras farhågor dessutom har bekräftats av SKB:s egen forskning i Äspölaboratoriet inom bl.a. Lot-projektet. Höga halter av koppar har detekterats flera centimeter in i bentonitleran. En del koppar har utskiljts som kopparsulfid och koppar-järnsulfid men för en stor del av kopparutskiljningarna vet man att de inte kan vara kopplad till svavel, men man vet fortfarande inte i vilken form/fas de har utskiljts i leran. Detta är enligt KTH naturligtvis en mycket allvarlig brist då man hävdar att bara svavel kan ge upphov till korrosion i den anoxiska slutförvarsmiljön.

KTH framhåller vidare att på grund av koppars känslighet för radiolys har forskare från Los Alamos National Laboratories dragit slutsatsen att koppar och kopparlegeringar helt måste uteslutas från vattensystem utsatta för radiolys.

KTH framför att försöken i Äspö som visar att syrgas konsumeras mycket snabbt i slutförvarsmiljön är avgörande för utvärderingen av KBS-3 systemet. Detta på grund av att SKB har försökt förklara de 1000 - 100000 ggr för höga kopparkorrosionshastigheterna jämfört med de beräknade hastigheterna i säkerhetsanalysen med att syre måste ha funnits kvar eller läckt in i alla Äspöförsök där kopparstudier har ingått.

KTH anser vidare att ytterligare allvarliga och samtidigt märkvärdiga brister i SKB:s kopparforskning är att inga metallografiska tvärsnitt någonsin har publicerats av den koppar som exponerats i de olika Äspöprojekten. Exempelvis har en upphettad kopparkapsel som exponerats i grundvattenmättad bentonitlera i fem år tagits upp 2006, men fortfarande har inte någon avrapportering skett vad avser korrosion och metallografi. Denna kapsel från det så kallade återupptagsprojektet (Retrieval) är enligt KTH högtintressant ur korrosionssynpunkt då miljön har varit synnerligen relevant, men även centrumrören av koppar inom Lot-projektet är av stort intresse för metallografiska studier.

KTH anser att en generellt viktig observation från försöken i Äspölaboratoriet är att olika kringutrustningar och givare tillverkade av legeringar som antagits vara korrosionsresistenta i grundvattenmiljön har angripits eller helt fallerat av korrosionsskador. KTH anför vidare att de enda metaller som inte har korroderat i Äspölaboratoriet är titan samt olika ädelmetaller. Moderna korrosionsresistenta legeringar av höglegerat rostfritt stål, tennbronser, nickelbas-, titanbas- samt tantalbaslegeringar har aldrig exponerats eller utvärderats i Äspölaboratoriet, vilket enligt KTH bör göras för att i framtiden kunna designa ett säkert slutförvar.

KTH framför vidare att det är betydligt torrare berg på försvarsdjup i Forsmark än i Äspö vilket innebär att det kan ta upp till 1000 år eller mer att vattenmätta leran kring kapslarna. Detta är enligt KTH synnerligen allvarligt ur korrosionssynpunkt då de varma kapslarna kommer att förånga grundvattnet med saltindunstning som följd. KTH framhåller att det är få metaller som motstår klor- och svavelbaserad saltindunstning på ett tillfredsställande sätt oavsett närvaron av syrgas eller inte. Inom industrin används palladiumlegerad titan eller tantal för denna typ av miljö, koppar är helt uteslutet.

KTH framhåller att de senaste årens forskning har visat att koppar drabbas av sulfidinducerad spänningskorrosion (SCC) och svavelförsprödning. Ett slutförvar i Forsmark med saltindunstning uppfyller alla kriterier för att dessa allvarliga försprödningsmekanismer ska uppstå. KTH framförde även i remissen till Fud-program 2007 risken för försprödning på grund av väteupptag i koppar. Enligt KTH kan en viss andel av kapslarna förväntas haverera inom kanske 100 år om försprödningsfenomen och/eller spänningskorrosion sker. Om kapslarna kollapsar under de första hundratals eller tusentals åren, dvs. då strålningen är som kraftigast, så riskerar även bränslekutsarna att lösas upp i grundvattnet p.g.a. den starka radiolyseffekten. KTH framhåller att detta scenario utgör en reell risk för kontaminering av Östersjön med radioaktiva joner och riskerna för detta måste utredas och elimineras.

Miljörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Törnqvist anser att först på allra senaste tid har trycket från oberoende forskare blivit tillräckligt starkt för att tvinga SKB att ompröva frågan om koppars korrosion i den tänkta försvarsmiljön. Här har det alltså efter nära 30 år upptäckts, att det som näst intill upplevts som ett grundmurat faktum 1983 (att en kopparkapsel med en vägg tjocklek på endast 10 mm i ett sannolikt fall skulle kunna drabbas av en första genomfrätning först efter mer än 1 miljon år och i ett ogynnsamt fall först efter ett hundra tusen år), och som har en avgörande betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet, nu allvarligt måste

ifrågasättas. Törnqvist noterar också att granskande myndigheter inte under denna långa tid tycks ha tagit de forskningsrön på allvar som publicerats av forskare som stått fria från SKB. Törnqvist konstaterar vidare att under det gångna året har därtill en av Strålsäkerhetsmyndigheten, SSM, initierad granskning av SKB:s kopparkorrosionsforskning avslöjat att bolaget dolt forskningsresultat som kan tyda på hög kopparkorrosion och valt att endast redovisa mätvärden som ligger i linje med deras egen uppfattning om hur verkligheten bör se ut. Ansvariga vid företaget har förklarat det hela med att man utelämnat dessa resultat med anledning av att man betraktat dem som orimliga, och säger sig lova bot och bättring. SKB tycks närmast vilja avfärda det hela som ett beklagligt men betydelselöst olycksfall i arbetet.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att med tanke på den diskussion som de senaste åren pågått kring kärnavfallsbolaget SKB:s kopparkorrosionsforskning är detta avsnitt, både det som är beskrivet och det som inte finns med, högtintressant. Det är uppenbart att SKB saknar väldigt mycket kunskap inom området kopparkorrosion och har mycket låga ambitioner att lära sig mer. Dessutom är det med stor sannolikhet så att SKB inte har redovisat all kunskap bolaget har inom området, kunskap som kan visa på problem för KBS-metodens långsiktiga miljösäkerhet.

Hänvisningen till att SKB-konsulten Fraser King inte ser några problem med bolagets olika antaganden om kopparkorrosion, och att han anser att de KTH-forskare som har kritiserat SKB:s kopparkorrosionsforskning har fel, saknar enligt föreningarna helt betydelse och dessutom saknas referenser som stödjer det tyckandet. Föreningarna konstaterar att King inte är en oberoende instans utan har arbetat som konsult åt SKB i många år och därmed är starkt jävig i frågan.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) hänvisar även till den samrådsinlägga föreningarna har bifogat sitt yttrande för frågor rörande kopparkorrosion. Eftersom föreningarna inte i detalj har redovisat hur synpunkterna i bilagan ska tolkas i förhållande till SKB:s Fud-program har SSM inte lyft in synpunkterna i denna rapport. Bilagan har dock bifogats SSM:s yttrande till regeringen i sin helhet.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring anser att all forskning som rör frågor kring den långsiktiga säkerheten bl.a. korrosion av kopparkapseln ska vara slutförd, analyserad och vetenskapligt granskad innan en tillståndsansökan lämnas in. Det är enligt opinionsgruppens uppfattning viktigt för det allmänna förtroendet för detta projekt.

Uppsala universitet framhåller att en tidig utgångspunkt är att korrosion av koppar genom syre kan ske endast i början varefter närvarande syrgas förbrukas. SKB har emellertid tagit sig an att starta en noggrann experimentell långtidsutredning av möjligheten till kopparkorrosion i syrgasfritt vatten, detta på grundval av rapporter i motsättning till allmän konsensus. Utfallet av sådana noggrant kontrollerade experiment är synnerligen värdefullt, anser Uppsala universitet. Materialet är ju valt just för att sådan anaerob korrosion inte borde äga rum, och absolut inte i den omfattning som har påståtts.

Uppsala universitet framför också att en annan korrosionsfaktor, påpekad i tidigare remissyttranden, utgör bildningen av kopparsulfid. Källa till sulfidbildningen skulle kunna vara inverkan från sulfatreducerande bakterier. SKB har beaktat en viss stam som kan leva i uttorkat buffertmaterial av bentonit. Det påpekas att lokala vattenflöden som bär organiska ämnen kan ge gropfrätning i stället för allmän korrosion. Ett sådant lokalt angrepp kan vara bekymmersamt i och med att koppars diffusion är oerhört snabb i kopparsulfider, så att koppar i form av Cu(I) kan transporteras genom ytsulfid från det inre och vid ytan eventuellt transporteras bort i flytande fas under komplexbildning.

Universitetet konstaterar vidare att SKB tar sulfidbildningsproblematiken på allvar genom att anvisa kvalitetskriterier på bentonitens sammansättning rörande total svavelhalt och totalt organiskt bundet kol. Uppsala universitet anser att kinetiken och mekanismen för kärnbildning på kopparytor emellertid borde ytterligare studeras med lämpliga metodiker, där endast låga koncentrationer av sulfid i vattenmiljö får inverka för att efterlikna verkliga förhållanden.

Östhammars kommuns konsult Pereira noterar att det kan hända att SKB:s och Posivas gemensamma sammanställning om kopparkorrosion som enligt SKB är i det närmaste slutförd kommer att bringa nya insikter över hela frågeställningen. Trots det skulle en kort beskrivning av status på de planerade experimenten om kopparkorrosion som ska göras av Uppsala universitet ha varit på sin plats i Fud-program 2010. SKB:s och Posivas sammanställning kan också ge nya insikter värdefulla för granskningen av ansökan och därför vore det av intresse att ha den tillgänglig under 2011.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB mycket tydligt måste redovisa om man delar uppfattningen om korrosion i rent syrefritt vatten och om så är fallet att den inte har någon allvarlig inverkan på kapselns livslängd i förvaret. Om SKB har den uppfattningen bör den utförligt motiveras. Roos

anser vidare att SKB också tydligt bör redovisa på vilket sätt man avser att öka kunskapen om denna typ av korrosion.

Åkermark, Nacka, konstaterar att SKB inte har följt de rekommendationer som både SSM och Kärnavfallsrådet lämnade vid granskningen av Fud-program 2007 angående forskning runt frågan om kopparkorrosion i syrefritt vatten.

Åkermark konstaterar vidare att SKB har gjort tre separata studier hur koppar korroderar under förhållanden som är tänkta i ett förvar och dessa studier har kallats Retrieval, LOT och Minican. I studien Retrieval togs en fullskalig värmad kapsel upp 2006 och utvärdering av denna studie var i stort sett klar under 2008. Kopparkorrosionsresultaten från denna studie har fortfarande inte rapporterats. I samband med kopparkorrosion i Fud-program 2010 nämns knappt LOT-studien och Minicanstudien inte alls. Minican nämns inte då huvudsyftet med Minican var att se vad som händer med det invändiga stålskelettet om det går hål i kapseln. Detta är enligt Åkermark anmärkningsvärt då det redan finns allvarliga problem med mörkning av resultat från Minicanstudien. Att inte nämna resultaten i Fud-2010 kan utan för mycket fantasi ses som ett ytterligare försök att mörka resultaten och detta gäller även Retrieval studien.

Åkermark anser vidare att de mörkade resultaten i Minican visar att kopparkapseln kan vara borta efter så kort tid som 3 år. Det korrekta sättet att behandla denna typ av resultat är att med andra metoder visa vad som gått fel och att ingående diskutera hur detta påverkar tolkningen av resultaten. Detta ska vara ett naturligt förhållningssätt och inte som nu först göras när man har kniven mot strupen (26 november bestämdes det att en av Minican kapslarna skulle tas upp). Åkermark menar att i ett slutdokument borde dessa tre studier vara en bas för hur koppar korroderar i ett förvar och entydigt visa att koppar inte korroderar. De korrosionshastigheter som uppmäts i de två rapporterade studierna (om man bortser ifrån de resultat som SKB inte ville redovisa) är i storleksordningen μm , dvs. mer än 100 gånger för stora om livslängden ska vara minst 100 000 år och mer än 1000 gånger högre än det som antagits i säkerhetsanalysen. I Fud-program 2010 anges korrosionshastigheten av koppar i Lot-försöken vara mindre än $0.5 \mu\text{m}/\text{år}$. Om man bortser ifrån att denna siffra är alldeles för hög för att ge ett säkert förvar, så är den enligt Åkermark också felaktig (åter igen mörkas resultat). Det korrekta värdet är av storleksordningen μm (Rosborg och Werme, 2008) 142–153). Åkermark påpekar att det är ytterst anmärkningsvärt att resultaten från Retrieval-studien inte redovisats.

SSM:s bedömning

Studien som SKB hänvisar till (Fraser King) gällande den föreslagna mekanismen för kopparkorrosion i rent syrefritt vatten kan inte värderas eftersom det saknas referenser till arbetet. SSM bedömer att mer forskning inom detta område behövs för att förståelsen av korrosionsmekanismen för koppar i rent syrefritt vatten ska anses vara klarlagd. Dessutom behöver även den föreslagna korrosionsmekanismens eventuella inverkan av aktuell grundvattenkemi utredas.

SKB bör försöka experimentellt verifiera korrosionshastighet för koppar i syrefritt grundvatten, detta för att ta fram ytterligare belägg till stöd för den föreslagna korrosionsmodellen att koppars korrosionshastighet i syrefri grundvattenmiljö begränsas av masstransport av sulfid från grundvattnet och från buffertmaterialet (SKB, 2006). Dessutom bör SKB utreda samband mellan korrosionshastighet för koppar exponerad i laboratoriemiljö, arkeologiska fynd och eventuella naturliga analogier. Detta för att koppla ihop teorier för kopparkorrosion med modeller för kopparkorrosion i slutförvarsmiljö. Korrosionsmekanismer under vätgasutveckling kan även leda till att kopparmetallen tar upp en del av den bildade vätgasen, en undersökning som klargör eventuell påverkan av förhöjd halt väte i kopparhöljet på kapselns mekaniska integritet bör ingå i denna analys.

SSM anser att ett område där mer forskning behövs är koppars korrosionsegenskaper i syrenehållande såväl som i syrefri miljö efter deponering och innan återmättnad sker av omgivande buffertmaterial. Innan återmättnad av bufferten kan förekomst av spalter mellan kopparkapsels yta och buffertmaterialet inte uteslutas. Hur den omgivande miljön med avseende på exempelvis kemisk sammansättning samt fukthalt utvecklas i dessa spalter är svår att förutsäga och bör därmed utforskas ytterligare. Beroende på vattentillgång kan tiden innan återmättnad av bufferten sker ta flera hundra år, kanske upp till tusen år. Under den första tiden efter deponering och innan bränslets gammastrålning har hunnit avklinga från höga nivåer kan det dessutom inte utan vidare uteslutas att radiolys av vatten utanför kapseln orsakar korrosion. SSM anser att radiolysens inverkan på korrosion av koppar bör belysas både före och efter den omgivande bufferten är mättad med vatten. Ytterligare arbete på radiolysens inverkan på kopparkorrosion har även lyfts fram av Kungliga vetenskapsakademien (KVA) och KTH som ett område där mer forskning bör utföras.

Vid analysen av LOT A2 försöket (SKB, 2009c) redovisades att kopparkorrosionsprodukter återfanns i ansevärliga halter på betydande avstånd från det centrala kopparröret i försöket. SKB bör ytterligare utreda orsakerna till migration av korrosionsprodukter i bentonit och hur detta kan påverka

den konceptuella modell som SKB använder för kopparkorrosion i säkerhetsanalysen. Dessutom bör exempelvis korrosionsprodukternas förekomstformer i bentonit, bentonitens sväll och mekaniska egenskaper undersökas ytterligare med avseende på koncentration av kopparkorrosionsprodukter i bentoniten.

Eventuella förändringar av bentonitens egenskaper bör därefter ställas i relation till förvarets utveckling. I framtida upptag av LOT kapslar bör även möjligheten att utvärdera kopparkorrosion från det centrala kopparröret i olika positioner beaktas innan upptag sker. SSM anser att SKB även bör karakterisera kopparkorrosion på de kopparkapslar i prototypförvarsexperimentet i Äspö som man planerar bryta under 2011.

SSM ser positivt på arbetet som bedrivs för att studera risken för etablering av biofilmer med sulfatreducerande mikrober på kopparhöljets yta och dess inverkan på kopparkorrosion. SKB bör dock belysa samverkan mellan olika typer av mikrober i förhållande till tillgången på olika energikällor med avseende på korrosion som funktion av troligt utvecklingsscenario för slutförvarskonceptet.

Den elektrokemiska bedömningen av skillnader i korrosionshastigheten mellan svetsat material och grundmaterial visar på låga galvaniska strömtätheter. Som ett komplement till denna studie bör långtidsexponering utföras för att kvantifiera skillnaden i korrosionshastighet mellan svetsgods och grundmaterial gravimetriskt.

6.7.8. Spänningskorrosion kopparkapsel

SKB:s redovisning

SKB går för närvarande igenom kritiska mekanismer för spänningskorrosion av koppar. Slutsatsen är att risk för spänningskorrosion är låg under den inledande syrenehållande perioden och vid den efterföljande syrefria perioden saknas en välgrundad mekanism. En japansk studie har emellertid påvisat försämrad duktilitet orsakat av interkristallin korrosion i en simulerad grundvattenmiljö med hög sulfidhalt (0.01M). Beräkningar av mekaniska spänningar orsakade av svällning av den omgivande bentoniten visar på att dragspänningar lokalt kan uppstå genom hela kopparhöljet.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) saknar referens till någon rapport med resultat från SKB:s egna försök trots att kärnavfallsbolaget anger att det finns sådana resultat. Dessa måste tas fram och granskas även om bolaget anser dem vara

företagsinterna. Det är därför utmärkt att SSM utför egna försök för att studera denna fråga och därmed har en egen grund att stå på för att bedöma behov av och inriktning på fler forskningsinsatser.

SSM:s bedömning

Slutsatserna i SKB:s nya studie gällande spänningskorrosion går inte att värdera då ingen referens till arbetet finns. Interkristallina brott vid långsam dragprovning har påvisats i en japansk studie innehållande sulfid. Nya experimentella resultat påvisar även att svavel kan diffundera in i korngränserna på koppar i artificiellt grundvatten innehållande sulfid vid rumstemperatur (Arihata m.fl., 2010). SSM bedömer därför att mer forskning inom detta område behövs för att klarlägga om sulfidinnehållande vatten kan orsaka sprödhetsfenomen i OFP-koppar.

Resultat från beräkningar av spänning med hjälp av en ny krypmmodell där både primär och sekundärkryp ingår (SKB, 2009d) visar på genomgående lokala dragspänningar vilket är en viktig förutsättning för spänningskorrosion för deponerade kapslar ska kunna ske. SSM anser att SKB bör ytterligare utreda den geokemiska utvecklingen av olika ämnen och mikrobiell aktivitet som kan ge upphov till spänningskorrosion i koppar som funktion av tid.

6.7.9. Utfällning av salt på kapselytan

SKB:s redovisning

Hur utfällning av salt på kopparytor påverkar korrosion av koppar har enligt SKB:s redovisning studerats i LOT A2 försöket (SKB, 2009c).

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) konstaterar att frågan om utfällning av salt på kapselytan är högaktuell i det torra berget i Forsmark. Den hänvisning till LOT-A2-rapporten som görs i Fud-program 2010 är missvisande eftersom det inte finns någon redovisning om detta i rapporten. Det kan vara så att frågan är behandlad i en intern konsultrapport vars innehåll inte kom med i den offentliga LOT-A2-rapporten, och det vore i så fall högtintressant att ta del av den.

Föreningarna anser att SSM bör begära att få se detaljerade resultat i denna fråga även om det endast finns interna rapporter med resultat.

Se även KTH:s synpunkter i avsnitt 6.7.7 korrosion kopparhölje.

SSM:s bedömning

Baserat på information i Fud-program 2010 går det inte att bedöma hur och om saltutfällning på kopparytan i slutförvarsmiljö påverkar kopparhöljets korrosionshastighet. Vid deponering av kapslar i Forsmark med låg grundvattenströmning kan återmättnaden av bufferten i deponeringshål ta lång tid upp till 1000 år. Det är därmed fullt möjligt att kapslar kan komma att utsättas för atmosfärsliknande förhållanden med en gasspalt mellan kopparhöljet och buffertmaterialet. Av denna anledning bör SKB utreda under vilka förhållanden saltutfällning kan ske på kopparytor och dess eventuella påverkan av korrosion på kopparhöljet.

6.8. Buffert och återfyllning

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 24, buffert och återfyllning, i SKB:s Fud-program 2010.

I kapitel 24 i SKB:s Fud-program 2010 behandlar SKB forskning kring de lerbarriärer SKB har utvecklat för slutförvaren. I lerbarriärerna ingår buffert i deponeringshål och återfyllnad i deponeringstunnlar i kärnbränsleförvaret. Kapitlet behandlar även lerbufferten i silon i SFR 1. De krav som sätts på bufferten beskrivs i detalj i del III i SKB:s Fud-program 2010. I kapitel 24 i Fud-program 2010 hanteras de egenskaper hos lerbarriärerna som påverkar den långsiktiga säkerheten.

6.8.1. Bentonitsammansättning

SKB:s redovisning

Smektithalten i kommersiella bentoniter ligger normalt på cirka 80-85 procent. Bentonitmaterialet för tillverkning av buffertblock kommer att genomgå en omfattande kvalitetskontroll före pressning. Vid den kontrollen bestäms bland annat montmorillonithalten.

För svavelhalten har SKB satt kriteriet till att <0,5 procent av buffertens massa får bestå av svavel i form av sulfid. Dessutom har SKB definierat ett krav på totalsvavel och totalt organiskt kol. Båda dessa är satta till mindre än en viktprocent. Så länge kraven på montmorillonit och svavelhalt samt halten av organiskt kol är uppfyllda finns i dag inga andra krav på de övriga accessoriska mineralen.

SKB:s program med studier av alternativa material fortsätter främst inom projektet ABM (underjordsförsöket Alternativa Buffert Material), vilket presenteras i avsnitt 24.2.17 i SKB:s Fud-program 2010.

Karakteriseringen av GEKO/QI-bentonit gjordes på 1980-talet. SKB anser att det skulle kunna vara av värde att göra en ny mineralogisk undersökning.

Remissinstansernas synpunkter

Sveriges energiföreningars riksorganisation ställer frågan om det finns material som inte redovisas i Fud-program 2010 som klargör bentonitens katalytiska egenskaper.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har tagit fram kriterier för halterna av svavel och kol i bufferten. SSM anser att SKB bör utreda om det finns behov att även ta fram kriterier för halter av andra ämnen som kan påverka buffertens pH och redox-buffring.

SSM är positiv till att SKB har startat ett program med studier av alternativa material inom projektet ABM.

SSM anser att det är otillräckligt att enbart förlita sig på enkla acceptanskriterier som grund för materialval. Huruvida andra materialegenskaper som inte täcks in av kriterierna saknar betydelse för funktionen i slutförvaret beror helt på hur stora variationer som kan finnas mellan tänkbara materialval. Ett exempel kan vara hur det relativt höga innehållet av kaliumbärande mineraler i Milos-BF4-bentonit (Olsson och Karnland, 2009) kommer att påverka bentonit i bufferten långsiktigt.

SSM instämmer med SKB att det behövs en ny mineralogisk undersökning för GEKO/QI-bentonit i silon i SFR. Forskningen om bentonitbufferten har utvecklats mycket under de senaste decennierna och en uppdatering verkar behövas.

6.8.2. Värmetransport

SKB:s redovisning

Dimensionskriterier för tunnel- och kapselavstånd kommer att baseras på resultat från beräkningsmodellen för temperaturutveckling i bufferten och i berget (Hökmark m.fl., 2009). I dimensioneringen antogs ett hypotetiskt fall som innebär att alla kapselpositioner är torra. Följaktligen räknar man också med att den isolerande luftspalten mellan kapsel och bentonitblock finns kvar vid tiden för temperaturmaximum.

För dimensioneringsberäkningarna är osäkerheten i buffertens effektiva värmeledningstal det dominerande bidraget till den totala osäkerheten.

Kontrollberäkningar visar att uttorkningseffekter inte påverkar det effektiva buffertvärmeledningstalet tillräckligt för att motivera en större marginal.

SKB kommer att bevaka utvecklingen kring materialval, förändringar i design med mera, för att säkerställa att inga förändringar i buffertens egenskaper uppstår som skulle innebära att temperaturmarginalen måste uppdateras inför kommande designsteg.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s program för värmetransport i närfältet av kärnbränsleförvaret är ändamålsenligt och att modelleringsresultaten i stort sett är trovärdiga.

SSM anser att det inte är uppenbart att en kvasi-stationär värmetransport kan förutsättas i beräkningarna av värmeöverföringen med tanke på att värmekällan i kapseln är tidsberoende. SKB bör undersöka om antagandet om stationär värmetransport i bufferten är rimligt och om värmelagringen i bufferten är försumbar.

SSM är positiv till att ett realistiskt värde för kopparemissiviteten har använts för att beräkna den strålningsöverförda värmen i spalten mellan kapseln och bufferten. SKB bör dock undersöka förhållandena på kapselytan efter lagringen under olika tider och olika omständigheter som skulle kunna leda till en försämring av kopparemissiviteten. Parametern är avgörande för beräkningen av maximala temperaturer i systemet.

SSM anser vidare att SKB bör undersöka hur en lokal uttorkning av bufferten närmast kapseln påverkar temperaturutvecklingen. Osäkerheter i kontrollberäkningar avseende omfattningen av uttorkning bör utredas (se även avsnitt 6.8.4 i denna rapport). Detta gäller särskilt när vattenförsörjningen från omgivande berget är mycket begränsad, vilket förväntas vara fallet i Forsmark.

6.8.3. Frysning

SKB:s redovisning

Liksom vanliga saltlösningar, börjar vattnet i bufferten inte frysa vid 0 °C utan mellan -5 °C och -10 °C. Allt vatten fryser inte vid en och samma temperatur och temperaturer under -40 °C krävs för att frysa allt vatten i bufferten. En intakt buffert fryser inte eftersom temperaturen inte kommer att understiga fryspunkten ens i det mest extrema permafrostscenariot (-2 °C) (SKB, 2006). Däremot kan frysning av bufferten inte uteslutas om densiteten sänks, exempelvis genom erosion.

En teori för svälltryckets temperaturberoende vid frysning har utvecklats (Birgersson m.fl., 2010). Teorin kan även beskriva andra processer såsom vattenupptagning, svällning, jonbyte samt kolloidbildning av bentoniten. Omfattande laboratoriestudier på ett flertal bentonitmaterial har verifierat i princip samtliga förutsägelser från den aktuella teorin. En kompletterande studie visar att svälltrycket inte blir skadligt på kapseln även för fallet med en kraftigt eroderad buffert.

I SFR kan bentoniten frysa när temperaturen sjunker till under $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ efter cirka 45 000 år. Det har visats att förloppet av frysning och efterföljande tining inte påverkar de svällande egenskaperna hos bentoniten (Emborg m.fl., 2007). Däremot uppvisades islinnsbildning i bentoniten i den vertikala spalten mellan betongsilon och berget (Emborg m.fl., 2007). Islinnsbildningen kan medföra öppning av sprickor i det omgivande berget.

SKB planerar att uppdatera beskrivningen av frysningen av silon.

Remissinstansernas synpunkter

Beträffande frysning av bufferten anser Östhammars kommuns konsult Roos att SKB bör förtydliga om bufferten fryser eftersom redovisningen är otydlig och inte behandlar frysningen av en intakt buffert. SKB bör redovisa konsekvenserna av att bufferten fryser även om beräkningar visar att detta inte är möjligt.

SSM:s bedömning

SSM anser att det är ett stort steg framåt att SKB utvecklat en grundläggande termodynamisk teori som kan vara lämplig för att beskriva frysning och många andra processer i bufferten. Med teorin blir SKB:s beskrivning av såväl frysning som många andra processer vetenskapligt välgrundad. SSM anser däremot att SKB vidare bör motivera sitt antagande om *en-typ-porvatten* i teorin. Dessutom bör SKB undersöka om andra viktiga mekanismer såsom elektrostatisk växelverkan bör inkluderas i teorin.

SSM anser att SKB bör utreda om islinser, som i studier om SFR har visats kunna uppstå (Emborg m.fl., 2007), även kan bildas hos en frusen eroderad buffert. SKB bör mer ingående utreda och redovisa konsekvenser till följd av frysning av återfyllnaden.

SSM är positiv till framtagande av en uppdaterad beskrivning av frysning av silon i SFR.

6.8.4. Vattentransport vid omättade förhållanden

SKB:s redovisning

SKB anser att vattentransport i en omättad buffert är en komplicerad process. Drivkraften för att nå vattenmättnad är huvudsakligen den relativa fuktigheten i bufferten, som kan ses som ett kapillärt undertryck i buffertens porer. Utveckling av mättnadsförlopp beror dessutom på de hydrauliska förhållandena i berget närmast deponeringshålet.

SKB:s konsulter Åkesson m.fl. (2010) har redovisat beräkningar för bevätningen av buffert och återfyllnad med hjälp av en THM-modell. Dessutom har SKB:s konsulter Johannesson m.fl. (2008, 2010) genomfört laboratorieundersökningar av vattenupptagning och retention på fyra olika bentoniter: MX 80, Friedlandlera, Asha 230 och IBECO RWC-BF.

SKB har utfört omfattande försök med storskaliga modeller av en tunnel återfylld med block och pellets vid Äspölaboratoriet. Dessa försök har gett värdefull information om hur återfyllningen reagerar på vatteninflöde under främst återfyllningsfasen (Dixon m.fl., 2008ab).

SKB anser att det fortfarande krävs stora insatser under den kommande perioden med fortsatta modelleringar samt laboratorieförsök för att utreda frågor kring vattentransport vid omättade förhållanden. Fortsatta studier av grundläggande mekanismer till stöd för olika transportlagar och val av parametervärden kommer också att göras. SKB har dessutom avsikten att modellera vattenmättnadsprocessen i SFR på ett liknande sätt som för bränsleförvaret.

Remissinstansernas synpunkter

Miljörelsens kärnavfallssekretariat, Milkas, representant Hultén anser att fastän kunskapen ökat väsentligt sedan Fud-program 2007 framgår det klart av avsnitten om vattentransport vid omättade respektive mättade förhållanden att mycket empiri och annan forskning återstår innan SKB med säkerhet kan räkna med en återmättnad av bentonitbufferten.

Beträffande vattentransport vid omättade förhållanden noterar Östhammars kommuns konsult Pereira att under 2010 kommer ett experiment i Äspö att avbrytas (TBT, *Temperatur Buffer Test*) och under 2011 kommer den yttre sektionen av prototypförvaret att öppnas. Pereira anser det vara viktigt att resultaten från analyserna blir tillgängliga så fort som möjligt eftersom de kan bidra till klargörande av olika aspekter som SR-Site behandlar och kan delvis bli ett värdefullt underlag för förståelsen under granskningsperioden (som all annan kunskap som genereras under tiden som granskningen pågår, även om dessa analyser inte blir underlag till ansökan i någon officiell mening eftersom de tillkommer först efter att ansökan har lämnats in).

SSM:s bedömning

SSM instämmer med SKB att vattenmättnadsförloppet hos buffert och återfyllnad är komplicerat samt att fler teoretiska studier och laborieförsök behövs. Ett sådant arbete bör även syfta till en bättre förståelse av andra processer såsom ”piping”/erosion. SSM anser att SKB:s modell för beskrivning av vatteninflödet till bufferten eller återfyllnaden (exempelvis ekvation (3-5) i Åkesson m.fl., 2010) är otillräcklig för att beskriva det uppenbart heterogena vatteninflödet i bentonit som uppvisas i många laborieförsök samt fältförsök (t.ex. Åberg, 2009). Ett heterogent vattenflöde är betydelsefullt främst för att det kan leda till kanalbildning i buffertens rand nära bergytan (”piping”).

SSM anser att SKB bör bättre motivera sitt antagande om en isotermisk utveckling i återfyllnaden. Beträffande ångtransport i omättad buffert anser SSM att SKB även bör beakta en möjlig konvektionsmekanism utöver molekylärdiffusion. Uttorkningen av bufferten kan eventuellt underskattas om konvektion inte beaktas. Liknande synpunkter har framförts av Miljörelsens kärnavfallssektariat Milkas.

SSM instämmer med Östhammars kommuns konsult Pereira angående betydelsen av att resultat från olika fältförsök blir tillgängliga så fort som möjligt.

6.8.5. Gastransport

SKB:s redovisning

Under 2007 till 2009 har samtliga SKB:s insatser inom området fokuserades på Lasgit (*large-scale gas injection test*)-försöket vid Äspölaboratoriet (Cuss m.fl., 2010). Beteendet av bentoniten i Lasgitförsöket liknar det som har observerats i tidigare laborieförsök. Däremot är de maximala tryck som uppmätts i Lasgit avsevärt lägre än de som rapporteras i motsvarande laborieförsök (Harrington och Horseman, 2003). Vidare observerades det i försöket att gasgenombrott förekom vid ett tryck som närmade sig totaltrycket. Detta överensstämmer med den traditionella bilden men skiljer sig från observationer i laborieförsök (Harrington och Horseman, 2003). Det är uppenbart att storleken på försöket har betydelse för processen i fråga. SKB redovisar att beteendet av gasen efter genombrott är komplicerat bl.a. eftersom tryck och flöde oscillerar. Processen är därför en utmaning att modellera. Därutöver framhåller SKB att instrumenteringen i Lasgit fungerar väl och är tillräckligt känslig för att kunna följa gastransportprocessen.

SSM:s bedömning

Flera viktiga processer såsom bränsleupplösning påverkas av vätgashalten som kan upprätthållas inom bufferten (se även avsnitt 6.6.4 i denna rapport). SSM anser därför att SKB bör eftersträva en bättre förståelse av mekanismen för gastransport genom bentonit. Orsaken till skillnaden mellan resultaten från Lasgitförsöket och motsvarande laboratorieförsök bör undersökas.

SKB bör utreda gastransport genom en delvis eroderad buffert och bedöma den maximala vätgashalten som kan upprätthållas när bufferten eroderas. Vätgashalten invid kapselytan kan ha ännu större betydelse för vattenradiolys och bränsleupplösning efter bufferterosion jämfört med fallet när bufferten är intakt.

6.8.6. Piping/erosion

SKB:s redovisning

SKB konstaterar att en slutsats från de hittills genomförda fältförsöken är att ”piping” aldrig kan stoppas av bufferten (varken i KBS-3H eller i KBS-3V) om inflödet är så stort att bentoniten inte hinner absorbera det inströmmande vattnet. Dessutom kan bentoniten inte självätas förrän efter att kanalbildningen har upphört.

SKB använder en erosionsmodell för att gränssätta inflödeskraven på deponeringshål i förhållande till inflöde i tunneln (Åkesson m.fl., 2010). En viktig iakttagelse är att erosionen minskar med tiden oberoende av omständigheterna, vilket anses av SKB att ha stor betydelse för den totala erosionen.

För återfyllningen har erosionsförsök utförts både på block av olika återfyllningsmaterial (Friedlandlera, Asha 230 och IBECO RWC-BF) och på olika sorters pelletsfyllningar (MX-80, Cebogel, Minelco och IBECO-RWC-BF; Sandén och Börgesson, 2008; Sandén m.fl., 2008). Resultaten visar att den modell som tagits fram för bufferten också kan användas för återfyllningen.

SKB planerar att göra ytterligare erosionsförsök varvid variation av geometri med mera kommer att ingå för att förbättra förståelse för hur olika faktorer påverkar parametrarna i modellen.

SKB planerar ytterligare stora insatser för återfyllningen för att förbättra kunskaperna om självätning av sprickor, erosionsmodellens giltighet och när ”piping” upphör.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun och kommunens konsulter Pereira och Roos anser det vara mycket angeläget att öka förståelsen för erosion/"piping" då detta fenomen kan äventyra buffertens funktion. Förutom att pluggen ska vara tät måste andra tänkbara vägar för eventuellt läckage, som sprickor, också kunna tätas för att förhindra uttransport av bentonitmaterial. Kommunen anser det därför angeläget att vidareutveckla och fördjupa buffertfrågor av typen "piping", kolloidbildning och kemiska processer kopplade till desamma.

Åkermark, Nacka, konstaterar att i Fud-program 2010 saknas konkreta bevis för att erosion av bentonitleran inte kommer ske eller hur leran och kapslarna interagerar. De studier av bentonitlera som gjorts är i Aspö-laboratoriet, men förhållanden i Forsmark kommer vara helt annorlunda med en period på upp till 1000 år som leran inte är dränkt i vatten.

SSM:s bedömning

SSM anser att möjligheten att minimera och gränssätta "piping" och erosion har en stor betydelse för en framgångsrik installation av bufferten och återfyllnaden. Det är därför viktigt att SKB har en bra förståelse av bakomliggande mekanismer, såsom växelverkan mellan vattenupptag, svällning, samt vatteninflöde och omättad vattentransport i leran. Liknande synpunkter har framförts av Östhammars kommun och kommunens konsulter Pereira och Roos.

SSM bedömer att laboratorieförsök bör kompletteras med teoretiska studier för att kunna ge en kvantitativ förståelse av processerna kopplade till "piping"/erosion. SSM ser positivt på att SKB har genomfört och planerar att genomföra en serie försök för att testa "piping" och erosion i såväl bufferten som återfyllnaden.

SSM anser att SKB bör motivera sitt nya kriterium för högsta tillåtna vatteninflödesvolym för "piping"/erosion (150 m^3 vatten genom ett deponeringshål under buffertens hela bevätningstid) (SKB, 2009, sid. 26). SKB bör förklara inverkan av andra faktorer förutom total vattenvolym, såsom flödes hastighet och grundvattentryck.

Beträffande processer kopplade till vattenmättnadsförloppet se även SSM:s bedömning i avsnittet 6.8.4 vattentransport vid omättade förhållanden.

6.8.7. Mekaniska processer

SKB:s redovisning

SKB anser att förståelsen för processerna vid den mekaniska växelverkan mellan buffert och kapsel efter vattenmättnad är relativt god. Osäkerheter kvarstår huvudsakligen kring bevätningens jämnhet, deponeringshålets ojämnheter och tryckuppbyggnaden vid eventuella gasbildningar. En annan osäkerhet är kryprorelser hos kapseln orsakade av kapselns tyngd.

Svälltrycksmätningar på bentonit efter brytning av återtag- och Lot-försöken visade att de fältförhållanden och höga temperaturer som bentoniten utsatts för inte har påverkat svällningsförmågan.

SKB har genomfört modelleringar av bentonitutträngning i KBS-3H (Börgesson m.fl., 2005), av homogeniseringen i återtagsförsöket, av buffertuppsvällning mot återfyllnad (Börgesson och Hernelind, 2009; Åkesson m.fl., 2010), samt av självläkningsförmågan hos olika återfyllnadsmaterial efter att kanalbildning och erosion uppstått (Johannesson och Nilsson, 2006; Johannesson m.fl., 2010).

SSM:s bedömning

SSM instämmer med SKB att det finns en relativt god förståelse för mekanisk växelverkan mellan buffert och kapsel efter vattenmättnad. SSM ser positivt på de omfattande arbetsinsatserna som har genomförts inom området.

SSM vill poängtera att de allra flesta försök som har genomförts av SKB fokuserar endast på lermaterialets initiala egenskaper. SSM anser därför att SKB bör utreda utvecklingen hos de mekaniska egenskaperna som en följd av geomekansk och geokemisk växelverkan under långa tider exempelvis under förändrade förutsättningar som klimatutveckling. Detta gäller för växelverkan mellan leran och såväl komponenter i grundvatten som korrosionsprodukter av koppar och järn.

SSM anser att SKB bör utreda mer ingående inverkan av grundvattenkemi (framför allt jonstyrka) på lermaterialets elastiska-, plastiska- samt viskösa egenskaper.

6.8.8. THM-utveckling under vattenmättnadsfasen

SKB:s redovisning

SKB anser att kopplingen av THM-processerna under mättnadsfasen inte är avgörande för slutförvarets säkerhet, men viktig för förståelsen av hur

bufferten beväts, sväller och homogeniseras under inverkan av temperaturförändringar. Den är också viktig för förståelsen och utvärderingen av fältförsöken vid Äspölaboratoriet.

Kopplade THM-processer under vattenmättnadsfasen och deras samverkan med berget, kapseln och återfyllningen har studerats genom utveckling av materialmodeller, modellering av olika försök och scenarier, genom mätning av THM-processerna i storskaliga försök i fält samt genom laboratorieförsök i liten skala.

Resultaten från ett antal försöksserier visar att blocken spricker under installationsfasen, dels under höga temperaturgradienter, dels när vatten börjat tränga in i pelletsspalten i KBS-3V och när blocken i KBS-3H utsätts för hög relativ humiditet (Sandén m.fl., 2008). SKB bedömer att konsekvenserna av uppsprickning av blocken kan vara allvarliga. Den begränsar tiden som blocken kan exponeras innan återfyllningen placerats och den tillåtna omfattningen av inflödet i deponeringshålen.

Modelleringsresultat visar att återfyllnadsmaterialet inte kommer att homogeniseras fullt ut (Åkesson m.fl., 2010). Anledningen till ofullständig homogenisering är friktion i återfyllningsmaterialet och hysteres-effekter under svällnings och kompressionscyklerna.

För att förbättra modellens generalitet eftersträvas ytterligare teoretisk utveckling inom området. Flera laboratorieförsök samt uppföljning och brytning av "*Temperature Buffer Test*" (TBT) experiment i Äspölaboratoriet och prototypförvaret har också planerats. Dessutom kommer laboratorieförsöken och modelleringsberäkningarna att uppdateras för nya material som kan komma att användas för återfyllnaden.

Enligt SKB är målet med det planerade arbetet att kunna beskriva vattenmättnadsförloppet hos det samverkande systemet buffert, återfyllning, plugg och berg. Följande punkter anses ha särskilt stor betydelse:

- att utreda olika scenarier för vattenmättnad av återfyllningen som funktion av pluggarnas täthet,
- att undersöka möjlig omfattning av omfördelningen av material,
- att ta fram mer praktiskt tillämpbara konstruktionsförutsättningar genom att utvärdera kravet på inflöde till deponeringshål och kravet på inflöde till deponeringstunnlar samt kombinationen av dessa.

Remissinstansers synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att SKB på sidan 302 i Fud-rapporten påstår att: "Kopplingen av THM-processerna under mättnadsfasen är inte avgörande för slutförvarets säkerhet, men viktig för förståelsen av hur bufferten beväts, sväller och homogeniseras under inverkan av temperaturförändringar. Den är också viktig för förståelsen och utvärderingen av fältförsöken i Äspölaboratoriet."

Föreningarna anser att detta är ett väldigt konstigt påstående. Om leran förstörs under denna fas påverkas naturligtvis den långsiktiga miljö-säkerheten. Men SKB:s modeller antar bara att mättnaden av lera ska äga rum som om det vore en absolut sanning som inte behöver stödjas experimentellt. Det saknas enligt föreningarna dessutom referenser till resultatet av det projekt som benämns FT EBS ("Äspö Task Force on Engineered Barrier System"). Föreningarna ställer frågan vad detta är för projekt och om det finns rapporter och minnesanteckningar från projektmöten, även om dessa endast anses vara interna.

Östhammars kommuns konsult Pereira konstaterar beträffande THM-utveckling under vattenmättnadsfasen att om temperaturen på ytan av kopparkapseln tillåts vara över 100°C kommer också temperaturen i bentoniten närmast kapseln att vara över 100°C även om det finns en luftspalt mellan bentoniten och kapseln. I ett relativt torrt berg som i Forsmark kommer det att bildas ånga i spalten som genom naturlig konvektion cirkulerar i bentoniten och transporterar korrosionsämnen från berget till kapselns yta. Salter kommer att deponeras på ytan genom en mycket mer "effektiv" process än via diffusionen i vattenmättad bentonit (se SR-Can). Pereira anser därför att förutsättningarna för SKB:s beräkningar måste granskas igen och nya beräkningar göras (eventuellt också av SSM:s experter).

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör ytterligare öka kunskaperna angående fenomenet att bentonitblocken spricker. Vatten kommer att tränga in i pelletsspalten och om detta är allvarligt måste risker och konsekvenser utredas. Angeläget är också enligt Roos att ta fram krav på tillåtet vattenflöde förbi pluggen. SKB bör vidare redovisa vilka metoder man avser tillämpa för att säkerställa att tillåtet vattenflöde genom pluggen inte överskrids.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB ännu inte visat att de kopplade THM-processerna under mättnadsfasen saknar avgörande betydelse för slutförvarets säkerhet. SSM:s bedömning är att den initiala utvecklingen kan ha stor betydelse både för en framgångsrik installation av tekniska barriärer och för förvarets långsiktiga

säkerhet. Processer av stor betydelse är t.ex. ”piping”/erosion, förekomst av sprickor i buffertblock, utveckling av heterogena spänningar till följd av ojämn bevätning och materialomfördelning. Om en självläkning av de kanaler som ”piping”/erosion har medfört inte kommer till stånd kan följden bli geometriskt lokaliserad allmänkorrosion. Även Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) har framfört liknande synpunkter.

De individuella processer som ingår i THM-kopplingen har redovisats av SKB i andra avsnitt i kapitel 24 i SKB:s Fud-program 2010. Se även avsnitt 6.8.2, 6.8.4 samt 6.8.6 i denna rapport.

SSM instämmer med Östhammars kommuns konsult Pereira att värmeöverföringen genom luftspalten mellan kapseln och bufferten bör redovisas på ett bättre sätt. Se SSM:s bedömning under avsnitt 6.8.3, värmetransport, i denna rapport.

SSM instämmer med Östhammars kommuns konsult Roos att förekomst av sprickor i bentonitblocken bör utredas mer ingående.

SSM anser att SKB:s kopplade modelleringar är vetenskapligt välgrundade och att modelleringsresultat är trovärdiga. En bättre förståelse av växelverkan mellan de involverade processerna bör dock eftersträvas. SKB bör redovisa sina modeller på ett mer pedagogiskt sätt, med tydliga presentationer av konceptuella modeller, matematiska ekvationer som beskriver processerna i de konceptuella modellerna, numeriska implementeringar och lösningar av problem samt modelleringsresultat. Även matematiska representationer av kopplingar mellan processerna bör beskrivas tydligare i SKB:s redovisningar. Modeller för vattentransport vid omättade förhållanden bör vidare förbättras. (Se även SSM:s bedömning under avsnitt 6.8.4 i denna rapport.)

6.8.9. Diffusion

SKB:s redovisning

SKB använder samma materialmodell för bentonit för beskrivningen av jondiffusion som för beskrivningen av andra processer såsom frysning. Modelltillämpningen har resulterat i ett enkelt matematisk ramverk som beskriver diffusion för både negativt och positivt laddade joner samt för neutrala specier (Birgersson och Karnland, 2009).

Fortsatta teoretiska och laborativa studier kommer att genomföras med syfte att öka den grundläggande förståelsen för transportegenskaper i bentonit.

Utvärdering och vidareutveckling av befintliga reaktiva transportkoder med avseende på bentonit-specifika egenskaper kommer också att genomföras.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att SKB eftersträvar en ökad grundläggande förståelse för transportegenskaper i bentonit. SKB bör dock beakta hur det egna angreppssättet förhåller sig till andra alternativ, till exempel Maxwell-Stefans metod (Krishna och Wesselingh, 1997), och analysera om alternativ konceptuell förståelse skulle medföra konsekvenser för kärnbränsleförvarets långsiktiga säkerhet.

SKB bör utreda hur den nyligen föreslagna diffusionsmekanismen inverkar på massöverföring genom bentonit, kopparkorrosion samt radionuklidtransport.

6.8.10. Osmos

SKB:s redovisning

SKB anser att processen osmos är väl belyst med avseende på natriumdominerade system och vidare insatser inte är motiverade. För kalciumdominerade system är vissa ytterligare insatser planerade, eftersom beräkningsmetoden anses underskatta motjonskoncentrationen vid mineralytorna för tvåvärda joner, vilket i sin tur leder till en överskattning av trycksänkningen. SKB anser att det är väsentligt att säkerställa en riktig konceptuell bild och avser därför att fortsätta med mer avancerade modelleringsverktyg och tillämpa förbättrade teorier för att beskriva kalciumdominerade system.

Fortsatta molekylärdynamiska simuleringar av jonfördelningar i porvattnet planeras inom projektet TF EBS. Dessa resultat kommer att jämföras med grundläggande termodynamik och analytiska kontinuummodeller såsom Poisson-Boltzmann-beskrivningen.

För materialet i silon i SFR kan det vara av värde att göra ytterligare studier av hydraulisk konduktivitet och svälltryck som funktion av salthalt.

SSM:s bedömning

Osmos är ett viktigt kolloidkemiskt fenomen i ett system av bentonitlera och vatten som bestämmer många egenskaper hos bentonitleran. SSM instämmer med SKB att en bättre förståelse av egenskaper hos kalciumdominerade system är nödvändig. Dessutom ser SSM positivt på att SKB planerar arbete med molekylärdynamiska simuleringar av jonfördelningar i porvattnet samt av hur koncentrationsskillnader med en

extern lösning upprätthålls i jämvikt. Även de planerade ytterligare studierna av hydraulisk konduktivitet och svälltryck som funktion av salthalt för materialet i silon i SFR bedöms som värdefulla.

6.8.11. Jonbyte/sorption

SKB:s redovisning

SKB har studerat jonbytesjämvikten mellan kalcium och natrium i ren montmorillonit som funktion av densitet (Birgersson m.fl., 2009). Resultaten visar att det inte finns större skillnader för selektivitetskoefficienten. Vidare har SKB demonstrerat hur svälltrycket sjunker med ökande kalciumfraktion i bentonit med en lägre densitet samt hur svälltrycksförändringen som funktion av kalcium/natrium-förhållandet är termodynamiskt reversibel.

SKB:s konsulter Wersin m.fl. (2008) har sammanställt experimentellt uppmätta jämviktskonstanter för jonbyte- och sorptionsreaktioner med Fe(II). SKB:s konsulter Birgersson m.fl. (2009) har visat i laboratoriestudier av montmorillonitgeler att gelbildningsförmågan beror på mängden positiv laddning på montmorillonitflakens kanter.

Dessutom har SKB ett program att mäta svälltryck och hydraulisk konduktivitet i Cu(II)-jonbytt montmorillonit.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s arbete med jonbyte och sorption bör utvidgas och omfatta de specier som kan förekomma i kärnbränsleförvarets miljö och som kan ha stor betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet, till exempel tvåvärt och trevärt löst järn, envärd och tvåvärd löst koppar, samt andra ämnen som ammonium. Dessutom bör SKB utreda växelverkan mellan jonbyte/sorptionsprocesser och andra geokemiska processer såsom järn- och kopparkorrosion samt mikrobiologiska processer som involverar olika kväveföreningar. Ammonium har till exempel en mycket hög jonbytes selektivitetskoefficient.

SSM anser att SKB bör studera kopplingen mellan elektrostatisk växelverkan och selektivitet i ett system med högt laddade partiklar och en lösning av låg elektrolytkoncentration (Apted m.fl., 2010, sid. 31).

6.8.12. Montmorillonitombildning

SKB:s redovisning

SKB har studerat ytterligare bentonit från försökspaket A2 i Lot-serien som har varit utsatt för accelererade förhållanden (maxtemperatur 130 °C)

(Karnland m.fl., 2009). En liten men signifikant ökning av jonbyteskapaciteten i de varmaste delarna har observerats. Ökningen är korrelerad med en ökning av magnesiumjoner i leran. Även mindre reologiska förändringar har uppmätts i de varma delarna (cementering). Inverkan av olika metaller (järn, titan, koppar) på bufferten har studerats inom ramen för KBS-3H projekten.

Långtidsreaktioner mellan naturlig bentonit och hyperalkaliska vatten har studerats av SKB tillsammans med Posiva (Finland) och NDA (Storbritannien). Växelverkan mellan cement och leror har utretts i EU-projektet ECOCLAY-II (Gaucher m.fl., 2005). Kemisk växelverkan mellan betongbarriärer och bentonit har modellerats med kopplade kemi- och transportmodeller för SFR 1 (Gaucher m.fl., 2005; Cronstrand, 2007).

SKB planerar att studera möjligheterna för omvandling vid torra förhållanden genom en litteraturstudie och eventuellt ett laboratorieprogram. SKB planerar också att undersöka reaktioner mellan låg-pH-cement och bentonit i ett nytt försök i Äspö. Dessutom kommer SKB att utreda interaktionen mellan betong och cement av olika slag (OPC, sulfatresistent och låg-pH-cement) och bentonit inom projektet långtidsbeständighet hos cement.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör redovisa konsekvenserna av att montmorillonitens egenskaper förändras vid pH 13. Vidare bör SKB enligt Roos studera konsekvenserna av injekteringsbrukets förmåga att sprida sig långa sträckor i sprickor i bergmassan och kanske tränga in i bentonit på långa avstånd från injekteringsstället.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s studier av montmorillonitomvandling är ändamålsenliga och att en mycket bra förståelse av processerna har uppnåtts. SKB bör dock mer ingående studera interaktioner mellan bentonitlera och låg-pH-cement samt orsaker till den utökade jonbyteskapaciteten och de uppmätta reologiska förändringarna i Lot-försöket. Dessutom bör den genom hydrolys långsamma upplösningen av montmorillonit och dess inverkan på materialets långsiktiga omvandling studeras (Savage m.fl., 2010).

6.8.13. Järn-bentonit interaktioner

SKB:s redovisning

Interaktionerna mellan buffertmaterial och två- och trevärt järn studerades i försöket alternativa buffertmaterial (ABM) vid Äspölaboratoriet. Det första

experimentpaketet (av totalt tre) bröts under våren 2009. Höga Fe(II)/Fe(III) kvoter jämfört med ursprungsleran uppmättes i området närmast värmaren av bentonitprov.

Fe(II)/Fe(III) kvoten i lerorna från ABM kommer att kvantifieras genom studier med XANES (*X-ray absorption near edge structure*) på synkrotronen MAX-lab i Lund. Test av svälltryck, hydraulisk konduktivitet samt karakterisering av mikrobiologiskt innehåll har påbörjats. För samtliga leror kommer katjonutbyteskapaciteten (CEC), utbytbara motjoner (EC) och vattenlösliga salter att bestämmas. Fasanalys med XRD kommer att utföras på bulkmaterialiet och omvandlingar av montmorillonit till illit att identifieras.

Remissinstansernas synpunkter

Uppsala universitet noterar att undersökningar av reaktioner mellan buffertmaterialen bentonit och kapsel vid förhöjda temperaturer framför allt har berört mineralogiska förändringar och resultaten visar att dessa är små.

Uppsala universitet rekommenderar vidare SKB att kvantifiera Fe(II)/Fe(III) genom synkrotronundersökningar.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s studier av järn-bentonit interaktioner är ändamålsenliga. SSM instämmer med SKB att orsaken till förekomst av området i bentonitprovet med hög Fe(II)/F(III)-kvot bör utredas vidare. Efter bestämningen av mineralogiska sammansättningar och fasformer hos järnet bör dess växelverkan med bentoniten samt dess påverkan på buffertens långsiktiga utveckling belysas. Även möjligheten av jonbyte av järnkatjoner mot andra motjoner bör studeras.

Förutom järn-bentonit interaktioner anser SSM att SKB även bör studera växelverkan mellan korrosionsprodukter från kopparkapseln och bentonitbufferten. SKB bör utreda den kemiska sammansättning av koppar som initialt korroderas med kvarvarande syre och senare med reducerande ämnen såsom sulfider i bufferten. Dessutom bör SKB belysa om interaktionerna mellan kopparkorrosionsprodukter och bentonit möjligen kan medföra lägre koncentrationer av kopparjoner i bentonitporvatten i jämförelse med koncentrationer av kopparjoner i jämvikt med sekundära kopparmineral. Detta skulle i så fall kunna påverka korrosionsförloppet. Inverkan av korrosionsprodukterna på buffertens långsiktiga geokemiska, kolloidkemiska samt geomekaniska egenskaper bör vidare utredas.

6.8.14. Cementering

SKB:s redovisning

SKB har uppmätt mindre reologiska förändringar i försökspaket A2 i Lot-serien. Till följd av detta har SKB genomfört en omfattande studie för att undersöka cementeringen som identifierades i försökspaket A2 i Lot-serien (Dueck, 2010). SKB har noterat en likartad cementeringseffekt i Lot-materialet i laboratorieförsök redan efter värmeexponering (150–200 °C) under 24 timmar.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör redovisa risken för och konsekvenserna av cementering, både vad gäller förhöjd hydraulisk konduktivitet och förhöjd skjuvhållfasthet. Det måste visas att kapseln klarar skjuvlasten från en bergrörelse även om bentoniten inte har den dämpande funktionen utan för över lasten till kapseln.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har genomfört nya tester för att utreda inverkan av cementering på buffertens geomekaniska egenskaper. SSM anser att SKB bör utreda cementeringens beroende av den utsatta temperaturen och motivera den utvalda säkerhetsfunktionsindikatorn avseende maximal temperatur på 100 grader Celsius. Dessutom bör SKB studera om cementeringen även kan påverka buffertens geokemiska egenskaper. Liknande synpunkter har framförts av Östhammars kommuns konsult Roos.

6.8.15. Kolloidfrigörelse/erosion

SKB:s redovisning

SKB har genomfört ett omfattande projekt (*Bentonite Erosion*) för att studera erosion av bentonit i utspädda vatten. Inom projektet har SKB:s konsulter Neretnieks m.fl. (2009) utvecklat en dynamisk modell för bentonitgelsexpansion i sprickor som skär deponeringshålen samt vattenupptag under expansionen. Modellen baseras på en beskrivning av kraftbalans mellan och på smektitpartiklarna i bentoniten. Dessutom har modellen framgångsrikt testats mot experiment. SKB:s kvantitativa modell för buffertens kemiska erosion baseras på en kombination av den dynamiska modellen med en annan modell för viskositeten hos utspädda geler. Modelleringsresultat visar att massförlusten av buffert kan bli hög under de mest ogynnsamma förhållandena. Resultaten beaktas i SR-Site för att kvantifiera bentoniterosion under förhållanden med utspädda grundvatten.

SKB:s konsulter Birgersson m.fl. (2009) har också använt en alternativ modell baserad på effektivspänningsteori för att bedöma bl.a. längden som bentoniten kan tränga ut i sprickorna. Modellen baseras delvis på empiriska uttryck för hydraulisk konduktivitet utgående från laboratorieförsök och delvis på reologiska mätningar.

SKB:s konsulter Jönsson m.fl. (2009) har genomfört en studie med Monte Carlo simuleringar av lera-vattensystemet för att studera jonslagets betydelse för svällningen.

Inom projekt "Bentonite Erosion" har en mängd laboratoriestudier genomförts (t.ex. Birgersson m.fl., 2009), inklusive en studie med NMR (*Nuclear magnetic resonance*) för att studera svällning av olika leror under olika förhållanden (Dvinskikh och Furó, 2009). Även möjligheten att stoppa kolloidfrigörelse med naturliga eller konstgjorda filter har undersökts (Richards, 2010).

SKB anser att trots stora insatser ger resultaten från projekt "Bentonite Erosion" ingen klar och tydlig bild över hur processen kan kvantifieras. Den modell som presenteras i Neretnieks m.fl. (2009) bygger i princip på ett rent Na-system och överskattar troligtvis erosionen. För att i kommande säkerhetsredovisningar få mer realistiska, mindre konservativa resultat, är det därför viktigt att fortsätta med ytterligare studier inom området.

SKB anser dessutom att det fortfarande finns osäkerheter om hur kalcium påverkar processen särskilt i blandade Na/Ca-system. Ett doktorandprojekt har därför startats med syftet att bygga upp en modell som kan beskriva svällning och erosion hos kalciumbentonit.

Dessutom kommer ytterligare försök med erosion i spalter med olika vidder att genomföras. Dessa kommer att kombineras med försök med olika flöden för att avgöra flödes hastighetens betydelse för processen.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att SKB:s forskning rörande buffererosion måste granskas extra noga eftersom arbetet sker i väldigt slutna kretsar. Föreningarna känner till att SSM har ett pågående arbete med denna fråga, men det kan vara värt att göra en extra revision för att se hur SKB har kvalitetssäkrat sitt arbete och samtidigt se till att få ta del av allt internt material.

Beträffande kolloidfrigörelse/erosion noterar Östhammars kommuns konsult Pereira att SSM i sin granskning av säkerhetsanalysen SAR-08 påpekar att SKB bättre bör underbygga huvudscenariot som grund för bedömning av

kravuppfyllelse gentemot SSM:s riskkriterium. Eftersom SFR och kärnbränsleförvaret ligger i samma geografiska område kommer utsläppet för den första tiden att ingå i den totala riskbilden för Forsmarksområdet. Därför är det enligt Pereira viktigt att SKB tar till sig SSM:s önskan om SFR:s huvudscenarie under Fud-perioden.

Pereira noterar vidare att trots stora insatser från SKB ger resultaten från projekt "Bentonite Erosion" ingen klar och tydlig bild över hur processen kan kvantifieras. Pereira anser att det är positivt att SKB kommer att satsa kraft och resurser på en fråga som eventuellt ändå kan lösas på teknisk väg men utan en detaljerad matematisk förståelse om de underliggande processerna. Det krävs dock enligt Pereira många praktiska tester, både i Bentonitlaboratoriet och i Äspölaboratoriet.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att SKB har tagit initiativ och satsat på det omfattande forskningsprojektet "Bentonite Erosion". SSM anser att mycket betydelsefulla resultat har tagits fram inom projektet och att SKB:s förståelse av processen har blivit betydligt fördjupad.

SSM instämmer med SKB att buffertens kemiska erosion är en viktig process i kärnbränsleförvarets långsiktiga utveckling som har stor betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet. Den är en av de två identifierade processer i SKB:s tidigare säkerhetsanalys SR-Can (den andra är jordskalv) som kan leda till kapselbrott inom en miljon år. Med hänsyn till att erosionen kan påbörjas så tidigt som efter den första större glaciationen (som kan inträffa efter ca 60 till 70 tusen år) och kan äventyra integriteten av en teknisk barriär i ett flerbarriärssystem, anser SSM att det är viktigt att SKB har en tillräckligt djup förståelse av processen samt att välgrundade konsekvensanalyser kan formuleras för fallet med helt eller delvis eroderad buffert (Apted m.fl., 2010).

SKB bör eftersträva att modelleringar av buffertens kemiska erosion är internt konsistenta. Förekomsten av ännu ej klarlagda grundläggande skillnader mellan såväl antaganden som resultat från olika modeller inom bufferterosionsprojektet kan komma att försvåra bedömningen av om förståelsen av processen är tillräckligt djup och om kvantifieringen av processen kan anses vara konservativ eller inte. SSM ser positivt på att SKB planerat att fortsättningsvis utreda olika aspekter av erosionsprocessen, såsom inverkan av kalcium, samt att genomföra fler mer noggrant kontrollerade försök. SSM anser att SKB vidare bör eftersträva en fortsatt utveckling av den matematiska modelleringen av kemisk erosion som avser mer realistiska system.

SKB bör också vidare studera inverkan av buffererosion på andra säkerhetsfunktioner i barriärsystemet. Ett exempel på en särskilt viktig fråga är om vätgashalten kan upprätthållas på den nivå som krävs för att ha effekt på bränsleupplösning när bufferten eroderas. Se även avsnitt 6.6.4 och 6.8.5 i denna rapport.

Andra relaterade frågor som SSM bedömer vara intressanta är ifall

- kolloider som bildas direkt från aktinider (möjligen även från andra radionuklider) och som inte filtreras kan transporteras snabbare ut ur kärnbränsleförvaret och därmed påverka radionuklidtransportberäkningarna
- mikrobiella processer som sker intill kapseln eller direkt på kapselns yta kan ha stor betydelse för allmän korrosion (Apted m.fl., 2010).
- bortförsel av uran sorberad på kolloidpartiklar kan påverka bränsleupplösningen.

6.8.16. Strålinducerad montmorillonit-omvandling

SKB:s redovisning

Enligt SKB kan joniserande strålning bryta ned montmorillonit i bufferten som kan leda till en minskning av montmorillonithalten samt en förändring av bentonitens egenskaper. Experiment har emellertid visat att den ackumulerade stråldosen, som bentoniten kommer att utsättas för i ett slutförvar, inte orsakar några mätbara förändringar av montmorillonithalten eller bentonitens egenskaper. Hanteringen av denna process i säkerhetsanalysen SR-Site baseras på detta underlag och underlaget användes även i Andra:s säkerhetsanalys i det franska programmet. Inga ytterligare studier planeras inom området.

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga vetenskapsakademien och Kungliga Tekniska högskolan (KTH) noterar att SKB hävdar att direkteffekterna av joniserande strålning är försumbara och att kapselns väggtjocklek är tillräcklig för att effekten av gammaradiolys på utsidan ska bli försumbar. Doseraten på kapselns utsida anges till 0,5 Gy/h. Då det finns studier som visar att montmorillonit-kolloiders stabilitet ökar efter bestrålning i vatten kan det vara lämpligt att utreda om det finns andra effekter på bentonit/vatten. KTH ställer också frågan hur t.ex. den kompakterade bentoniten påverkas liksom de mekaniska egenskaperna och även hur svällningsprocessen (och bentonit-erosion) påverkas.

Beträffande strålinducerad montmorillonitomvandling frågar sig Miljörelsen kärnavfallssektariat, Milkas, representant Hultén på vilka grunder SKB baserar sitt konstaterande att ”stråldosen” inte kommer att påverka bentoniten när man inte anger vilken ”ackumulerad stråldos” det handlar om. Handlar det om en dos som börjar tillföras på 1 000 års sikt eller på 100 000 års sikt, eller strålningen från successiva kapselbrott med början kort tid efter förvarets tillslutning? Ytterligare frågor från Hultén är hur dosen har skattats och när i bentonitens mognadsprocess stråldosen inträffar. Inträffar den efter det att bentoniten svällt eller innan jämviktsförhållandet etablerats? Milkas anser inte att SKB:s bedömning är fel men problemet är enligt Hultén, att SKB inte underbygger sin slutsats.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör bättre redovisa frågan om strålinducerad montmorillonitomvandling. I Fud-program 2010 har inga referenser citerats, vilket försvårar SSM:s bedömning.

Dessutom anser SSM att SKB bör ta hänsyn till KVA/KTH:s samt Milkas (Hulténs) synpunkter om strålningens effekter på bentonit/vatten samt osäkerheter i samband med dosuppskattningen.

6.9. Geosfären

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 25, geosfären, i Fud-program 2010. Redovisningen följer SKB:s kapitelindelning med undantag för avsnitt 6.9.10 i denna rapport som sammanfattar flera av SKB redovisade delkapitel.

6.9.1. Initialtillstånd för geosfären

SKB:s redovisning

SKB förklarar att analysen av den långsiktiga säkerheten för slutförvaret för använt kärnbränsle utgår från det tillstånd som råder då förvaret just förslutits. Det primära underlaget för att kunna bestämma detta initialtillstånd är resultaten från platsundersökningarna, detaljundersökningarna och bergarbetena.

SSM:s bedömning

Slutförvarets drift sträcker sig över flera decennier och åldersrelaterade förändringar och skador i anläggningen kan därmed komma att variera inom anläggningen vid förslutningstillfället. SSM anser att SKB bör studera hur det långa driftskedet kan komma att påverka initialtillståndet i anläggningens

olika delar. SSM anser vidare att erfarenheter från driften av SFR och Äspö bör kunna vara till nytta i detta sammanhang.

6.9.2. Översikt av processer

SKB:s redovisning

SKB redovisar en översikt av de processer som påverkar slutförvarets barriärer och grundvattentransporten av ämnen till och från slutförvarets närområde. För en närmare redovisning av programmet kopplat till dessa processer hänvisar SKB till de efterföljande kapitlen i Fud-programmet.

Remissinstansernas synpunkter

Sveriges geologiska undersökning anser att de insatser som genomförts och de slutsatser som dragits inom områdena berggrundsgeologi och grundvattenmodellering i huvudsak är relevanta och väl underbyggda.

SSM:s bedömning

SSM saknar i SKB:s redovisning hur urvalet av processerna i detta avsnitt kopplar till tabell 17-1 i Fud-programmet (sida 196) som redovisar en översikt av processerna samt storleken av planerade insatser. SSM noterar att det saknas hänvisningar till forskningen kring erosionsrelaterade processer som beskrivs i klimatavsnittet.

6.9.3. Värmetransport

SKB:s redovisning

SKB redovisar resultaten som uppnåtts när det gäller uppskalning av värmeledningsförmåga från laboratorieskala till relevanta skalor, korrelation mellan värmeledningsförmåga och bergarternas densitet samt modellering av temperaturutveckling runtomkring kapseln som tar hänsyn till vattenmättnad och spalten runt bentoniten. SKB har uppskattat och försökt begränsa osäkerheterna i temperaturberäkningarna genom att använda geostatistiska metoder som kopplar variationen hos värmeledningsegenskaper till de geologiska platsmodellerna. Minskade osäkerheter är till nytta vid dimensioneringen av kärnbränsleförvaret. SKB redovisar resultat från analyser av hur osäkerhetsmarginalen för temperaturen påverkar antalet kapslar med överskottstemperatur. Vidare redovisar SKB en studie som rekonstruerar uppmätta temperaturprofiler längs borrhål i Forsmark och Laxemar baserat på historiska klimatförändringar.

Remissinstansernas synpunkter

Uppsala universitet noterar att resultaten av hydrogeologisk modellering runt förvaret och värmeutvecklingen i det är starkt beroende av indata. SKB har bra kontroll på många parametrar ner till 1000 m djup, men saknar data från djupare nivåer. En viktig parameter är värmeflödet i området. Enligt universitetet anser värmeflödesexperter att det behövs mätningar i borrhål ner till minst 2 km djup för att få en pålitlig uppskattning av värmeflödet i ett område i Baltiska Skölden. Denna uppfattning delar Uppsala universitet med tanke på värmetransporten via advektion och effekterna av glaciationen i den översta kilometern. Ett djupt borrhål i Forsmarksområdet skulle enligt universitetet ge information om det verkliga värmeflödet, samt viktig information om salthalten i porvattnet på djupet, och bidra till att förstå bergspänningstillståndet på djupet.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har gjort ytterligare insatser för att minska osäkerhetsmarginalerna i den termiska dimensioneringen av kärnbränsleförvaret. Denna fråga har kommenterats tidigare i samband med myndighetsgranskningen av Fud-program 2007. SSM anser dock att SKB bör vidareutveckla fältmetoder för att på ett effektivt sätt kunna verifiera bergets termiska egenskaper.

6.9.4. Grundvattenströmning

SKB:s redovisning

SKB beskriver utförligt den nyvunna kunskapen sedan Fud-program 2007. SKB har genomfört ett stort antal modelleringsstudier av grundvattenströmningen i berg och jord inom ramen för den platsbeskrivande modelleringen. Inom ramen för SR-Site har SKB påbörjat ett antal studier som till största delen avrapporteras inför ansökan för kärnbränsleförvaret. Som underlag för platsvalsdiskussionen har SKB genomfört ytterligare studier kring storregionala flöden. Även inför säkerhetsredovisningen för SFR, SAR-08, genomförde SKB en rad studier. SKB har även tagit första stegen i grundvattenmodelleringen för ansökan om utbyggnad av SFR. Ytterligare studier har genomförts med det så kallade hyperkonvergenskonceptet.

I samband med utbyggnaden av SFR planerar SKB modellutveckling och modellstudier. Därutöver kommer SKB att genomföra studier för att besvara myndighetens synpunkter från granskningen av SAR-08.

I samband med kärnbränsleförvaret planerar SKB att studera förutsättningarna för att koppla geokemiska processer till ConnectFlow

modellen. SKB vill därutöver förutsättningslöst gå igenom erfarenheterna med kalibreringen av spricknätverksmodeller med flödesloggdata och pröva olika framkomliga vägar för att förbättra metodiken. Vidare planerar SKB studier av den hydrauliska interaktionen mellan berg och bentonit vid ett deponeringshål. Planer finns även på att studera effekten av bergspänningar på vattengenomsläppligheten med kopplade hydrauliska-mekaniska modeller. Studier kring flöden under framtida kalla klimat planeras vilka också innefattar viss modellutveckling. Slutligen planerar SKB att utveckla metodik och experiment och utvärdering av dessa för detaljundersökningsprogrammet.

Remissinstansernas synpunkter

Aktionsgruppen för ett atomkraftsfritt Åland och Ålands natur och miljö r.f. anser att för- och nackdelarna med en kustnära lokalisering av slutförvaret för använt kärnbränsle borde utredas ytterligare.

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Mörner framhåller att SKB inte har beaktat effekter och konsekvenser av geoiddeformationer med tiden.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att det hänvisas till en ny studie, men att referensen (25-33 i Fud-rapporten) är felaktig och att det därför inte går att se hur underbyggda resonemangen som förs i avsnittet är. SKB har meddelat Strålsäkerhetsmyndigheten och MKG att den riktiga referensen heter "Ericsson m.fl., Storregional grundvattenmodellering – en känslighetsstudie av några utvalda konceptuella förenklingar, SKB R-10-43" och rapporten är planerad för publicering i samband med att ansökningarna inlämnas. Det finns därför enligt föreningarna inget underlag att bedöma behovet av fortsatt forskning inom området, men med tanke på hur kärnavfallsbolaget styrt publicering av tidigare resultat från forskning inom området finns det starka skäl att tro att det kommer att behövas betydande fortsatt forskning för att kunna bedöma vikten av denna fråga för platsvalet.

Sveriges geologiska undersökning nämner att grundvattenutströmning under havsytan (på engelska "submarine groundwater discharge", SGD) är en faktor att beakta vid grundvattenflödesmodellering med platsspecifika data för ett område vid kustlinjen som t.ex. Forsmark. Modellen har enligt SGU på flera sätt kunnat kalibreras genom jämförelse med olika typer av fältobservationer, dock inte med avseende på SGD, vilket man bör komplettera med. Osäkerheten vad gäller SGD har bl.a. berörts i en SKB-referens. Osäkerheten kan avse både arealer och specifika flöden och om huvuddelen av SGD sker diffust över stora ytor eller lokalt i form av diskreta kanaler. Vid SGU:s nyligen avslutade, kompletterande maringeologiska undersökningar utanför Forsmark tyder preliminära resultat på förekomsten

av s.k. pockmarks i bottenytan, vilket kan indikera diskreta utlopp för grundvatten och eller gas. Områden med pockmarks finns för övrigt sedan tidigare beskrivna från flera platser i Stockholms skärgård.

Sveriges geologiska undersökning noterar också att vid grundvattenflödesmodellering för olika scenarier i 100 000 års-perspektivet bör även fall med hastiga och stora havsnivåsänkningar, analogt med vad som skedde vid Baltiska Issjöns tappning, ingå, varvid tillfälliga men stora hydrostatiska tryckskillnader kan uppträda, vilket kan tänkas påverka t.ex. jordlagerföljden och därmed också den ytnära grundvattenströmningen. Vid SGU:s maringeologiska kartläggning i södra Östersjön har flera submarina skred observerats i den glaciala leran av Baltiska Issjöns ålder. I samtliga observerade fall är bottenytans lutning mycket liten och i samtliga fall är glacialleran underlagrad av glacifluvialt material. En hypotetisk förklaring till skreden kan vara det hydrostatiska övertryck som grundvattnet i det glacifluviala materialet får relativt det omgivande havsvattnet när vattenytan hastigt sänks drygt 20 m.

Östhammars kommuns konsult Pereira noterar att centralområdet kommer att återfyllas med krossat berg som kompakteras. Återfyllningen är här inte lika tät. Konsekvenserna av en högre hydraulisk konduktivitet här (dvs. större vattenflöde) bör belysas i den kommande SR-Site analysen.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s program under kapitel grundvattenströmning generellt sett är ändamålsenligt och ger en översiktlig bild av de frågeställningar som SKB anser behöver belysas ytterligare. Myndigheten noterar att SKB har uppmärksammat kommentarerna som lämnades på Fud-program 2007 avseende provning och verifiering av hydrogeologiska modeller, hantering av variabiliteten i sprickapertur, storregional grundvattenmodellering och kopplingar mellan grundvattenströmning i jord och berg. Vidare noterar myndigheten att SKB har hanterat kommentarerna som lämnades vid granskningen av SAR-08.

SSM ser positivt på att SKB har fortsatt arbetet med att ta fram underlag för SR-Site och avslutat den platsbeskrivande modelleringen. Referenserna till SR-Site är inte tillgängliga i skrivande stund varför myndigheten inte detaljerat kan kommentera innehållet som en del av Fud-granskningen. SSM kan exempelvis inte bedöma om ytterligare insatser kring modelleringen av storregional grundvattenströmning kan vara påkallade. Även Naturskyddsföreningen och MKG påtalar att myndigheten inte kan bedöma om ytterligare studier kan vara behövliga baserat på SKB:s redovisning i Fud-program 2010.

Detaljerade synpunkter på SKB:s grundvattenflödesmodellering inom platsundersökningarna har tidigare tagits fram av expertgruppen INSITE (Chapman m.fl., 2010, Geier, 2009ab, INSITE 2009abcd). SSM har dock ännu inte formellt tagit ställning till dessa synpunkter i avvaktan på det fullständiga underlaget i SKB:s kommande ansökan.

Myndigheten ser positivt på att SKB har påbörjat hydrologiska studier inför utbyggnaden av SFR och för att hantera de kommentarer som myndigheten gav i samband med granskningen av säkerhetsredovisningen för SFR, SAR-08. Myndigheten anser att det är betydelsefullt att kopplingarna mellan tillgängliga data, konceptuella modeller och parametriseringen av modellerna diskuteras på ett tydligt sätt. Erfarenhetsutbyte mellan projekten för SFR och kärnbränsleförvaret, exempelvis gällande DFN modellering, är en angelägen fråga.

SSM ser positivt på att SKB planerar att ytterligare undersöka hur DFN modeller kan genereras och parametriseras för att bättre återspegla de verkliga hydrogeologiska förhållandena. Myndigheten anser att frågan om den av SKB förmodade överskattningen av flödena i modellerna bör utredas mera för att förbättra förståelsen av systemet. Resultaten som pekar på att utvärdering av borrhålstester ger lägre transmissiviteter än konditionering av hydrologiska DFN modeller (Frampton och Cvetkovic, 2010) är exempel på intressanta resultat i detta sammanhang. Myndigheten anser att SKB bör jämföra storleken på osäkerheterna som de beskrivna begräsningarna i Terzaghi korrektionen medför med andra osäkerheter och överväga att angripa frågan om osäkerheter från ett bredare perspektiv. SSM anser därutöver att SKB bör studera modellering av flöde genom nätverk av kanaler för att utröna konceptuella osäkerheter i flödesberäkningar med spricknätverks- och kontinuummodeller. SSM noterar att slutsatserna i studien av hyperkonvergenskonceptet (Black och Barker, 2007) förefaller vara baserade på generiska modelleringar.

SSM delar SGU:s uppfattning att grundvattenutströmning under havsytan bör beaktas av SKB vid grundvattenflödesmodelleringar.

SSM ser positivt på SKB:s planer att vidare studera den hydrauliska interaktionen mellan berg och bentonit vid ett deponeringshål. SSM anser att det är en intressant fråga hur bergspänningar inverkar på vattengenomsläppligheten. SSM saknar i redovisningen hur THM projekten som planeras i kapitel 25.3.2, integrerad modellering – THM utveckling, relaterar till hydroprojekten. Kopplingar till projektet om Q_{ekv} i kapitel 24.2.25, radionuklidtransport – diffusion saknas likaså.

SSM anser det vara angeläget att SKB fullföljer planerna att konceptualisera flödesmodeller under perioder med inlandsis och permafrost utgående från resultat från Grönland analogi projektet. Myndigheten ser positivt på att SKB planerar utveckling av metoder för detaljundersökningsprogrammet som även har kommenterats under kapitlet teknikutveckling berg (avsnitt 5.8.2 i denna rapport).

SSM anser att frågan om hydrauliska egenskaper av den sprängstörda zonen (EDZ) är betydelsefull. SKB bör utvärdera och redovisa dess effekt för flöde och transport under glaciala förhållanden. SSM noterar att den preliminära studien som konstruktionsförutsättningarna (SKB, 2009) rörande EDZ och deponeringshålen baseras på, Joyce (2008), inte är publicerad än och ställer sig frågande till att studien verkar utgå från förhållandena i Laxemar. Studien av Geier (2008) pekar på att EDZ kan vara en viktig transportväg i Forsmark.

SSM delar Östhammars kommuns konsult Pereiras synpunkt att konsekvenserna av högre hydraulisk konduktivitet i det förslutna centralområdet i kärnbränsleförvaret bör belysas.

SSM anser liksom vid tidigare Fud-program granskningar att SKB bör bedriva insatser för att stärka de hydrogeologiska modellernas trovärdighet. Exempel på betydelsefulla frågor är uppskalning av parametrar från mätdata, överföring av randvillkor i komplexa modeller samt hydro-DFN modellernas validitet och deras resultats relevans för olika avnämare.

SSM saknar en redovisning av SKB:s planer på att ställa krav på ett respektavstånd mellan undersökningsborrhål och deponeringshål och andra delar av slutförvarsanläggningen för att exempelvis undvika att hålen kortsluter grundvattenströmningen till ytan.

6.9.5. Rörelser i intakt berg

SKB:s redovisning

SKB redovisar resultat från fältförsöket CAPS (Glamheden m.fl., 2010) i vilket effekten av mothållande tryck i ett antal borrhål med 500 mm diameter i en uppvärmd bergvolym i Äspölaboratoriet studerades. Försöken tyder på att det mottryck som lecakulor gav upphov till i borrhålen begränsade spjälkning och uppkomsten av en starkt genomsläpplig zon. Därutöver hänvisar SKB till att det har genomförts studier om spänningsinducerade mikrosprickor i borrhärnor.

SKB planerar att medverka i Posivas projekt POSE som syftar till utvecklingsarbete inom området spjälkning. I nuläget bedömer SKB att spjälkning endast har en begränsad betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet, men slutsatserna från SR-Site kan förändra denna bedömning och därmed ambitionsnivån för den fortsatta forskningen.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s fortsatta utvecklingsarbete i samarbete med Posiva när det gäller spjälkning och vill framhålla att SKB bör ta hänsyn till platsspecifika situationen i Forsmark i detta arbete. SSM anser vidare att det är positivt att SKB har en beredskap för att resultat från SR-Site kan komma att leda till behov av vidare studier. Därutöver anser SSM att SKB bör göra ytterligare insatser för att visa att CAPS försökets resultat kan överföras på fullstora deponeringshål i bergförhållandena som råder i Forsmark. SSM anser därutöver att SKB bör studera inverkan av spricknätverkets geometri på spjälkningen och dess konsekvenser för säkerhetsanalysen.

En av SSM finansierad studie (Backers och Stephansson, 2008) pekar på att det skulle kunna uppträda dragsprickor runt kapselhålen vid fullt bentonitsvälltryck så länge temperaturspänningarna inte är fullt utvecklade. SSM anser att SKB bör beakta dessa resultat i sitt fortsatta arbete.

SSM noterar att SKB inte redovisar några planer på att försöka minska osäkerheterna i bergspänningsmodellen för Forsmark. SSM anser att SKB bör göra fortsatta ansträngningar för att minska dessa osäkerheter. Myndigheten anser vidare att SKB bör följa upp de tidigare ansatserna som förefaller ha gett lovande resultat för Laxemar (Mas Ivars och Hakami, 2005; Hakami, 2006; Hakami och Min, 2009). SSM anser därutöver att SKB bör studera hur bergspänningsmodellerna för slutförvarets närområde förhåller sig till de storskaliga spänningsmodellerna som används för att beräkna spänningarna under en glacial cykel (Lund m.fl., 2009). SSM noterar att det i Fud-redovisningen saknas referenser till studien om spänningsinducerade mikrosprickor i borrhärnor.

6.9.6. Termisk rörelse

SKB:s redovisning

SKB redovisar att de termomekaniska analyserna har vidareutvecklats så att hänsyn kan tas till olika deponeringsområden och deponeringssekvenser. SKB framhåller att de analytiska lösningarna har bekräftats med numeriska resultat. Därutöver har SKB gjort ytterligare analyser i samband med utvärderingen av prototypförvaret som visar att de tangentiella spänningarna i deponeringshålen inte når upp till den nominella spjälkningshållfastheten i

berget. SKB:s litteraturstudier tyder på att den termiska expansionskoefficienten hos typiska bergarter uppmätt på obelastade prover kan användas för att bedöma termospänningarna under belastade förhållanden.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör genomföra modellstudier om propagering av befintliga sprickor samt initiering av nya sprickor i omgivande berg på grund av termiska spänningar runt deponeringshålen och deponeringstunnlarna. Exempelvis pekar den av SKI finansierade studien av Rutqvist och Tsang (2008) på att det finns risk för kontinuerliga dragbrott i väggarna för deponeringstunnlarna under den termala fasen. SSM anser därutöver att SKB bör göra ytterligare insatser för att minska osäkerheterna i beräkningarna av den termiska utvecklingen i närområdet.

6.9.7. Reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor

SKB:s redovisning

SKB redovisar resultaten från ett antal studier kring kärnbränsleförvarets statiska stabilitet och studier om jordskalvspåverkan. Inom SR-Site har jordskorpan stabilitetsutveckling under en glaciationscykel studerats med en tredimensionell modell för att ta fram randvillkor i ett regionalt perspektiv. SKB har genomfört studier om potentialen för hydraulisk spräckning, effekterna av jordskalv på förvarsbergets sprickor, förändringar i transmissiviteten i befintliga sprickor i slutförvarets olika skeden, termospänningar runt deponeringshål och deponeringstunnlar, samt studier om stabiliteten av ett plan med en uppsättning tunnlar liknande ett KBS-3 förvar.

SKB planerar för den kommande periodens arbete inom områdena strukturgeologi, seismologi och tektonik. SKB avser att öka förståelsen för dynamiska processer i jordskorpan med undersökningar om spänningstillståndet på djup större än en kilometer. Vidare planerar SKB att genomföra en ”multi-event-analysis” baserat på data från det nationella seismiska nätet för att förstå jordskalvmekanismer särskilt för djupa strukturer. SKB planerar därutöver att studera tredimensionella hastighetsstrukturer med hjälp av jordskalvstomografi. SKB avser att studera skalvplanens geometri baserat på data från Pärvie- och eller Skellefteåförkastningarna. Ett ytterligare projekt syftar till att mäta sentida rörelse på postglaciala förkastningar med hjälp av satellitradarteknik (dInSAR). SKB redovisar därutöver ett projekt för mätning och analys av deformationer i Forsmark med hjälp av GPS-teknik. SKB kommer att engagera sig i det svenska samt internationella

kontinentalborrningsprogrammet SDDP och PFDF som syftar till kunskapsuppbyggnad kring postglaciala förkastningar i norra Skandinavien.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att frågeställningar rörande risker med jordbävningar kopplade till storlek och frekvens saknas helt i forskningsprogrammet. Med tanke på hur viktig denna fråga är för slutförvarets långsiktiga säkerhet bör den utredas ytterligare och av experter som inte tidigare har arbetat för SKB.

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Nils-Axel Mörner konstaterar att SKB talar om ”reaktivering” (s. 334) och beskriver modellstudier för skalv på M 6 vilka sägs ge förskjutningar på mindre än 10 cm på avstånd 200 m och mer ”från skalvet” (man menar enligt Mörner antagligen epicenter). Från detta drar SKB enligt Mörner den ganska otroliga – och grovt förhastade – slutsatsen att dessa ”bedömdes som giltiga också för större skalv, till exempel skalv av magnituden sju”. Mörner anför vidare att om och om igen har han hävdatt att detta är totalt fel, närmast ”en geologisk oförskämndhet”. Mörner anser också att om SKB:s konsult Lund gjort några modellberäkningar som anger små rörelser, så hjälper detta inte SKB – vilket SSM bör uppmärksamma. Mörner påtalar att det alltid är verkligheten som gäller; det man ser och kan på i fält – inför detta material måste alla åsikter och modellberäkningar vika. Mörner anser vidare att det är fatalt, nästan pinsamt, att SKB inte tar till sig detta, som både är enkelt och fundamentalt. Mörner anger att hans egna observationer och dokumentationer har – till skillnad från SKB:s modeller – utsatts för en vid internationell expert-granskning både i fält och vad gäller publikationer.

Uppsala universitet citerar SKB:s text på s. 335 att ”Det övergripande målet har varit att ta fram randvillkor i ett regionalt perspektiv för bergspänningsutvecklingen i Laxemar och Forsmark under en glaciationscykel.” Universitetet konstaterar att om SKB:s övergripande mål var att ta fram randvillkoren i ett regionalt perspektiv bör större insatser ha gjorts att förstå strukturer utanför Forsmarksområdet. Exempel på områden som bör studeras är större deformationszoner i det närliggande Dannemoraområdet och de zoner som förmodligen ligger till havs öster om Forsmark. Detta är enligt universitetet viktigt när ”SKB planerar att öka kunskaperna om spänningstillståndet på djup större än en kilometer i den svenska jordskorpan” (s. 337) med numeriska och teoretiska modeller. Om forskningsfokus ligger på att förstå hur ett större jordskalv skulle påverka slutförvaret i Forsmark, spelar de regionala strukturerna i området enligt universitetet en viktig roll, eftersom ett större jordskalv kommer att ske längs en förkastning som är flera 10-tals kilometer lång. Uppsala universitet menar att en kartläggning av de regionala strukturerna därför är nödvändig. Dessutom behöver man enligt universitetet kunskap om hur spänningarna

förändras när man på ca 2 km djup går ur linsen. Djupborrning i området är enligt universitetet kanske nödvändigt för att få svar, det räcker inte med numeriska eller teoretiska modeller.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SSM bör, med egen och oberoende expertis, särskilt bedöma om det är trovärdigt, som SKB påstår, att skjuvrörelsen med god marginal underskrider kapselskadekriteriet. SSM bör också särskilt redovisa om SSM har samma uppfattning som SKB att kunskapsnivån angående betydelsen av framtida jordskalv är tillräcklig.

Roos noterar vidare att i avsnitt 11.1.1 i Fud-program 2010 anger SKB att kapselns hölje ska vara tätt och insatsens tryckbärande förmåga intakt efter en skjuvrörelse hos berget på 50 mm med hastigheten upp till 1 m per sekund. I SKB:s text under aktuell rubrik anges att kapselskadekriteriet är 100 mm. SKB bör förklara om dessa olika uppgifter (50 mm respektive 100 mm) är korrekta och i så fall tydligt förklara hur detta hänger ihop.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s planer på fördjupade studier om magnitud, variabilitet samt osäkerhet av bergspänningarna vid olika djup och skalor som tar hänsyn till den termiska fasen, glaciationscykler och jordskalv.

SSM noterar att SKB inte redovisar hur flertalet av de synpunkter som myndigheterna framförde kring jordskalv i granskningen av Fud-program 2007 har adresserats. I frågor om jordskalvs påverkan på slutförvaret hänvisar SKB till SR-Site utan närmare att beskriva vad studierna har syftat till. Myndigheten delar därför Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgransknings synpunkt att frågeställningar rörande risker med jordbävningar kopplade till storlek och frekvens saknas i forskningsprogrammet. Eftersom myndigheten inte kan bedöma underlaget till SR-Site upprepar myndigheten de förslag på studier som redovisades i granskningen av Fud-program 2007. SSM anser att SKB bör göra ytterligare utredningar om materialegenskaper om hållfasthet och styvhet hos stora sprickor, sprickzoner och förkastningar. SSM delar Uppsala universitets uppfattning att en kartläggning av de regionala strukturerna bör genomföras av SKB. Myndigheten anser vidare att SKB bör studera säkerhetsbetydelsen av upprepade skalv med små magnituder samt skalv större än magnitud sex. Därutöver anser SSM att SKB bör presentera vidare studier kring respektavstånd. SSM noterar även att SKB inte refererar till i sammanhanget relevanta studier som har genomförts, exempelvis om arbete med kriterier för val av deponeringspositioner (Munier, 2010).

SSM anser att SKB bör utreda sannolikheten för att sprickor, sprickzoner eller förkastningar som ligger utanför Forsmarkplatsen växer och tränger in i slutförvaret i samband med ett jordskalv eller den termiska fasen. I detta

sammanhang bör även konsekvensen av heterogenitet i förkastningsegenskaper och spänningar beaktas. SSM anser att SKB bör ytterligare studera möjligheten att skilja mellan stabila och instabila förkastningar ur jordskalvssynpunkt. Därutöver anser myndigheten att SKB bör utreda om jordskalv av betydelse för förvarets säkerhet kan utlösas av spänningarna som uppstår i den termiska fasen.

6.9.8. Sprickbildning

SKB:s redovisning

SKB redovisar resultaten från studier om egenskaper i den störda zonen (EDZ) runt en tunnelöppning som är publicerade i rapporterna från två forskningsprogram: DECOVALEX 2011 och programmet störda zonen mekaniska och hydrauliska egenskaper (SUZE). SKB hänvisar till avsnitt 15 teknikutveckling berg i Fud-program 2010 för en redovisning av framtida hanteringen av frågor kring den störda zonen.

SKB planerar brytningen av delar av prototypförvaret som varit förslutna i ca sju år och att utvärdera mätdata och att genomföra TM-modelleringar. Syftet med undersökningarna är att utreda omfattningen av sprickpropagering som kan ha skett kring deponeringshålen i experimentet.

Remissinstansernas synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att ett program för fortsatt forskning kring bergspänningarna i Forsmarkberget och risk för större förskjutningar och brott med slutförvaret som brottanvisning vid en istid saknas helt. SKB har endast tagit fram en studie genomförd av Clay Technology vars värde är begränsat med tanke på bolagets nära anknytning till SKB. Detta område bör SSM följa upp själva och se till att SKB även utför studier av oberoende uppdragstagare.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s planer att utvärdera försöken i de delar av prototypförvaret som är tänkta att öppnas. SSM framför ytterligare synpunkter kring brytningen av långtidsförsök i avsnitt 6.1 översikt – forskning för analys av den långsiktiga säkerheten. SSM:s synpunkter kring det fortsatta arbetet med den störda zonen återfinns i avsnitt 5.8.3 i denna rapport. SSM framför i avsnitt 6.9.7 synpunkter kring behov att ytterligare studier kring sprickbildning.

6.9.9. Tidsberoende deformationer

SKB:s redovisning

SKB har låtit göra en sammanställning av litteraturen om mikrospäckors uppträdande, subkritisk sprickbildning och krypning. Baserat på denna studie drar SKB slutsatsen att tidsberoende deformationer kan avfärdas som en process av betydelse för slutförvarets långsiktiga säkerhet.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har utrett mycket långsiktiga processer för bergets hållfasthetsutveckling. SSM anser dock att SKB även bör studera dynamiska processer hos sprickor och förkastningar som utlöses under mycket korta tidsperioder och vid överskridandet av materialens hållfasthet, exempelvis vid jordskalv. I detta sammanhang bör även temperaturpåverkan beaktas.

SSM anser vidare att SKB bör genomföra studier som bekräftar att tidsberoende spricktillväxt inte påverkar stabiliteten och vattengenomsläppligheten i slutförvarets närområde under förvarets olika faser. I sådana studier bör SKB ta hänsyn till spänningskorrosion vid sprickändar i alla belastningsfall (drag, skjuvning, rivning) i och med att spricktillväxten inte bara sker under drag men även under skjuvning eller rivning vid starkt inspända förhållanden (Backers, 2005; Backers och Stephansson, 2011).

6.9.10. Grundvattenkemi, mikrobiologi och hydrogeokemisk modellering

I stycket nedan kommenteras Fud-programmets avsnitt 25.2.10 advektion/blandning – grundvattenkemi, 25.2.12 diffusion – grundvattenkemi, 25.2.14 reaktioner med berget – grundvattenkemi, 25.2.16 mikrobiella processer, 25.2.17 nedbrytning av oorganiskt konstruktionsmaterial, 25.2.20 gasbildning/gaslösning, 25.2.21 metanisomsättning, 25.2.22 saltutfrysning och 25.3.3 integrerad modellering – hydrogeokemisk utveckling.

SKB:s redovisning

Beträffande grundvattenkemi redovisar SKB resultat från tolkningen av platsundersökningsprogrammet vid Forsmark bl.a. med M3 koden som används för blandningsberäkningar. Dessa kommer att bilda underlag för prediktion av grundvattenkemi i slutförvarsmiljön under tempererade förhållanden. Nya studier planeras för att bättre kunna förutsäga den grundvattenkemiska utvecklingen i anslutning till öppna tunnlar för ett

slutförvar under drift. Ny mätutrustning har installerats vid Äspölaboratoriet för detta ändamål. Fortsatt modellering är främst inriktat mot att förstå salthaltutvecklingen under extrema tidskalor som innefattar omfattande klimatförändringar som glaciation och permafrost.

Viktiga pusselbitar i förståelsen den långsiktiga grundvattenkemiska utvecklingen kan fås av den kemiska sammansättningen av matrisvatten. Detta vatten inne i det opåverkade bergets porositet påverkas mycket långsamt av förändringar i omgivningen och kan därför sägas utgöra ett arkiv för paleohydrologi. SKB har från sina studier funnit rester från glaciala smältvatten, postglacial saltvatten inträngning samt varmare meteoriskt vatten från tiden innan den senaste nedisningen. Resultaten ger också information om diffusionsegenskaperna för olika bergarter. Inga nya studier är planerade inom detta område.

Området reaktioner mellan grundvatten och mineral i berget har främst studerats i perspektivet förståelse för processer som påverkar buffring av grundvattnets redoxförhållanden. Störningar i redox kopplas dels till syretillförsel vid förvarets uppförande och drift, dels till möjlig syretillförsel i samband med inflöde av glaciala smältvatten. Studier av sprickmineral antyder att syre helt förbrukas innan smältvatten når förvarsdjup. Spår av Fe(III) på större djup (rödfärgning) kan bero på gamla hydrotermiska processer respektive artificiella utfällningar i samband med borrhning. Sterila flaskor kommer att användas för fortsatta studier av syreförbrukning för olika bergarter. Dessutom planeras isotopstudier för att förstå hur sulfidmineral påverkar grundvattnets sulfidhalt respektive studier av jonbytesprocesser med Na och Ca för att förstå effekter av infiltration av regn- respektive havsvatten. Analogstudier (Lupin Mine, Grönlandsprojektet m.fl.) har genomförts främst för att få information om saltutfrysning och metanisomsättning. Dessa har dock inte givit några entydiga resultat.

Oorganiska konstruktionsmaterial som studerats är främst låg-pH cement som ska ge lakvatten med ett pH lägre än 11. SKB beaktar främst möjligheten att organiska tillsatser till sådan cement lakas ut och påverkar radionuklidtransport. För KBS-3H aviserar SKB ett behov av att studera inverkan av korroderande stål.

Mikrobiella processer har främst studerats i perspektivet syre- och sulfatreduktion. Effekter på mobilisering och immobilisering av radionuklider har också adresserats. Nya studier planeras inom ungefär samma områden. Inverkan av lösta gaser på mikrobernas aktivitet kommer också att studeras. SKB aviserar ytterligare datainsamling för halter av lösta gaser i grundvatten från Äspölaboratoriet och Forsmark.

SKB:s integrerade hydrogeokemiska modellering utgår från principalkomponentanalys med hjälp av M3-koden. Skillnaden mellan mätningar av grundvattensammansättning och beräkningar av blandningsproportioner antyder omfattningen för de kemiska processerna i berget. Vissa verifierande beräkningar utförs dessutom med PHREEQC-koden som kopplar geokemi och transport. SKB planerar att fortsätta arbeten med dessa koder. Kopplad modellering av geokemi och transport är dock förknippad med svårhanterliga numeriska problem vilka beror på de konstitutiva ekvationernas komplexitet. SKB överväger därför reaktiva transport experiment vid Äspölaboratoriet som komplement.

Remissinstansers synpunkter

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Mörner saknar i SKB:s redovisning referenser till Mörners grupps arbeten i detta område. Metangastektoniken utgör ett stort hot mot hela konceptet KBS-3 anser Mörner.

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat, Milkas, representant Mörner anser att SKB bör ägna utfrysning av salt fördjupade studier.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) framhåller att det inte finns något i forskningsprogrammet om fortsatt forskning på om metangas under höga tryck och låg temperatur vid en istid kan övergå i metanis som senare, när tryck och temperatur ändras (så som efter istiden och vid seismiska vågor), explosivt övergår i gasform. Om detta inträffar i ett slutförvar där det kan finnas gått om plats i tunnlar och deponeringshål kan det ge problem.

Uppsala universitet konstaterar att redoxkänsliga sprickmineral, såsom pyrit, har studerats tillika utbredningen av läkta och oxiderade sprickor. Dock har inte mängden av olika sprickmineral statistiskt bearbetats, vilket Uppsala universitet anser vore önskvärt.

Östhammars kommuns konsult Roos anser att det är angeläget att kunskapen om sulfidbildning är på en hög nivå. Sulfidbildning kan orsaka korrosion på kopparkapseln och är en påtaglig riskfaktor för kapselns beständighet. SKB bör därför enligt Roos redovisa risken för och konsekvenserna av sulfidbildning.

SSM:s bedömning

SSM anser att de planerade studierna kring grundvattenkemi runt öppna tunnlar är angelägna. Det finns bl.a. frågetecken kring om syre i ett öppet slutförvar kan påverka korrosionen av kopparkapslar deponerade i förslutna deponeringstunnlar. Detta beror på att en långsam återmättnad av

deponeringstunnlar kan få till följd att omättade zoner finns kvar i närberget, störda zonen, återfyllnaden eller bufferten under längre tid. Sådana omättade zoner medför snabbare transport av syre från öppna tunnlar. Om det inte går att utesluta en inverkan på långsiktig säkerhet kan en artificiell återmättnad av deponeringstunnlar och deponeringshål behöva övervägas. Det behöver i vilket fall fastställas om längden på slutförvarets drifttid kan inverka på förvarets långsiktiga säkerhet.

Frågan kring en eventuell inverkan av syre från glaciala smältvatten har diskuterats en längre tid. SSM ser positivt på de fältmätningar som hittills har genomförts. Fältmätningar behöver dock kompletteras med en välutvecklad matematisk modell som kan simulera känsligheten för redox förändringar i berget för olika tänkbara scenarier. SSM har svårt att avgöra om området kräver ytterligare insatser och avvaktar därför att bedöma frågan tills granskningen av SR-Site.

SSM anser att de kvarstående kunskapsluckorna om buffererosion bör föranleda en ökad fokusering på salthaltsutvecklingen i Forsmarkslinsen dels under tempererade förhållanden, dels i sammanhanget av en hel klimacykel. Betydelsen av kvarstående osäkerheter kring buffererosion påverkas av vilken variation av salthalter som behöver beaktas i säkerhetsanalysen, givet bergets geokemiska och hydrauliska egenskaper. Omvänt kan en ökad förståelse av buffererosion möjligtvis minska behovet av att kunna förutsäga den grundvattenkemiska utvecklingen i anslutning till ett slutförvar. SSM saknar tydligt redovisade insatser för att förbättra kunskapsnivån inom området. Enligt SSM:s bedömning bör fortsatt modellering inkludera förutom grundvattenflöde, vittringsreaktioner av silikatmineral, jonbytesreaktioner och upplösning av sprickmineral, samt diffusivt utbyte med stationärt matrisvatten. Insikter från modelleringsstudier förväntas förbättra möjligheten att identifiera de fältmätningar som kan ge den mest användbara informationen.

Förutom att identifiera variationsbredden för grundvattenkemi är tidsutdräkten för inverkan av utspädda grundvattnen en viktig faktor. Förutom infiltrationsförloppet för glaciala och atmosfäriska utspädda vatten är därför även processer som medför högre salthalten av intresse. SSM anser därför att SKB:s aviserade studier av saltexklusion är angelägna och möjligtvis även studier kopplade till infiltration av havsvatten samt inverkan av extremt salta djupa grundvattnen.

Beträffande konstruktionsmaterial anser SSM att egenskaperna hos låg-pH cement behöver utvärderas i förhållande till funktionskrav kopplade till dess användning i slutförvaret, särskilt med tanke på att detta är ett oprövat

material. Modellering av den långsiktiga utvecklingen hos dessa material har tidigare kommenterats av bl.a. Watson m.fl. (2007), Savage och Benbow (2007) samt Benbow m.fl. (2007).

Sulfidhalten för grundvatten i direkt anslutning till deponeringshålen har en direkt påverkan på kopparkapslarnas livslängd särskilt om buffererosion inte kan uteslutas, vilket bl.a. påpekas av Östhammars konsult Roos. Det är angeläget att SKB fortsätter eftersöka information om variationsbredden under befintliga förhållanden i Forsmark, särskilt med tanke på dokumenterade svårigheter att ta representativa prover under mätkampanjer (Bergelin m.fl. 2010). SKB behöver även eftersträva en välunderbyggd analys av vilka faktorer som påverkar den långsiktiga utvecklingen av sulfidhalterna över en klimacykel. En sådan analys behöver innefatta faktorer som kan förväntas variera mycket över tid och som direkt eller indirekt kan påverka sulfidhalter, t.ex. halter av metan och sulfat. Enligt SSM är viktiga processer för sulfidhalternas utveckling kopplade till mikrobiell aktivitet för sulfatreducerande bakterier, processer som lokalt frigöra löst järn (förväntas reducera effekten av sulfatreducerande bakterier på sulfidhalten genom utfällning av svårslösliga järnsulfider), liksom speciering av löst sulfid och dess påverkan av sulfidmineral i berggrunden. SSM saknar tydligt redovisade aktiviteter för att förbättra kunskapsnivån inom området, men konstaterar samtidigt att kunskapsbehovet delvis är avhängigt utformningen av den kommande säkerhetsanalysen SR-Site.

Szkalos m.fl. (2007) har studerat kopparkorrosion i rent vatten i frånvaro av sulfidjoner (se även avsnitt 6.7.7). I den mån en vätgasdrivande korrosion även i frånvaro av löst sulfid kan ha en påverkan på kapslarnas livslängd behövs studier av acetogena bakterier som både kan konsumera och producera vätgas på stora djup i berggrunden (dvs. både kan påskynda och förhindra en anoxisk kopparkorrosion). Det behöver bland annat fastställas om begränsande faktorer för metabolismen hos sulfatreducerande bakterier i kompakterad bentonit också gäller för acetogena bakterier. Kunskapen kring löst vätgas på förvarsdjup är dessutom relativt knapphändig. Utav de mätningar som SSM hittills tagit del av låg vätehalterna i de flesta fall under detektionsgränsen (Hallbäck och Pedersen, 2008). Mätningarnas detektionsgräns behöver om möjligt förbättras.

SKB:s grundvattenkemiska modellering har till stor del inriktats mot blandningsberäkningar (M3-koden) som visat sig mest ändamålsenlig för tolkning av platsundersökningsdata. SSM anser dock säkerhetsanalysens scenarier som innefattar kapselbrott pga. advektion i bufferten och korrosion medför ett utökat utvecklingsbehov för kopplade geokemi – transport koder.

Kopplade koder behövs även för kvalificerade tolkningar av experiment vid Äspölaboratoriet.

6.9.11. Advektion/blandning – radionuklidtransport

SKB:s redovisning

SKB redovisar att studier har genomförts om orsaker och effekter av kanalbildning samt om advektiv transport i tvådimensionella sprickor. SKB planerar ytterligare studier om flöde och transport i enskilda sprickplan med variabel apertur. Studier med befintliga metoder planeras för att ta fram en generell strategi för hantering av kanalbildning. Slutligen planerar SKB att utreda vilka olika typer av porositet används inom programmet och hur dessa mäts och används inom olika områden. Målsättningen är att skapa en integrerad beskrivning som spänner över olika skalor och förenar olika begrepp som används.

SSM:s bedömning

SSM anser att det är positivt att SKB arbetar vidare med förståelsen och hanteringen av kanalbildning. SSM kommenterar frågor om kanalbildning nedan i avsnittet 6.9.16 modellering DFN. Myndigheten förmodar att det delvis handlar om samma projekt som redovisas i detta avsnitt och avsnittet om DFN modellering men saknar information om hur projekten relaterar till varandra. SKB presenterar, enligt redovisningen, i SR-Site bedömningen att det antagligen inte finns anledning att minska F-faktorna för att ta hänsyn till kanalbildning. SSM har svårt att bedöma detta resultat, i avvaktan av SR-Site, och vilken typ av vidare undersökningar möjligtvis skulle kunna vara påkallade.

SSM noterar att SKB har hanterat kommentarerna om transport av ämnen till förvaret, vilket ses som positivt. Likaså anser myndigheten det positivt att SKB vill utreda och stämma användningen av porositetsbegreppet inom olika områden.

6.9.12. Diffusion – radionuklidtransport

SKB:s redovisning

SKB har genomfört studier för att utvärdera osäkerheter associerade med den elektriska resistivitetsmetoden för mätning av formationsfaktorn. Ett långtidsförsök på förvarsdjup har genomförts för att bestämma diffusions- och sorptionsegenskaper in-situ. Flera små provkärnor har tagits och penetrationsdjup har uppmätts.

SKB planerar att en enklare uppsättning av LTDE-SD (Long Term Diffusion Experiment Sorption-Diffusion) ska testas för undersökning av transportegenskaper på förvarsdjup under innevarande period.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har genomfört en studie för att utvärdera de osäkerheter som finns associerade med den elektriska resistivitetsmetoden för mätning av formationsfaktorn. SSM saknar dock formationsfaktorer under 10^{-5} i utvärderingen. SKB:s tidigare studie av formationsmätning på ett borrhål (Löfgren, 2004) visade att formationsfaktor under 10^{-5} ej kunde uppmätas med den elektriska resistivitetsmetoden, trots att formationsfaktorn för samma prov har uppmätts till under 10^{-5} på laboratorium. Myndighetens konsulter har tidigare påpekat (Stenhouse m fl., 2008) att detta kan orsakas av en artificiell tröskel hos den elektriska resistivitetsmetoden. SSM anser att tröskelvärdet hos den elektriska resistivitetsmetoden, samt konsekvens av detta bör utredas.

SKB nämner att penetrationsdjupet i bergmatris har tagits fram genom ett långtidsförsök på förvarsdjup men ingen referens har angetts till detta försök. Det är oklart hur den nyvunna kunskapen ska tillämpas i säkerhetsanalys.

6.9.13. Reaktionen med berget – sorption av radionuklider

SKB:s redovisning

SKB har genomfört en rad mätningar, t.ex. sorption av radionuklider på krossat material och på hela bergbitar (kvantifierat som fördelningskoefficient K_d), jonbyteskapacitet (Cation Exchange Capacity, CEC) och specifik ytarea (uttryckt med sorptionsisotermen BET). En elektrisk metod för mätning av K_d -värden har utvecklats i ett doktorandprojekt, som nu har avslutats. Metoden är flera storleksordningar snabbare än den som använts för att utvärdera K_d för sorberande ämnen i ett genomdiffusionsförsök. Ett annat doktorandprojekt har påbörjats för utvecklingen av processororienterad sorptionsmodellering. Bakgrunden till projektet är behovet av att minska konceptuella osäkerheter kopplade till användning av K_d -värden. Av särskild betydelse har visat sig vara karakterisering och definition av den effektiva ytarean för sorption.

Remissinstansernas synpunkter

Chalmers tekniska högskola framför att ur vetenskaplig synpunkt rekommenderas en omstart vad gäller användning av K_d som parameter i en säkerhetsanalys.

Uppsala universitet rekommenderar att det program som behandlar sorption av radionuklider i berg fullföljs.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB åtminstone delvis har lyckats förklara den stora spridningen av publicerade K_d -värden som kan variera över flera tiopotenser för en och samma radionuklid. Det förefaller sannolikt att normalisering till en representativ ytearea är den mest betydande förklaringen. SKB bör fortsätta dessa undersökningar med syftet att kunna minska osäkerhetsmarginalerna vid användning av K_d i säkerhetsanalysen. Eventuellt kan användbar information erhållas från forskning kring vittringskinetik för bergartsbildande mineral eftersom erfarenheterna kopplade till de reaktiva ytornas inverkan är likartade inom detta område. Andelen sekundära mineral med betydligt större tillgängliga ytor än de bergartsbildande mineralen kan vara en viktig faktor, vilket behöver beaktas vid värderingen av litteraturdata. Vid sorptionsförsök behövs generellt en mera systematisk och heltäckande analys av hur olika osäkerhetskällor påverkar slutresultatet än vad som är brukligt i dagsläget. Metodernas känslighet kan variera stort beroende på försöksutformning och kvoten mellan vattenfas och fastfas.

Eftersom K_d -värden uppmätta på laboratorium påverkas av en mängd villkor, så som vattenkemi (pH, Eh, jonstyrka, komplexbildning, konkurrerade ämnen) och sorptionsytornas egenskaper behövs kompletterande insatser kopplade till grundläggande sorptionsmodeller. Termodynamiska sorptionsmodeller har utvecklats starkt under senare år och dessa används alltmer för att få bättre förståelse för sorptionsmekanismer. SSM anser dock att det är orealistiskt att förvänta sig att dessa modeller kan kopplas direkt till säkerhetsanalysen. SKB bör däremot ta fram en strategi med en mer systematisk metodik för att välja ut K_d -värden som används i säkerhetsanalys, med hänsynstagande till den nyvunna platsspecifika kunskapen, generiska sorptionsdata, värdering av experimentella osäkerheter och en bättre mekanisk förståelse genom termodynamiska sorptionsmodeller.

6.9.14. Kolloidomsättning – kolloider i grundvatten

SKB:s redovisning

SKB har utfört mätningar av naturliga kolloider i Forsmark och Laxemar samt försök av kolloidfrigörelse på grund av olika faktorer i samband med buffererosionsprocesser. Vidare har SKB utfört transportförsök i kolonner packade med sprickfyllnadsmaterial för att studera sorption av kolloider till mineralytor under ogynnsamma förhållanden.

SKB har planerat en rad försök och projekt. SKB planerar bl. a. att delta i CFM-projektet för att utreda om bentonitkolloidernas storlek och struktur ändras med tiden, att utreda γ -strålningens effekter på montmorillonitkolloider och att driva experimentella studier för att ta fram de sorptionskinetikdata som behövs till de modeller som använts inom säkerhetsanalyserna.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att SKB:s studie kring transport av kolloider har kopplats till kolloidfrigörelse och bentoniterosionsprocesser, eftersom myndigheten efterlyste detta i granskningen av Fud-program 2007. Vidare ser SSM positivt på att SKB planerar att fortsätta studierna av kolloidtransport. SSM har dock intrycket av att det kan finnas omfattande behov av ytterligare undersökningar för att få de data som behövs i säkerhetsanalysen. SSM anser att SKB bör ha en strategi för hur de luckorna kan fyllas.

6.9.15. Kolloidomsättning – radionuklidtransport med kolloider

SKB:s redovisning

SKB redovisar att ett doktorandprojekt som studerat bildning, stabilitet och transport av kolloider har avslutats. Vidare planerar SKB att fortsätta utveckling av kolloidmodellering och studier för att förbättra förståelsen av de styrande processerna som är kopplade till bentoniterosion.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB planerar att fortsätta utvecklingen av kolloidtransportmodeller och att få bättre förståelse av de styrande processerna. SSM anser dock, i likhet med avsnittet ovan, att SKB inte har gett en klar bild av hur data och kunskapsluckor ska fyllas och hur detta kopplar till säkerhetsanalyserna.

6.9.16. Modellering DFN

SKB:s redovisning

SKB beskriver kortfattat vissa grunder för framtagandet av de hydrologiska spricknätverksmodellerna och hänvisar till de frågeställningar om parameteriseringen av modellerna som nämns i kapitlet grundvattenströmning. SKB redovisar vidare planer för att öka förståelsen av spricknätverk i kristallin berggrund och listar sex programpunkter. Därutöver planerar SKB att ta fram en ny geologisk beskrivning av bergmassan kring

Äspölaboratoriet för att minska parameterspannet och därmed utfallsrummet för den diskreta spricknätverksmodellen.

SKB uttrycker vidare att det vore önskvärt att integrera de olika DFN modellerna till en modell i vilken olika egenskaper kan kopplas till olika sprickor. SKB planerar även att studera hur sprickplanets beskaffenhet inverkar på flödet genom sprickorna och att ta fram en realistisk modell för flöde och uppskattning av stagnanta volymer och flödesvätt yta.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Roos konstaterar att SKB i kapitel 25.3, modellering, beskriver problemen med att skapa modeller, att ta fram relevanta indata till modeller och göra matematiska beräkningar. Det finns skäl till att ha en viss kritisk inställning till de resultat som fås med modeller. Att beskriva verkligheten med en modell är ingen enkel uppgift. Verkligheten är alltid mer komplicerad än den förenklade bild som går att åstadkomma med en modell.

Roos anser vidare att SKB bör redovisa konsekvenserna av att olika modeller används för att beskriva sprickor. SKB bör också redovisa vilka osäkerheter som finns med de olika modellerna och vilken modell som ger de mest trovärdiga resultaten om nu detta är möjligt. SKB bör redovisa på ett för lekmän begripligt sätt hela problematiken med att skapa modeller och hur dessa sedan används. Arbetet med att skapa en DFN-modell är angeläget. Motiven till varför de modeller som används idag anses vara pessimistiska bör enligt Roos redovisas.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s ansträngningar att förbättra förståelsen av spricknätverk i kristallin berggrund med de listade sex programpunkterna. SSM anser att SKB även bör fortsätta att studera konceptuella osäkerheter i DFN modellerna. Exempelvis bör SKB närmare undersöka inverkan av rumsliga och strukturella relationer mellan sprickor på grundvattenflöden och radionuklidtransport. Myndigheten har genomfört egna studier som pekar på att rumsliga och strukturella relationer mellan sprickor kan vara betydelsefulla för beräknade grundvattenflöden. Sådana relationer kan inte på förhand uteslutas baserat på tillgängliga fältdata (Geier, 2010).

SSM anser att en uppdatering av den geologiska beskrivningen kring Äspölaboratoriet kan vara värdefull. Syfte skulle i så fall vara att minska parameterspannet och studera konceptuella osäkerheter.

SSM ser liksom Östhammars kommuns konsult Roos positivt på att SKB planerar att arbeta på en integrering av de olika DFN modellerna. En

samstämmig modell kan bidra till att öka trovärdigheten för delmodellerna. Det är angeläget att SKB fortsätter att studera sprickplanens geometri och dess effekter på grundvattenströmning och radionuklidtransport. Detta kan bidra till bättre förståelse för konceptuella osäkerheter kopplade till flödes- och transportmodeller. SSM anser dock att SKB bör överväga planerna på att skapa en realistisk modell, i alla fall på en regional skala, med tanke på svårigheterna att parametrisera en sådan på ett meningsfullt sätt.

6.9.17. Integrerad modellering – termo-hydro-mekanisk utveckling

SKB:s redovisning

SKB hänvisar i avsnittet till att uppnådda modelleringsresultat redovisas i avsnitten som behandlar de enskilda geofärsprocesserna. SKB har deltagit i DECOVALEX projektet i vilket Äspö pelarförsöket och Apse-försöket har ingått.

SKB redovisar i planerna för den fortsatta verksamheten arbete med att utveckla en modell för att beräkna parametrar utifrån mätprogrammet som är kopplat till observationsmetoden, vilken ska användas vid förvarets byggnation. Vidare planerar SKB att genomföra ett program med nya beräkningskoder som utgår från en beskrivning av bergmassans sammansättning från mikro- till makroskala. SKB planerar att verifiera de nya koderna utifrån databaser som upprättats i olika studier i Sverige och internationellt för att utvärdera dess lämplighet i förhållande till de befintliga koderna. SKB avser att vidareutveckla de konceptuella modellerna för spännings-transmissivitetssamband för sprickor och deformationszoner. SKB planerar dessutom en utveckling av beräkningstekniken för jordskalvssimuleringarna. Slutligen planerar SKB att genomföra sprödtektoniska generiska modelleringar i en relativt homogen kristallin bergart vilket är tänkt som en första ansats till en alternativ geometrisk beskrivning av flödesmönster för berggrundvatten.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Roos noterar att under avsnittet 25.2.7, reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor, i rapporten har SKB angett att kunskapsnivån angående betydelsen av framtida jordskalv nu bedöms vara tillräcklig för säkerhetsanalysen SR-Site. SKB bör enligt Roos motivera hur detta påstående överensstämmer med texten under avsnitt 25.3.2 (ovanstående rubrik). Roos ställer frågan hur stora kunskapsbristerna är och vilka osäkerheter detta medför.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på de redovisade planerna för den fortsatta verksamheten inom området integrerad modellering – termo-hydro-mekanisk utveckling. SSM noterar dock att de synpunkter som framfördes vid granskningen av Fud-program 2007 inte verkar ha beaktats och att det inte framgår ur redovisningen varför SKB har bortsett från synpunkterna. Således kvarstår tidigare synpunkter om nysprickbildning, sprickpropagering och sammanbindning av existerande sprickor i närheten av deponeringshålen. SKB bör dessutom analysera reaktivering av deformationszoner pga. storskaliga termiskt inducerade spänningar i slutförvarets närområde eller nära ytan (Rutqvist och Tsang, 2008).

SSM anser att SKB bör beakta inverkan av en inlandsis på sprickpropagering och kortslutning av spricknätverket mellan närliggande deponeringshål (Backers och Stephansson, 2011). I detta sammanhang kan noteras att risken för sprickpropagering blir mindre för mindre initiala bergspänningar. I samband med utvecklingen av observationsmetoden bör SKB utreda vilka tekniker som ska användas för att validera eller kalibrera de befintliga DFN modellerna mot data från borrhärne- och tunnelkartering.

För SSM:s synpunkter kopplade till utredningar kring jordskalv hänvisas till avsnitt 6.9.7 reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor.

6.9.18. Integrerad modellering – radionuklidtransport

SKB:s redovisning

SKB har utvecklat beräkningskoden MARFA. MARFA kan användas för att analysera radionuklidtransport i transienta flödesfält och kan även applicera en uppskalningsalgoritm för delar av domänen där explicit sprickstatistik saknas. Uppskalningen baseras på transportsimuleringar i mindre sprickdomäner.

SKB har genomfört och utvärderat flera spårämnesförsök i fält. SWIW ("Single well injection withdrawal") testerna och TRUE-1 försöken indikerar att resultaten kan förklaras med en retentionsmodell baserad på advektion, dispersion och matrisdiffusion. Effekten av heterogenitet i den ytliga delen av matrisen har analyserats i spårämnesförsöken i ett spricknätverk, TRUE Block Scale, med hjälp av spricknätverkssimulering och retentionsmodeller.

SKB planerar en vidareutveckling av koden MARFA och ett spårämnesförsök, SWIW, med syntetiskt grundvatten ska utföras. I fortsättningen kan den integrerade transportmodelleringen sammanhållet hantera transport av radionuklider med hänsyn till hela systemet, det vill

säga grundvattenflöde, geokemiska reaktioner och radionuklidtransport i både geosfär och biosfär.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommuns konsult Roos anser att SKB bör redovisa konsekvenserna av att den integrerade transportmodellen inte finns utvecklad i dagsläget och ställer därför frågan om detta innebär att dagens transportmodell ger felaktiga resultat och i så fall på vilket sätt.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att SKB har utvecklat den alternativa beräkningskoden MARFA för radionuklidtransport. En preliminär granskning av MARFA på uppdrag av SSM identifierar både styrkor och svagheter hos MARFA (Robinson och Watson, 2011). En mer detaljerad granskning av koden kommer att ske inom ramen för SR-Site granskningen.

SSM är positiv till att SKB har genomfört spårämnesförsök i fält. Fältförsöken är ett kraftigt verktyg som bidrar till ökad processförståelse och som kan förbättra tilliten till transportmodellernas parametrisering i säkerhetsanalysen.

SSM ser positivt på de planerade aktiviteterna som vidareutveckling av MARFA och ytterligare SWIW tester. SSM anser dock att SKB inte på ett tydligt sätt redovisar den integrerade transportmodelleringens roll i säkerhetsanalysen. SSM anser att SKB bättre bör integrera konsekvensanalyserna för biosfären och geosfären eftersom SKB:s konsekvensanalys idag fortfarande är indelad i två separata delar vilket leder till att vissa processer inte fullt ut kan hanteras med den nuvarande metoden, t.ex. radionuklidens sönderfallkedjor.

6.10. Ytnära ekosystem

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter till kapitel 26, ytnära ekosystem, i Fud-program 2010.

6.10.1. Inledande kommentarer

SSM anser att SKB sammanfattar myndighetens kommentarer till Fud-program 2007 korrekt. SSM noterar att SKB infört både ett versionshanteringssystem och ett ärende- och felhanteringssystem som bl.a. ska hantera myndighetssynpunkter. SSM är positiv till att SKB strävar efter att få en samlad beskrivning av de processer som kan vara relevanta för att modellera de ytnära ekosystemen i en säkerhetsanalys. Nedan ges mer

detaljerade synpunkter under rubrikerna som återfinns i avsnitt 26, ytnära ekosystem, i Fud-program 2010.

Remissinstansernas synpunkter

Chalmers tekniska högskola framför att en omstart rekommenderas ur vetenskaplig synpunkt vad gäller användning av K_d som parameter i en säkerhetsanalys.

Miljörelsens kärnavfallssektariat, Milkas, representant Hultén anser att SKB:s arbete med biosfären visar en tydlig inriktning på krav framförda av SSI och SSM, dels om en precisering av skattade stråldoser från ett läckande förvar, dels om en specificering av processer inom biosfären utifrån platsspecifika data. Dessa två områden har föranlett komplettering och revidering av tidigare utfört modellarbete. Kapitlet kretsar i hög grad kring hydrologiska frågor. Vatten är ju det främsta mediet för transport av radioaktivitet från ett geologiskt förvar. Dessutom är vatten genom dess rörlighet och kemiska sammansättning kanske det största hotet mot KBS-3 metodens konstgjorda barriärer.

Hultén anser vidare att man i nuet, i Fud-program 2010, kastas mellan detaljstudier av allt från olika arters upptagning av salter till framtida invånares kostvanor, utan att det klargörs vilken punkt inom den 100 000-åriga ramen vi talar om. Inte heller görs det helt klart om bedömningen är allmängiltig, eller om den avser en specifik plats. I vissa fall kan man enligt Hultén räkna ut att tiden inte gärna kan vara längre fram än till nästa nedslagningsperiod, men det är svårt att bedöma realismen i SKB:s olika förmodanden och slutsatser, inte minst om strålningsdoser, utan att veta om vi talar om det närmsta seklet eller efter nästkommande istid. Hultén konstaterar att bristen på precisering gällande tidpunkten för radioaktiv förorening av sjöbotten och frågan om markanvändning är, kort sagt, mycket besvärande.

Hultén anser att en del av SKB:s i och för sig rikliga resurser skulle kunna tänkas omdisponeras till att täcka upp konstaterade svagheter i KBS-3 projektet, till sådana saker som realistiska scenarier för effekterna av upprepade glaciation och ett "rörligt" istäcke och, inte minst, en ordentlig översyn och specificering av biosfärmodelleringen, såväl konceptuellt som operationellt. För, i slutändan ger ingående kunskaper om recipienten enligt Hultén ingen med verkligheten överensstämmande bild av förvarets risker, om själva scenarierna (processbeskrivningar) eller värdena i modellerna är missvisande.

Sveriges geologiska undersökning anser att de insatser som genomförts och de slutsatser som dragits inom området ytnära ekosystemen i huvudsak är relevanta och väl underbyggda.

Uppsala universitet anser det viktigt att koderna för biosfärsbelastning görs tillgängliga (t.ex. som web applikationer) så att de enkelt kan testas av betydligt fler användare inom olika discipliner. Detta speciellt p.g.a. problemområdets multidisciplinära karaktär och svårigheter att identifiera alla transport och depåprocesser av betydelse. Mångfalden av biologiska processer och isotoper gör det osannolikt att detta område någonsin kommer att bli helt genomlyst, vilket i sig utgör en motivation för fortsatt forskning inom området.

Universitetet anser vidare att om barriärerna ger avsedd effekt är sannolikheten för biosfärsspridning liten från långtidsförvaret. I det perspektivet är riskerna för spridning från mellanlagringen av bränslet till följd av sabotage troligare, om än i ett kortsiktigare perspektiv. Den typen av scenario ges enligt universitetet knappt utrymme alls i den av SKB givna dokumentationen.

Östhammars kommun frågar hur modellen Mouse i MIKE-SHE (Mouse-she) som framförallt används i samband med slutförvaret för använt kärnbränsle korrelerar med DarcyTools och Ecolego som framförallt används i samband med SFR. Kommunen ställer frågan om vilka osäkerheter som finns med respektive modell och hur stora de är.

Östhammars kommuns konsult Pereira konstaterar att ytnära ekosystem (biosfären) kanske är avsnittet i Fud-program 2010 som är det svåraste att bedöma utan tillgång till resultat från SKB:s säkerhetsanalys SR-Site. Det som man kan se i Fud-program 2010 är en imponerande utveckling och att SKB har haft en stor vetenskaplig produktion inom området, men det är bara när den långsiktiga säkerhetsanalysen kommer som granskare kan bedöma om SKB har lyckats ringa in de viktigaste spåren. Pereira konstaterar också att myndigheterna har identifierat vissa brister i SR-Can analysen vilka återges i myndigheternas granskningsrapport.

6.10.2. Terrestra ekosystem

SKB:s redovisning

Vid platsundersökningarna i Forsmark och Laxemar-Simpevarp, har SKB samlat information om omsättning och ackumulation av organiskt material och om fördelning av element i de terrestra ekosystemen. En rad modelleringsstudier har genomförts. För att beskriva förråd och flöden av kol i olika terrestra ekosystem har en dynamisk vegetationsmodell använts.

SKB:s modelleringsresultat från vegetationsmodellen stämde väl överens med fältdata som samlats in under platsundersökningarna. För att identifiera nyckelprocesser för ackumulation av radionuklider i skogssystem har SKB gjort en modelleringsstudie genom att kombinera Coup-modellen och Tracey-modellen.

SKB planerar en utökad beskrivning av egenskaper som karakteriserar våtmarker över en tänkt successionsgradient från kust till inland. Modelleringsstudier av upptags- och ackumulationsprocesser i våtmarker planeras också, liksom studier av hur våtmarker kan utnyttjas för jordbruksproduktion. I samband med detta kommer eventuellt kompletterande fältprovtagningar och modelleringar att genomföras.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB planerar att studera ackumulationsprocesser i våtmarker eftersom dessa kan vara en viktig exponeringskälla dels som utsläppspunkt från ett slutförvar, dels senare när de kan användas som jordbruksmark.

Som nämnts ovan koncentrerar SKB sina platsundersökningar och modelleringar på kolkretsar. Det är oklart för myndigheten hur insamlade data för kolförråd och flöden i olika terrestra ekosystem kan användas för icke kolrelaterade radionuklider. Det är också oklart för myndigheten om aktivitetskoncentrationen i media eller i föda är slutpunkten för radionuklidtransportmodellerna för biosfären i SKB:s säkerhetsanalys. Detta med tanke på att aktivitetskoncentrationen i olika media i ytnära miljö t.ex. i vatten eller i jord är slutpunkten för radionuklidtransportmodellerna för biosfären i tidigare säkerhetsanalyser. SKB använder omvandlingsfaktorer för koncentrationer från IAEA eller ICRP för att få fram aktivitetskoncentration i olika föda och beräknar utifrån dessa dos till människor enligt ett antal exponeringsvägar. SSM kan baserat på den redovisade informationen inte bedöma ifall de nya radionuklidtransportmodellerna räknar ut aktivitetskoncentration i föda baserat på kolförråd och kolflöde och om modellerna är tänkta att valideras. SSM noterar att ytterligare information kommer att komma i samband med ansökan för kärnbränsleförvaret.

6.10.3. Akvatiska ekosystem

SKB:s redovisning

Kolflödesmodellerna används för att beskriva flöden av organiskt kol och ett antal andra ämnen i de akvatiska ekosystemen. SKB har tagit fram en kompletterande hydrodynamisk modell och genomfört ett omfattande

mätprogram i syfte att validera det simulerade vattenutbytet i den strandnära kustzonen i Forsmarksområdet.

När det gäller kommande forskningsprogram kommer SKB att stödja den fortsatta utvecklingen av kolflödesmodeller för akvatiska ekosystem samt successionsmodell av sjöar till våtmarker.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att SKB validerar modeller som har använts för att simulera vattenutbyte i havet. Detta ökar trovärdigheten för de parametervärdena som används i säkerhetsanalysen.

När det gäller användning av kolflödesmodellerna i platsbeskrivningen och kommande forskningsprogram för akvatiska ekosystem delar SSM expertgruppen Oversight:s åsikter (Wilmot m fl., 2010) att det inte är övertygande att kol är ett substitut för många andra nuklider som inte har samma beteende som kol. Detta är en viktig fråga för säkerhetsanalysen (se detaljerade kommentarer i Wilmot m fl., 2010). SSM anser att SKB även bör studera geokemiskt beteende för ytterligare element, t.ex. jod, uran och torium för att förbättra förståelsen för flöden av andra element i ytnära miljö.

6.10.4. Biogeokemi

SKB:s redovisning

I syfte att ta fram platsspecifika uppskattningar av elementkvoter vid beräkning av fördelningskoefficienter (K_d) och koncentrationsfaktorer (CR) för användning i SR-Site har SKB genomfört systematisk och synkroniserad provtagning och elementanalys av avlagringar, porvatten, ytvatten och organismer i Forsmark och Laxemar. Elementkvoter har också använts för att särskilja grundvattentyper och för att identifiera ursprungskällor som påverkar vattnets kemiska sammansättning. SKB har även genomfört laboratoriestudier av sorptionsegenskaper hos jordprover från Laxemar, men resultaten är inte klara ännu. Det framtida programmet omfattar i huvudsak ytterligare bearbetning av insamlade data. Kompletterande kemiska analyser av prover från Forsmark planeras för att öka förståelsen för variationen i CR-värden.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB tar fram platsspecifika uppskattningar av K_d - och CR-värden. Det är nu viktigt att SKB utnyttjar den nyvunna kunskapen på bästa sätt. SKB nämner det statistiska verktyget Babar för att väga samma litteraturdata och platsdata. Det är positivt att man använder ett verktyg som systematiskt väger samman data på ett transparent sätt. I de fall platsdata

skiljer sig avsevärt från litteraturdata, och därmed kanske tillhör en annan datapopulation än tillgängliga litteraturdata, bör SKB överväga ytterligare provtagning för att klargöra dessa skillnader samt redovisa om Babarmetodiken är applicerbar även i dessa fall. En annan aspekt som SKB bör beakta när data finns tillgängliga är betydelsen av eventuella skillnader mellan K_d -värden uppskattade i fält och i laboratoriestudier.

SSM anser att SKB:s planer för framtida utvärdering av befintliga data är oklara, det framgår inte ur redovisningen vilka specifika frågeställningar som materialet är tänkt att kunna besvara och hur utvärderingen ska gå till för att nå målen.

6.10.5. Hydrologi och transport

SKB:s redovisning

SKB har genomfört hydro- och transportberäkningar som stöds av ett betydande dataunderlag från hydraultester i grundvattenrör, flödesmätningar i vattendrag och nivåmätningar i grund- och ytvatten. Framtagna data har använts för jämförelser mellan mätningar och beräkningsresultat, modellkalibreringar och känslighetsanalyser.

För att stödja MKB-arbetet har SKB modellerat effekterna på miljön orsakade av förändringar i grundvatten- och ytvattennivåer p.g.a. ett öppet förvar. Olika typer av transportmodeller har genomförts t.ex. partikelspårning, advektiv-dispersiv (ADE) och processbaserad modellering för att undersöka processer för fördröjning av radionuklider i jordlagren. Radionuklidtransport i ytnära system studeras också i ett pågående forskningsprojekt som är kopplat till *Krycklan catchment study*. Studien syftar till att beskriva transport och fastläggning av radionuklider kring vattendrag och i våtmarker.

SKB:s forskning inom yhydrologi ska fortsätta med frågeställningar som identifierats inom säkerhetsanalysen. SKB kommer att bygga vidare på pågående aktiviteter med karaktärisering av utstömningsområdets storlek, lägen och de processer som styr transport där.

SSM:s bedömning

SSM instämmer i SKB syn att hydro- och transportmodellering i ytnära system är viktiga komponenter för att ge processförståelse om spridning av radionuklider i ytmiljön och ge input till säkerhetsanalysens biosfärtransportmodeller. SSM är positiv till att SKB har förbättrat kopplingarna mellan hydromodellerna, de processbaserade transportmodellerna och biosfärtransportmodellerna.

SKB:s dosmodeller baseras på beräkningar av aktivitetskoncentration i olika miljöer vilket leder till att det kontaminerade områdets storlek blir viktigt i doskonsekvensanalysen. SSM ser positivt på att SKB i forskningsprogrammet redovisar fortsatt arbete med att karaktärisera utströmningsområdets storlek, lägen och de processer som styr transporten i områdena.

När det gäller hydromodellering har SSM:s expertgrupp Oversight lämnat synpunkter i samband med granskningen av de platsbeskrivande modellerna. Oversight har påpekat att SKB:s modelleringsresultat ger extremt låga värden för avrinningskoefficienten jämfört med normala svenska hydrologiska förhållanden. Det kan leda till frågor om osäkerheter i modellen för nutida förhållanden och tillhörande hydrologiska parametrar som i sin tur kan påverka säkerhetsanalysen (se detaljerade kommentarer i Wilmot mm fl., 2010). SSM delar Oversight:s åsikt att SKB bör sträva efter en bättre underbyggd extrapolering av den nutida hydrologiska modellen till framtida förhållanden.

6.10.6. Effekter av långtidsvariationer, landskapsutveckling och avlagringar

Detta avsnitt motsvarar kapitel 26.8 och 26.9 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB har utvecklat begreppet klimatdomäner för att klassificera miljöförutsättningar som har betydelse för funktion och säkerhet av ett slutförvar. Utgångspunkt har varit en historisk beskrivning av den senaste glaciala cykeln. Förenklat består klimatdomäner av tempererade, periglaciala och glaciala förhållanden och kan användas för att kvantifiera förvarfunktionen i en säkerhetsanalys. Landhöjningen eller strandlinjeförskjutningen som påverkar landskapsutvecklingen i kustnära områden är en process som har stark koppling till klimatförändringar och som i sin tur påverkar uppskattningen av radionuklidfördelningen i ytmiljön om ett eventuellt utsläpp från förvaret skulle ske. En ny modell för strandlinjeförskjutning har utvecklats i samband med säkerhetsanalysen SR-Site.

När det gäller forskning kommer SKB att fortsätta med fältundersökningar på Grönland och modelleringar av områden med potentiell grundvattenutströmning för att öka förståelsen för hur processer och företeelser som styr transport och ackumulation av radionuklider påverkas av ett kallare klimat.

SSM:s bedömning

SSM har inga invändningar mot att SKB använder de tre klimatdomäner som identifierades i säkerhetsanalysen för att kvantifiera förvarsfunktionen. Men det finns stora osäkerheter i framtida förändringar och SSM delar den synpunkt som Wilmot m fl. (2010) framfört; att SKB bör samla platsdata inte bara från dagens valda plats utan även från platser där data kan representera egenskaper hos flera tiotusen år gamla ekosystem. SSM anser att det på så sätt går att få en uppfattning om varians och osäkerhet hos nyckelparametrar i en säkerhetsanalys. K_d är ett exempel på en nyckelparameter som SKB uppskattar utifrån en vald plats med relativt ung jord. Vid ett eventuellt utsläpp från ett slutförvar kan den maximala koncentrationen av radionuklider som fördelas i ytmiljön inträffa när jorden är upp till 10 000 år gammal.

SSM ser positivt på att SKB planerar att fortsätta fältundersökningar t.ex. inom Grönland analogi projekt för att öka förståelsen för processer och företeelser som styr transport och ackumulation av radionuklider under olika klimatförhållanden. SSM anser också att det är positivt att SKB:s forskningsprogram strävar efter en starkare koppling mellan modelleringsstudier och empiriska resultat eftersom detta är ett sätt att validera modeller och därmed öka förtroendet för modellerna som används i säkerhetsanalyserna.

6.10.7. Radionuklidmodellering

SSM redovisar i detta avsnitt sina synpunkter på kapitel 26.9 i Fud-program 2010.

SKB:s redovisning

SKB har under åren utvecklat radionuklidtransportmodeller för biosfären i säkerhetsanalyser – från generella och förenklade beskrivningar av enskilda ekosystem, till modeller som beskriver flera kopplade recipienter som utvecklas dynamiskt i landskapet, som en funktion av landhöjningen och strandförskjutningen.

I SR-Site kommer SKB i sin radionuklidmodell att beskriva hur ett hypotetiskt utsläpp av radionuklider som når ett biosfärsobjekt och ackumuleras i avlagringar därefter omsätts i ytliga marklager p.g.a. successionen av ekosystem.

När det gäller forskningsprogram har SKB den långsiktiga ambitionen att komplettera empiriska överföringsfaktorer mellan miljö och mänsklig föda med en mekanistisk beskrivning av växtupptag och bioackumulation. Inför

säkerhetsanalysen av ett utbyggt SFR kommer SKB se över representationen av processer som styr omsättningen av kol, och bakomliggande antaganden, eftersom tidigare säkerhetsanalyser visat att det framför allt är C-14 som dominerar den beräknade dosen till framtida människa.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till att SKB har tagit till sig myndighetens kommentarer och tar hänsyn till utspädningseffekter i kommande säkerhetsanalysen SR-Site. I och med SKB:s nyutvecklade modeller kommer att redovisas i SR-Site kan SSM i nuläget inte bedöma eventuellt ytterligare utvecklingsbehov av dessa.

SSM anser att SKB bör integrera konsekvensanalysen för biosfären och geosfären eftersom SKB:s beräkningar fortfarande är indelad i två separata delar och vissa processer därmed inte kan beskrivas med nuvarande metod (se kommentarer i avsnitt 6.9.18).

Tidigare säkerhetsanalyser för förvar av låg- och medelaktivt avfall visar att C-14 är den radionuklid som dominerar den beräknade dosen till framtida människa. Inom det internationella forumet BIOPROTA (som arbetar med nyckelfrågor för bedömning av långsiktig radiologisk säkerhet i biosfären) genomförs en jämförelse mellan olika C-14 modeller bland annat SKB:s C-14 modell för terrestra ekosystem. Modelleringsresultaten uppvisar stor spridning och SSM anser att SKB bör utreda denna modelljämförelse för att eventuellt kunna förbättra sin modell. SSM ser detta som ett led i en strävan efter att validera modellerna för att öka förtroendet för de resultat som produceras. SSM anser att SKB bör förbättra valideringen av den C-14 modell som är avsedd att användas i säkerhetsanalysen för ett utbyggt SFR jämfört med valideringen av modellen som användes i SAR-08.

6.10.8. Nationella samarbeten, internationellt arbete samt informationsspridning

SKB:s redovisning

SKB redovisar sitt tidigare och planerade deltagande i olika internationella sammanhang inom området ytnära ekologi. Vidare anser SKB att det är angeläget att sprida den nyvunna kunskapen och ger exempel på hur detta har skett och kommer att ske i framtiden.

Remissinstansernas synpunkter

Uppsala universitet anser att det är av yttersta vikt att kärnavfallsprogrammet kontinuerligt granskas av expertis och lekmän. I det sammanhanget är tyvärr SKB:s informationstillgänglighet omodern och förlegad. Uppsala

universitet uppmanar SKB att så snart som möjligt göra majoriteten av rapporter och refererade arbeten tillgängliga via hypertextlänkar, t.ex. i rapporternas referenslistor, så som många vetenskapliga tidskrifter nu gör i sina elektroniska upplagor.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har ett program för hur forskning och utveckling inom SKB:s områden kan bedrivas nationellt och internationellt, och hur forskningsresultat kan spridas till det övriga forskningssamhället och på så sätt granskas.

SSM noterar att SKB kommer att fortsätta att bevaka den internationella utvecklingen och utvärderingen av existerande modeller för beräkning av aktivitetskoncentrationer av bland annat C-14.

7. Andra metoder

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 27, andra metoder, i Fud-program 2010

Remissinstansernas generella synpunkter

Miljövänner för kärnkraft (MFK) noterar att även om uppdraget till SKB siktar mot slutförvaring, vill MFK betona vikten av att dessutom möjligheten till återvinning av använt kärnbränsle studeras, eftersom den radikalt skulle minska behovet av uranbrytning, liksom mängden radio-aktivt avfall och dess halveringstid. Detta accentueras av två centrala krav i den nu aktuella remissutgåvan av EU-direktivet om ”Hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall”. Artikel 4, Allmänna principer föreskriver (2(a)) *att medlemsländerna ska säkerställa att så lite radioaktivt material som möjligt genereras* och (2(c)) *att inga orimliga bördor lämnas över till kommande generationer*.

MFK noterar att det föreslagna EU-direktivet gör en mycket tydlig distinktion mellan ”använt kärnbränsle” å ena sidan vilket medges kunna betraktas som en värdefull resurs, samt ”radioaktivt avfall” å den andra som ska slutförvaras. MFK ser därför positivt på att SKB:s Fud-program, i sin redovisning omfattar transmutation, samt möjlighet till återtag av det använda kärnbränslet innan förslutning sker.

MFK konstaterar vidare att mängden radioaktivt avfall skulle kunna minskas betydligt, diskuteras i SKB:s analys, men någon analys av vilken påverkan det faktum att halveringstiden minskar i lika hög grad (med en faktor 100) saknas, t.ex. ökad marginal mot korrosion i kapslarna. Dessa båda aspekter, mindre avfallsmängd och kortare halveringstid, påverkar markant i positiv riktning möjligheter att uppfylla nämnda krav i EU-direktivet och bör tydligare belysas i Fud-programmet som viktiga underlag för beslutsfattare. MFK menar att här bör även bland fördelarna tas upp, att behov av gruvbrytning av nytt uran skulle minskas betydligt och den effekt detta har på framtida hantering av använt kärnbränsle.

MFK konstaterar i sin sammanfattning att Fud-programmet 2010 innehåller aktiv bevakning av och stöd till forskning inom området transmutation och nya reaktortyper. För att knyta an till kraven i kommande EU-direktiv, anser MFK dock att Fud-programmet nu och framöver behöver kompletteras enligt följande:

1. Tydligare fokus på återvinning av använt kärnbränsle och hur detta kan underlättas i hanteringen
2. Mera omfattande analys av minskad mängd radioaktivt avfall och kortare halveringstid

3. Analys av minskat behov av uranbrytning.

Miljörelsens kärnavfallssekreterariat Milkas representant Nils-Axel Mörner konstaterar att under andra metoder nämns djupa borrhål och transmutering och frågar sig varför inte DRD omnämns. Mörner anser att ett DRD-förvar kan utformas som ett "noll-alternativ", ett mellanlager (i stället för BFA), ett slutförvar för långlivat rivningsavfall (i stället för SFL) och t.o.m. som ett slutförvar i stället för KBS-3. Mörner ställer frågan varför krav inte ställs om att detta "läggs på bordet" inför kommande beslut.

Uppsala universitet anser att stora insatser inom transmutation och andra relevanta processer är nödvändiga för att möjliggöra en förändrad syn som tillåter att "avfall" blir "resurs"(s.385). En analys av behovet inom olika områden är därför enligt universitetet nödvändig för att försäkra sig om bästa möjliga handlingsplan. Uppsala universitet anser att denna analys kan användas för att skapa riktlinjer för framtidens forskningsinsatser och bevakningsverksamhet.

Universitetet anser vidare att om kärnenergi ska betraktas som ett möjligt inslag i framtida energisystem, där eventuell återvinning av deponerade material ingår, krävs det stora insatser inom t.ex. kärnteknik och nukleär materiefysik. Tidshorisonten för utvecklingen är mycket lång och måste bygga på både egna forskningsinsatser såväl som bevakningsinsatser. Landets lärosäten och forskningsinstitut kan vara viktiga instanser för att på bästa möjliga sätt generera och förvalta relevant kunskap.

Östhammars kommun framhåller att en trovärdighetsfråga är SKB:s argument vid viktiga vägval, t.ex. varför KBS-3V-metoden är den bästa, och varför man då utreder KBS-3H. Kommun anser vidare att det viktigt att SKB även fortsättningsvis engagerar sig i forskningsfrågor om alternativa metoder.

7.1. Separation och transmutation

Inledning

Transmutation innebär att radionuklider genom bestrålning med främst neutroner omvandlas till andra nuklider som är stabila eller har avsevärt kortare halveringstider än de ursprungliga radionukliderna. Därigenom kan den långsiktiga farligheten hos dessa nuklider minskas betydligt. De radionuklider som främst kan vara aktuella för transmutation är de s.k. transuranerna, dvs. grundämnen såsom neptunium, plutonium, americium och curium. Dessa nuklider förekommer i det högaktiva avfallet från upparbetning. Transmutation är alltså bara aktuellt för kärnkraftsprogram som bygger på upparbetning av det använda kärnbränslet.

En förutsättning för transmutation är att de aktuella nukliderna separeras från det högaktiva avfallet med metoder liknande dem som används för upparbetning. För att en sådan separation ska vara tillräckligt effektiv ställs dock särskilda krav på processerna och utvecklingsarbete för detta ändamål har därför bedrivits parallellt med transmutationsforskningen. I Sverige påbörjades sådan forskning och utveckling redan under mitten av 1970-talet.

SKB:s redovisning

Efter en redogörelse för vad separation och transmutation (S&T) innebär går SKB igenom slutsatserna i Fud-program 2007 och dess granskning. Genom insatserna på S&T avsåg SKB att följa den internationella utvecklingen och att bidra till att upprätthålla den kärntekniska kompetensen i landet. Kunskap om avancerade kärnbränslecykler är värdefull också för utveckling av säkerhet, bränsleförsörjning och avfallshantering inom det nuvarande kärnkraftsprogrammet. SKB angav också som sin avsikt att öka insatserna på området från ca 5 till mellan 6 och 7 miljoner kronor per år. Såväl SKI som kärnavfallsrådet tillstyrkte denna ökning av budgeten.

Sedan Fud-program 2007 uppger SKB att intresset för s.k. acceleratordriven transmutation (ADS) har minskat och svängt över till ett mer fokuserat intresse för användning av snabba reaktorer för detta ändamål. Som exempel på detta nämner SKB den europeiska intresseorganisationen SNEPT (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform) som har påbörjat konstruktion av en natriumkyld snabb reaktor för transmutation. Inom EU har arbetet bedrivits inom de så kallade ramprogrammen, och arbeten pågår också i Japan, Ryssland och USA. Det största europeiska projektet med inriktning på transmutation har varit Eurotrans under 2005-2009, och där Sverige representerats av KTH och gruppen för neutronforskning vid Uppsala universitet. Inriktningen har bl.a. varit på ADS, utveckling av transuranbränsle och materialfrågor kopplade till kylning med flytande metall.

Inom separation medverkar kärnkemigruppen vid Chalmers i EU-projektet Acept (Actinide recycling by separation and transmutation), som startade 2008 och avslutas 2012. Detta arbete har fokuserats på kemin för vätskeextraktion med avancerade hjälpkemikalier och hur dessa fungerar i olika lösningsmedel och strålningsmiljöer. Projektet omfattar även processutveckling samt studier av separation med hjälp av saltsmältor och flytande metaller (pyrokemi).

SKB framhåller att forskningen inom S&T intar en framträdande position inom FoU på framtida kärnkraft och kärnbränslecykler. Därigenom är detta

område intressant inte bara för studenter inom kärnteknik utan också för en kärnenergiindustri med allt mer ökad uppmärksamhet på snabba reaktorer.

SKB uppger att målet för dess forskning inom S&T är oförändrat med inriktning mot att granska hur tekniken utvecklas och bedömning av om den kan utnyttjas för att förenkla, förbättra eller utveckla ett system för slutligt omhändertagande av kärnbränsleavfall från svenska kärnkraftverk. För perioden 2011 till 2013 anger SKB att budgeten för dessa insatser kommer att ligga kvar oförändrat på mellan 6 och 7 miljoner kronor per år. SKB nämner också att Vetenskapsrådet 2009 beviljade ett anslag på 36 miljoner kronor till ett forskningsprojekt (Genius) rörande reaktorer av generation IV. Dessa har potential för effektiv transmutation, varför de svenska aktiviteterna på området i realiteten ökat. Som exempel på det ökade intresset för detta slags reaktorsystem nämner SKB också det franska projektet med en ny snabb natriumkyld reaktor (Astrid). De svenska insatserna på separation kommer liksom förut att ha inriktning mot vattenbaserade metoder (vätskeextraktion).

Remissinstansers synpunkter

Uppsala universitet konstaterar att samtidigt som ADS numera betraktas som en relativt exotisk teknologi med små kommersiella förutsättningar har system baserade på metallkylda snabbreaktorer med tillhörande bränsleåtervinning, bränsletillverkning samt slutförvar av främst fissionsprodukter, rönt stor uppmärksamhet såväl internationellt som nationellt. Som SKB påpekar har Vetenskapsrådet i en första omgång finansierat ett nationellt forskningsprogram, Genius, som syftar till att öka de svenska insatserna inom detta område. Mot bakgrund av denna satsning framstår SKB:s bevakning av transmutations och separationsteknologi som framgent mycket viktig. Den unika kompetens SKB besitter inom back-end problematiken kommer sannolikt att visa sig betydelsefullt idet arbete svenska forskare utför såväl i Genius som inom ramen för ett antal europeiska projekt rörande natriumkylda och blykylda snabbreaktorer.

Uppsala universitet noterar vidare att generation IV teknologin också genererar avfall som måste omhändertas men som delvis kommer att få en annan sammansättning än avfallet från dagens kärnkraftteknik. Detta förhållande kommer sannolikt att ge upphov till problemställningar som kan kräva justeringar av nuvarande förslag till slutförvarssystem. I ett framtida scenario där metallkylda snabbreaktorer är implementerade kan SKB bli en viktig aktör och Uppsala universitet anser det därför motiverat att föreslå ett fortsatt och till och med fördjupat samarbete mellan svenska forskare och SKB inom områdena transmutation och separation med särskilt fokus på den kommande generation IV teknologin.

SSM:s bedömning

Liksom SKI konstaterade i samband med granskningen av tidigare Fud-program vill SSM som utgångspunkt för sin bedömning framhålla att separation och transmutation i nuläget inte är ett realistiskt alternativ till direktdeponering av det använda kärnbränslet. Det är dock av stor betydelse att kompetensen inom området bibehålls och utvecklas. I likhet med vad som framfördes av SKI vid granskningen av Fud-program 2007 vill SSM anföra följande skäl för denna ståndpunkt:

- Enligt kärntekniklagen ska Fud- programmet vara allsidigt, vilket innebär att även strategier och metoder som i dagsläget kan anses som mindre realistiska behöver ingå. Detta gäller inte minst sådana metoder där avsevärda utvecklingsinsatser pågår i omvärlden.
- För att upprätthålla kompetens att göra egna bedömningar av utvecklingen på området måste Sverige aktivt delta i denna utveckling. Att passivt följa denna räcker inte när det gäller ett så komplext område som S&T.
- En ännu viktigare aspekt är att SKB:s program på området separation och transmutation bidrar till att bibehålla en tillräckligt hög nivå på forskning och utbildning inom områden av kärntekniken som är av avgörande betydelse också för en strålsäker hantering av kärnämne och kärnavfall inom det nu aktuella programmet.
- Ett aktivt deltagande i det internationella forskningssamarbetet på detta område ger på liknande sätt bättre möjligheter att tillgodogöra sig kunskap av betydelse även för det nuvarande kärnavfallsprogrammet, liksom för andra delar av kärntekniken.

SSM anser därför att SKB även i fortsättningen behöver satsa medel på arbete inom området separation och transmutation på den nivå som föreslås i SKB:s program, dvs. mellan sex och sju miljoner kronor per år. Vad gäller utformningen av programmet har SSM inga andra synpunkter än att SKB i fortsättningen på ett tydligare sätt bör förvissa sig om balans mellan mera övergripande systemstudier och fördjupade insatser inom olika delområden. I likhet med SKB anser SSM att separationsstudierna liksom förut bör vara inriktade mot vätskeextraktion i vattenbaserade system, inte minst eftersom detta ger större bredd i kunskapsuppbyggnad av betydelse även för andra delar av kärnbränslecykeln, inklusive slutförvaring.

7.2. Djupa borrhål

SKB:s redovisning

SKB redovisar kortfattat hur konceptet djupa borrhål har beskrivits i tidigare studier. SKB framför att konceptet innebär att berget är den viktigaste

barriären för att isolera avfallet och hindra spridning till biosfären. Konceptet bygger på antagandet att grundvattnet är stagnant på stora djup på grund av en väsentligt högre salthalt än i överliggande skikt. SKB anser att ingenting talar för att deponering i djupa borrhål skulle öka säkerheten eller minska kostnaderna för det slutliga omhändertagandet av det använda kärnbränslet. Konceptets principiella svagheter är en svårkontrollerbar deponering, en enda barriär som kan upprätthållas över lång tid och att stora osäkerheter om förvarets utveckling under framförallt en istid kvarstår.

Enligt SKB kan en utförligare analys av grundvattnets stabilitet på stora djup endast genomföras i kvalitativa termer. Grundvattnets salthalt har inte alltid visat sig öka markant och vara hög på djupa nivåer, exempelvis i Gravberg eller Klipperås.

SKB redogör för att en fördjupad expertbedömning kring genomförbarheten av deponering i djupa borrhål kommer att presenteras i samband med ansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle. Denna kommer att ingå i en rapport som redovisar en översiktlig jämförelse mellan KBS-3 och djupa borrhål. SKB planerar att vidare bevaka utvecklingen kring borrhål och djupa borrhål.

Remissinstansernas synpunkter

Göteborgs universitet konstaterar att problematiken med djupa borrhål följs av SKB, men att denna metod inte är ett alternativ.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att SKB hänvisar till egna arbeten från 1998 och 2000 och till rapporten som kommer med ansökan. Det finns alltså inget underlag för att bedöma kunskapsläget som SKB har vad gäller djupa borrhål. Det kan ifrågasättas om något nytt underlag tagits fram sedan senaste Fud-rapporten, Fud-program 2007. Utgångspunkten för bedömningen av forskningsprogrammet måste därför enligt föreningarna vara att bolaget inte har tagit fram den av myndigheten och regeringen efterfrågade kunskapsnivån för att på ett rättvisande sätt kunna jämföra KBS-metoden med den alternativa metoden djupa borrhål. Dessutom anser föreningarna att redovisningen i SKB:s rapport av det som står i de utländska rapporterna, som det hänvisas till, är både bristfällig och vinklad.

Uppsala universitet anser att det finns starka skäl att dela SKB:s syn i fråga om djupa borrhål. De principiella invändningar som finns rörande t.ex. svårigheter att kvantifiera parametrar för långtidsstabilitet och det faktum att endast berget utgör skyddande barriär måste betraktas som så allvarliga att konceptet inte kan ges högre prioritet. Till detta kan man lägga det faktum

att det deponerade materialet inte blir återtagbart, vilket omöjliggör för framtida generationer att utvinna energi ur det för den händelse att man så vill. Sammantaget, menar Uppsala universitet, motiverar inte konceptet djupa borrhål ytterligare åtgärder från SKB:s sida än de man redan har aviserat.

Östhammars kommuns konsult Pereira noterar att det svenska kontinental-borrningsprogrammet (SDDP, Swedish Deep Drilling Program) är ett mycket intressant projekt som Vetenskapsrådet finansierar. Pereira anser det är mycket positivt att SKB kommer att engagera sig i detta projekt. Därmed anser Pereira att SKB går till mötes önskan om mer forskning gällande djupa borrhål som har efterlysts av flera intressenter inklusive delar av miljörelsen. Pereira saknar dock en mer fyllig information än den som ges i Fud-program 2010 om SKB:s planer inom SDDP.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning om saltvattnets stabilitet på stora djup inte motsvarar myndighetens förväntningar som återspeglades i SSM:s granskningsrapport rörande kompletteringen till Fud-program 2007 (SSM 2009/1365). SSM delar inte SKB:s uppfattning att en utförligare analys av grundvattnets stabilitet på stora djup endast kan genomföras i kvalitativa termer. SKB har tidigare genomfört kvantitativa studier för att undersöka om uppvärmningen av vattnet på stora djup från kapslarna kan verka som en drivkraft som motverkar salta vattnets benägenhet att inte strömma uppåt (Marsic m.fl., 2006). Modelleringsresultaten indikerade att så inte är fallet.

SSM anser att SKB ytterligare bör studera osäkerheter i samband med saltvattnets stabilitet på stora djup. Förutom relevanta konceptuella och parametersäkerheter som delvis adresserats i den tidigare studien bör exempelvis frågor om påverkan av stora gradienter orsakade av en avsmältande inlandsis eller brunnar undersökas. SSM noterar att SKB i texten redovisar att salthalten inte visat sig öka med djupet i Klipperås medan Figur 27-3 pekar på motsatsen.

SSM ser positivt på att SKB planerar presentera en fördjupad expertbedömning kring genomförbarheten av deponering i djupa borrhål i ansökan. Eftersom underlaget inte har varit tillgängligt vid denna granskning kan SSM dock inte bedöma om ytterligare insatser i denna fråga kan vara påkallade. Även Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning ger i sitt remissyttrande uttryck för den likande synpunkten att det inte finns underlag för myndigheten att bedöma SKB:s kunskapsläge rörande djupa borrhål.

SKB redovisar i Fud-program 2010 planer på att delta i SDDP inom ramen för programmet för processer kring reaktivering – rörelse längst befintliga sprickor (se avsnitt 6.9.7 i denna rapport). SKB redovisar inte några kopplingar mellan deltagandet i projektet och arbetet med alternativa metoden djupa borrhål. SSM kan därför inte bedöma ifall SKB:s deltagande i projektet kan anses som en del av arbetet med djupa borrhål vilket Östhammars kommuns konsult Pereira ger uttryck för.

SSM delar Uppsala universitets synpunkt att ett koncept som endast har berget som skyddande barriär har en allvarlig brist eftersom det inte uppfyller SSM:s föreskriftskrav på ett flerbarriärssystem. Myndigheten anser dock fortfarande att de insatser som beskrivs ovan bör genomföras av SKB eftersom det inte principiellt är uteslutet att flera barriärer kan upprätthållas i ett förvar av typ djupa borrhål.

SSM kommer i prövningen av ansökan om ett slutförvar för använt kärnbränsle ta ställning till om den presenterade redovisningen av alternativa metoder i ansökan är tillräcklig för att kunna bedöma metodvalsfrågan.

8. Synpunkter på samhällsvetenskaplig forskning

8.1. Inledning

SSM redovisar i detta kapitel sina synpunkter på SKB:s samhällsvetenskapliga forskning som utgör del V i Fud-program 2010 och motsvarar kapitel 28 – 32 i SKB:s rapport. Även remissinstansernas synpunkter framgår av följande redovisning.

8.2. Översikt – samhällsvetenskaplig forskning

SKB:s redovisning

SKB har sedan år 2004 bedrivit forskning inom det samhällsvetenskapliga området och har för avsikt att under 2011 göra en slutlig bedömning av programmets resultat och även göra en bedömning av framtida forskningsbehov.

SKB:s samhällsforskning har fokuserats på fyra generella forskningsområden som bedömts som särskilt relevanta för avfallsfrågan och för kommunerna:

- Socio-ekonomisk påverkan – samhällsekonomiska effekter
- Beslutsprocesser
- Opinion och attityder – psykosociala effekter
- Omvärldsförändringar

Syftet med samhällsforskningsprogrammet är enligt SKB att:

- bredda perspektivet på kärnbränsleprogrammets samhällsaspekter,
- ge djupare kunskap och bättre underlag för plats- och projektanknutna utredningar och analyser, samt att
- bidra med underlag och analyser till forskning som rör samhällsaspekter av stora industri- och infrastrukturprojekt.

SKB menar att samhällsforskningen därmed bidrar till förbättrade möjligheter att utvärdera och bedöma kärnbränsleprogrammet i ett större sammanhang samt att höja kvaliteten på olika beslutsunderlag. Samtidigt betonar SKB att samhällsforskningsprogrammet är helt fristående från såväl MKB som ansökningar, men menar att samhällsforskningen har kommit till användning i SKB:s praktiska arbete.

När det gäller utlysning av forskningsmedel anger SKB att två huvudkriterier måste vara uppfyllda för att en ansökan ska komma i fråga för

medelstilleddning. Dessa två kriterier är dels att ansökan ska vara inomvetenskapligt relevant och av god kvalitet, dels att den är relevant för SKB:s uppdrag.

Remissinstansernas synpunkter

Boverket anser att den samhällsvetenskapliga forskning som bedrivs av SKB är väsentlig för en långsiktigt hållbar hantering av kärnbränsle, utbränt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall. Med anledning av att EU-kommissionen i ett nytt direktiv föreslår att varje EU-land senast 2015 ska presentera nationella planer för slutförvar av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall anser Boverket att det vore önskvärt att SKB:s samhällsvetenskapliga forskning belyser om medborgarna i Sverige har en annan inställning till förvaring av utländskt kärnavfall än av svenskt.

Boverket noterar vidare att intresset hos näringslivet för att undersöka möjligheterna för uranbrytning i Sverige har ökat kraftigt på senare år. Boverket framför synpunkten att SKB skulle kunna bredda sitt Fud-program och inom ramen för den samhällsvetenskapliga forskningen studera var och hur en uranbrytning skulle kunna bedrivas som har acceptans hos allmänheten och kommunerna.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) konstaterar att SKB:s sammanfattande beskrivning av den samhällsvetenskapliga forskningen avspeglar antingen påtaglig omedvetenhet eller självmedvetenhet. Enligt föreningarna framstår framför allt uttalandet att SKB vill presentera ett från ansökningarna fristående underlag som kan ge en bred belysning av viktiga samhällsaspekter som närmast avsiktligt vilseledande. Detta inte minst mot bakgrund av SKB:s egen redovisning av syftet med forskningen i det inledande avsnittet om Fud-programmen 2004 och 2007.

Föreningarna anser att SKB:s forskning riskerar att binda upp forskare med lämplig kompetens som skulle kunna genomföra från SKB fristående forskning och få andra tänkbara anslagsgivare att avstå från att satsa på denna forskning som redan till synes är finansierad. Konsekvensen av de rådande förhållandena kan sålunda bli att det utanför SKB:s forskning varken finns forskare eller forskningsmedel för fristående forskning inom området.

Föreningarna konstaterar vidare att huvuddelen av avsnittet om samhällsforskning i Fud-program 2010 (Del V) utgörs av relativt omfattande referat av genomförda projekt. Föreningarna anser att det finns åtskilliga tveksamma påståenden i dessa referat, men det kan övergripande ifrågasättas om dessa beskrivningar hör hemma i ett Fud-program, framför allt som eventuell fortsatt forskning varken är bestämd eller beskriven.

Föreningarna anser sammanfattningsvis att finansieringen av SKB:s samhällsvetenskapliga forskning bör avslutas omgående. Ej avslutade forskningsprojekt bör överföras till lämplig fristående instans, vilken även bör få i uppdrag att värdera om fortsatt forskning erfordras och hur denna i så fall ska planeras och genomföras. Vidare vill föreningarna påminna om att DIALOG-projektet med representanter för alla betydande aktörer inom kärnavfallsområdet (utom SKB) dels föreslog att MKB-processen skulle genomföras fristående från SKB, dels rekommenderade ökade resurser för instanser utanför SKB (SKI, 1993).

Opinionsgruppen för säker slutförvaring har tidigare framfört kritiska synpunkter på att det ansvariga kärnavfallsbolaget även ägnar sig åt så kallad samhällsforskning. Opinionsgruppen menar fortfarande att den uppgiften borde ligga på en annan aktör för att undvika att det blir styrd sektorforskning av lägre vetenskaplig kvalitet.

Opinionsgruppens bestämda intryck är att det samhällsvetenskapliga programmet aldrig har varit tänkt som ett strikt vetenskapligt forskningsprogram, utan mer som ett acceptansfrämjande kvalificerat utredande. Den bilden stärks av att det samhällsvetenskapliga programmet har legat under ansvarsområdet för samråd och information hos SKB, och inte under forskningsavdelningen.

Opinionsgruppen saknar kompetens att bedöma den faktiska kvaliteten i den utförda forskningen, men gruppen har synpunkter på hur anslagen har lyst ut och hur arbeten har hanterats. I samband med utlysningen av forskarstipendierna har bolaget presenterat förslag på lämpliga ämnen för forskning på detta område. Opinionsgruppen har noterat att de forskare som därefter har beviljats medel, också har förhållit sig till denna önskelista. Ett krav för att få del av forskningsmedlen har varit att publicera sig i SKB:s egna publikationer, med förutbestämt format och distribution. Men först efter att kvaliteten på arbetena har bedömts och godkänts av bolagets egen forskarpanel (beredningsgrupp). Detta förfarande skiljer sig från den gängse inom den natur-, teknik- och samhällsvetenskapliga forskningen. Där måste man underställa pågående och färdiga studier s.k. *double blind peer reviewing* i internationella tidskrifter. SKB:s hantering gör att man måste ifrågasätta den vetenskapliga kvaliteten i det samhällsvetenskapliga programmet.

Regionförbundet i Kalmar län har tagit del av den samhällsvetenskapliga forskningen både via rapporter och som föreläsningar under seminarier. Regionförbundet är mycket positivt till SKB:s samhällsforskning och ser fram emot resultaten av de nya forskningsprojekten som förbundet hoppas och tror ska kunna ge regionen ny kunskap kring slutförvarsfrågan. Förbundet noterar att med hänsyn till frågans komplexitet finns det all

anledning att hålla dörren öppen för fortsatt samhällsforskning och samhällsutredningar även efter de tider som anges i programmet.

Regionförbundet i Kalmar län noterar vidare att tyvärr så har inga nya projektansökningar under perioden inkommit till SKB inom området Socioekonomisk påverkan – samhällsekonomiska effekter.

Sveriges Kommuner och Landsting stödjer SKB:s samhällsvetenskapliga forskning och anser att den internationella utvärderingen som ska ske under våren 2011 utgör en god grund för såväl vidare FoU som för åtgärder för att utveckla och förbättra planerings- och beslutsprocessen samt dialogen med medborgarna. Man anser även att det behövs en starkare koppling till medborgarna och framhåller särskilt frågeställningar kopplade till opinion och attityder, psykosociala effekter och omvärldsförändringar.

Uppsala universitet är av uppfattningen att principiellt är det samhällsvetenskapliga forskningsprogrammet i anslutning till SKB ambitiöst och att projektmedel har beviljats inom relativt vida ramar samt inom vida samhällsvetenskapliga fält.

Universitetet anser vidare att den utlovade rapporten med en sammanfattande värdering till år 2011 av samhällsforskningsprogrammet samt framtida forskningsbehov med påföljande internationell konferens är ett rimligt initiativ. Det är enligt universitetets uppfattning väsentligt att också en internationell utvärdering av programmet och eventuella kunskapsluckor görs och kommer att ingå i rapporteringen. Universitet ställer också frågan varför SKB låser sig i sammanhanget till begreppet slutförvar och inte till den mer neutrala termen långtidsförvar, som på ett annat sätt skulle bidra till belysningen av väsentliga frågeställningar.

Vetenskapsrådet rekommenderar att SKB påbörjar ett program för grundforskning kring de framtida slutförvarerna och föreslår att medel utlyses inom följande tematiska samhällsvetenskapliga områden:

- Forskning kring människors uppfattning om risker
- Förhållandet mellan det nationella intresset och lokal bestämmanderätt i beslutsprocesser.

Östhammars kommun vill understryka att SKB även fortsättningsvis bör planera för ett samhällsvetenskapligt forskningsprogram eftersom nya frågeställningar kan aktualiseras när ansökan lämnats in.

Östhammars kommuns referensgrupp lämnar även nedanstående förslag till områden för forskning;

- Hur tar staten sitt ansvar i den här processen för att se till att lösa problematiken med infrastruktur kring etableringen i kommunen av ett stort industriprojekt av nationellt intresse?
- Vem har ansvar för, och är ägare av, kärnavfallet (inklusive det använda kärnbränslet) efter förslutning av slutförvaren?

SSM:s bedömning

SSM anser att det är positivt att SKB bedriver samhällsvetenskaplig forskning inom ramen för sitt kärnbränsleprogram. Forskningen ger en ökad förståelse för den ekonomiska och sociala dimensionen av slutförvaret. SSM noterar även att alla remissinstanser, utom Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning samt Oss, som har berört den samhällsvetenskapliga forskningen i sina yttranden är positiva till programmet och anser att SKB bör fortsätta att bedriva forskning inom det samhällsvetenskapliga området.

Myndigheten anser dock att SKB fortfarande inte på ett tydligt sätt redogör för vilken roll det samhällsvetenskapliga forskningsprogrammet har i förhållande till övrig verksamhet inom ramen för kärnbränsleprogrammet, och vilken nytta SKB har och har haft av den samhällsvetenskapliga forskningen. SKB menar att samhällsforskningen bidrar till att förbättrade möjligheter att utvärdera och bedöma kärnbränsleprogrammet i ett större sammanhang samt att höja kvaliteten på olika beslutsunderlag. Samtidigt betonar SKB att samhällsforskningsprogrammet är helt fristående från såväl MKB som ansökningar, men menar att samhällsforskningen har kommit till användning i SKB:s praktiska arbete. SSM anser därmed att SKB bör förtydliga detta i kommande redovisningar.

SKI efterfrågade i Fud-programmet 2007 ett tydliggörande av kopplingen mellan den samhällsvetenskapliga forskningen, tillståndsansökningarna, MKB-dokument och utredningar.

SSM kan konstatera att syftet med den samhällsvetenskapliga forskningen har förändrats något genom åren. I Fud-program 2004 kopplar SKB behovet av samhällsvetenskaplig forskning på ett tydligt sätt till den MKB, och beskrivningen av samhällsaspekter, som ska tas fram inom ramen för tillståndsansökningarna. Denna koppling finns inte längre. Istället ser man samhällsforskningen som helt fristående från MKB och ansökningar. Samtidigt kan SSM konstatera att SKB anger att den samhällsvetenskapliga forskningen har kommit till användning i deras praktiska arbete och att kunskap och resultat från samhällsforskningen utnyttjas till att höja kvaliteten på olika beslutsunderlag.

Myndigheten anser därmed att ett tydliggörande av kopplingen mellan den samhällsvetenskapliga forskningen och SKB:s övriga verksamhet inom ramen för kärnbränsleprogrammet fortfarande är på sin plats. Myndigheten anser även att SKB bör redogöra för varför frikopplingen från MKB och ansökningar har skett samt om och på vilket sätt det har förändrat inriktningen på samhällsforskningsprogrammet.

SKI efterfrågade även i Fud-program 2007 ett tydliggörande av hur forskningsprojekt har valts och hur finansiering delats upp mellan olika forskningsområden.

När det gäller utlysning av forskningsmedel anger SKB att två huvudkriterier måste vara uppfyllda för att en ansökan ska komma i fråga för medelstilleddning. Dessa två kriterier är att ansökan ska vara inomvetenskapligt relevant och av god kvalitet samt att den är relevant för SKB:s uppdrag.

Med tanke på att det finns oklarheter vad gäller syftet bakom SKB:s samhällsforskningsprogram anser myndigheten att SKB behöver förtydliga vad kriteriet ”att ansökan ska vara relevant för SKB:s uppdrag” innebär. SSM anser inte att detta framgår i Fud-program 2010.

9. Referenser

Sammanfattningen

SKB, 2010. Fud-program 2010, program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering, och slutförvaring av kärnavfall. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2010. Lokalisering av slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall – Preliminär version. SKB P-10-35, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 3

SKB, 1992. PASS – Projekt AlternativStudier för Slutförvar, Slutrapport. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2001. Forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprogram för ett KBS-3-förvar med horisontell deponering. SKB R-01-55, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKI, 2008. SKI:s yttrande och utvärdering av SKB:s redovisning av Fud-program 2007. SKI Rapport 2008:48, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

Kapitel 4

SKB, 2010. Lokalisering av slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall – Preliminär version. SKB P-10-35, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm

Kapitel 5

Kapitel 5.3

SKB, 1999. Djupförvar för använt kärnbränsle. SR 97 - Säkerheten efter förslutning. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2006. Measurements of decay heat in spent nuclear fuel at the Swedish interim storage facility. SKB R-05-62, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SSI, 2005. SSI:s granskning av SKB:s Fud-prgram 2004. SSI Rapport 2005:11, Statens strålskyddsinsitut, Stockholm.

Kapitel 5.4

SKB, 2009a. Oförstörande provning av kapselkomponenter och svetsar. SKB rapport 1179633 version 3,0, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009b. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2010. Design analysis report for the canister. SKB TR-10-28, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 5.5

Börgesson L, Sandén T, 2006. Piping and erosion in buffer and backfill materials - Current knowledge. SKB R-06-80, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Börgesson L, Gunnarsson D, Johannesson L-E, Sandén T, 2002. Äspö Hard Rock Laboratory. Prototype repository. Installation of buffer, canister, backfill and instruments in Section I. SKB IPR-02-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Börgesson L, Gunnarsson D, Johannesson L-E, Karlzén R, Sandén T, 2004. Äspö Hard Rock Laboratory. Prototype repository. Installation of buffer, canister, backfill, plug and instruments in Section II. SKB IPR-04-13, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Börgesson L, Sandén T, Fälth B, Lindgren E, 2005. Studies of buffers behaviour in KBS-3H concept, Work during 2002 – 2004. SKB R-05-50, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dahlström L-O, 2009. Experiences from the design and construction of plug II in the Prototype Repository, Prototype Repository. SKB R-09-49, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Goudarzi R, Åkesson M, Hökmark H, 2008. Äspö Hard Rock Laboratory. Temperature buffer test. Sensors data report (Period 030326-080701, Report No. 12). SKB IPR-09-04, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, 1999. Compaction of full-size blocks of bentonite for the KBS-3 concept, initial tests for evaluating the technique. SKB R-99-66, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, Börgesson L, 1999. Compaction of bentonite blocks, Development of techniques for production of blocks with different shapes and sizes. SKB R-99-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, Börgesson L, Sandén T, 1995. Compaction of bentonite blocks, Development of technique for industrial production of blocks which are manageable by man. SKB TR-95-19, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kalbantner P, Johannesson L-E, 2000. Hållfasthetsberäkningar för en bentonitbuffert bestående av enaxligt kompakterade bentonitkroppar. SKB R-00-42, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Karnland O, Olsson S, Dueck A, Birgersson M, Nilsson U, Hernan-Håkansson T, Pedersen K, Nilsson S, Eriksen T E, Rosborg B, 2009. Long term test of buffer material at the Äspö Hard Rock Laboratory, LOT project, Final report on the A2 test parcel. SKB TR-09-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2008. Äspö Hard Rock Laboratory, Annual report 2008. SKB TR-08-10, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Smart N R, Rance A P, 2009. Miniature canister corrosion experiment – results of operations to May 2008. SKB TR-09-20, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Thorsager P, Börgesson L, Johannesson L-E, Sandén T, 2002. Äspö Hard Rock Laboratory. Canister retrieval test. Report on installation. SKB IPR-02-30, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Wimelius H, Pusch R, 2008. Buffer protection in the installation phase. SKB R-08-137, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Åberg A, 2009. Effect of water inflow on the buffer – an experimental study. SKB R-09-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 5.6

Börgesson L, Hernelind J, 2009. Mechanical interaction buffer/backfill, finite element calculations of the upward swelling of the buffer against both dry and saturated backfill. SKB R-09-42, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Börgesson L, Johannesson L-E, 2006. Consequences of upwards swelling from a wet deposition hole into a dry tunnel with backfill made of blocks, a preliminary study. SKB TR-06-12, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Börgesson L, Sandén T, 2006. Piping and reosion in buffer and backfill materials, Current knowledge. SKB R-06-80, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dahlström L-O, 2009. Experiences from the design and construction of plug II in the Prototype Repository. Prototype Repository. SKB R-09-49, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dahlström L-O, Magnusson J, Gueorgiev G, Johansson M, 2009. Feasibility study of a concrete plug made of low pH concrete. SKB R-09-34, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dixon D, Lundin C, Örtendahl E, Hedin M, Ramqvist G, 2008a. Deep repository – engineered barrier systems. Half scale tests to examine water uptake by bentonite pellets in a block-pellet backfill system. SKB R-08-132, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dixon D, Antilla S, Viitanen M, Keto P, 2008b. Tests to determine water uptake behaviour of tunnel backfill (Backfill tests at Åspö). SKB R-08-134, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Fälth B, Gatter P, 2009. Mechanical and thermo-mechanical analyses of the tapered plug for plugging of deposition tunnel. A feasible study. SKB R-09-33, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Gunnarsson D, Börgesson L, Keto P, Tolppanen P, Hansen J, 2004. Backfilling and closure of the deep repository Assessment of backfill concepts. SKB R-04-53, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Gunnarsson D, Morén L, Sellin P, Keto P, 2006. Deep repository – engineered barrier systems. Assessment of backfill materials and methods

for deposition tunnels. SKB R-06-71, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, 2008. Backfilling and closure of the deep repository. Phase 3 – pilot tests to verify engineering feasibility. Geotechnical investigation made on unsaturated backfill materials. SKB R-08-131, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, Nilsson U, 2006. Deep repository-engineered barrier systems. Geotechnical behavior of candidate backfill materials. Laboratory tests and calculations for determining performance of the backfill. SKB R-06-73, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, Sandén T, Bueck A, 2008. Deep repository-engineered barrier system. Wetting and homogenisation processes in backfill materials. Laboratory tests for evaluating modelling parameters. SKB R-08-136, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Keto P, Dixon D, Jonsson E, Gunnarsson D, Börgesson L, Hansen J, 2009. Assessment of backfill design for KBS-3V repository. SKB R-09-52, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Pusch R, 1998. Backfilling with mixtures of bentonite/ballast materials or natural smectitic clay? SKB TR 98-16, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Pusch R, 2001. Experimental study of the effect of high porewater salinity on the physical properties of a natural smectitic clay. SKB TR-01-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Sandén T, Börgesson L, 2006. Deep repository-engineered barrier system. Piping and erosion in tunnel backfill. Laboratory tests to understand processes during early water uptake. SKB R-06-72, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Sandén T, Börgesson L, Dueck A, Goudarzi R, Lönnqvist M, 2008. Deep repository-engineered barrier system. Erosion and sealing processes in tunnel backfill materials investigated in laboratory. SKB R-08-135, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Vogt C, Lagerblad B, Wallin K, Baldy F, Jonasson J-E, 2009. Low pH self-compacting concrete for deposition tunnel plugs. SKB R-09-07, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Wimelius H, Pusch R, 2008. Backfilling of KBS-3V deposition tunnels – possibilities and limitations. SKB R-08-59, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Kapitel 5.7

Pusch R, Ramqvist G, 2007. Borehole project – Final report of Phase 3. SKB R-07-58, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2006. Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation Main Report of the SR-Can project. SKB TR-06-09, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 5.8

Brantberger M, Janson T, 2009. Underground Design Forsmark, Layout D2 Grouting. SKB R-08-114, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Geier J, 2008. Discrete-feature modelling of groundwater flow and solute transport for SR-Can review, external review contribution in support of SKI's and SSI's review of SR-Can. SKI rapport 2008:11, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

INSITE, 2009. Site engineering report (SER) Forsmark, Review of SKB TR-08-83: Guidelines for underground design step D2 (printers' proof, dated April 2009). Diariennr. SSM 2009/277, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

SKB, 2007. Final repository facility Underground design premises/D2. SKB R-07-33 Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009a. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009b. Site engineering report Forsmark. Guidelines for underground design Step D2. SKB R-08-83, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 6

Kapitel 6.1

SKB, 1999. Djupförvar för använt kärnbränsle. SR 97 - Säkerheten efter förslutning. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 6.3

Olvmo M, 2010. Review of denudation processes and quantification of weathering and erosion rates at a 0.1 to 1 Ma time scale. SKB TR-09-18, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Sundberg J, Back P E, Ländell M, Sundberg A, 2009. Modelling of temperature in deep bore holes and evaluation of geothermal heat flow at Forsmark and Laxemar. SKB TR-09-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 6.4

Fanger G, Skagius K, Wiborgh M, 2001. Projekt Safe Complexing agents in SFR. SKB R-01-04, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Höglund L O, 1989. Effects of degradation products from ion exchange resins on the concrete structures in the SFR Silo repository. SFR Technical PM no. 52, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Pettersson M, Elert M, 2001. Characterisation of bitumenised waste in SFR 1. SKB R-01-26, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 6.6

Broczkowski M, Noël J, Shoesmith D, 2005. The inhibiting effects of hydrogen on the corrosion of uranium dioxide under nuclear waste disposal conditions. *J. Nucl. Mater.*, 346, 16–23.

Broczkowski M, Goldik J, Santos B, Noël J, Shoesmith D, 2006. Corrosion of nuclear fuel inside a failed copper nuclear waste container. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 985, 3–14.

Burns W G, Sims H E, 1981. Effect of radiation type in water radiolysis. *J. Chem. Soc., Faraday Trans. 1*, 77, 2803-2813.

Burns W G, May R, Baverstock K F, 1981a. Oxygen as a product of water radiolysis in high-LET tracks. I. The origin of the hydroperoxyl radical in water radiolysis. *Radiation Research*, 86, 1-19.

Burns W G, May R, Baverstock K F, 1981b. Oxygen as a product of water radiolysis in high-LET tracks. II. Radiobiological implications. *Radiation Research*, 86, 20-33.

Carbol P, Cobos-Sabate J, Glatz J-P, Grambow B, Kienzler B, Loida A, Martinez Esparza A, Metz V, Quiñones J, Ronchi C, Rondinella V, Spahiu K, Wegen D, Wiss T, 2005. The effect of dissolved hydrogen on the dissolution of ²³³U doped UO₂(s), high burnup spent fuel and MOX fuel. SKB TR 05-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Carbol P, Fors P, Van Winckel S, Spahiu K, 2009. Corrosion of irradiated MOX fuel in presence of dissolved H₂. *J. Nucl. Mater.*, 392, 45–54.

Casella A, Hanson B, Miller W, 2008. Factors affecting UO₂ dissolution under geological disposal conditions. *Proc. Int. High-Level Waste Management Conf.*, ANS, Las Vegas, pp 388–394.

Cui D, Ekeröth E, Fors P, Spahiu K, 2008. Surface mediated processes in the interaction of spent fuel or α -doped UO₂ with H₂. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 1104, 87–99.

Dubessy J, Pagel M, Beny J-M, Christensen H, Hickel B, Kosztolanyi C, Poty B, 1988. Radiolysis evidenced by H₂-O₂ and H₂-bearing fluid inclusions in three uranium deposits. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 52, 1155-1167.

Dverstorp B, Strömberg B, Brickstad B, Lindgren G, Liu J, Toverud Ö, Wallberg P, Xu S, 2008. SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s säkerhetsrapport SR-Can. SKI rapport 2008:19, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

Ekeröth E, Low J, Zwicky H-U, Spahiu K, 2009. Corrosion studies with high burnup LWR fuel in simulated groundwater. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 1124, Q02-07.

Ferry C, Lovera P, Poinssot C, Garcia P, 2005. Enhanced diffusion under alpha self-irradiation in spent nuclear fuel: Theoretical approaches. *J. Nucl. Mater.*, 346, 48-55.

Fors P, Carbol P, Van Winkel S, Spahiu K, 2008. High burnup fuel corrosion under reducing conditions. Proc. Int. High-Level Waste Management Conf., ANS, Las Vegas, pp 380–387.

Fors P, Cabol P, Van Winkel S, Spahiu K, 2009. Corrosion of high burn-up structured UO_2 fuel in the presence of dissolved H_2 . J. Nucl. Mater., 394, 1–8.

Grambow B, Loida A, Dressler P, Geckeis H, Gago J, Casas I, de Pablo J, Gimenez J, Torrero M E, 1996. Long-term safety of radioactive waste disposal: Chemical reaction of fabricated and high burnup spent fuel with saline brines. Forschungszentrum Karlsruhe, FZKA 5702.

Grambow B, Loida A, Martinez-Esparza A, Diaz-Arocas P, de Pablo J, Paul J-L, Marx G, Glatz J-P, Lemmens K, Ollila K, Christensen H, 2000. Source term for performance assessment of spent fuel as a waste form. European Commission, Nuclear Science and Technology, EUR 19140 EN 2000.

Grandstaff D E, 1976. A Kinetic study of the dissolution of uraninite. Economic Geology, 71, 1493–1506.

Gray W J, Strachan D M, Wilson C N, 1992. Gap and grain boundary inventories of Cs, Tc and Sr in spent LWR fuel. Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 257, 353–360.

Gray W J, 1999. Inventories of iodine-129 and cesium-137 in the gaps and grain boundaries of LWR fuels. Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 556, 487–494.

He H, Keech P, Brockowski M, Noel J, Shoesmith D, 2007. Characterisation of the influence of fission product doping on the anodic reactivity of uranium dioxide. Can. J. Chem., 85, 1–12.

Hossain M M, Jonsson M, 2008a. UO_2 oxidation site densities determined by one- and two electron oxidants, J. Nucl. Mater., 373, 186–189.

Hossain M M, Jonsson M, 2008b. Effects of ionic strength on the kinetics of UO_2 oxidation. J. Nucl. Mater., 373, 190–193.

Jégou C, Peugeot S, Broudic V, Roudil D, Deschanel X, Bart J M, 2004. Identification of the mechanism limiting the alteration of clad spent fuel segments in aerated carbonated groundwater. J. Nucl. Mater., 326, 144–155.

Johnson L H, McGinnes D F, 2002. Partitioning of radionuclides in Swiss power reactor fuels. Nagra Technical Report 02-07.

Johnson L H, Poinssot C, Ferry C, Lovera P, 2004. A report of the Spent Fuel Stability (SFS) Project of the 5th Euratom Framework Program, Estimates of the instant release fraction for UO₂ and MOX fuel at t = 0. Nagra Technical Report 04-08.

Johnson L H, Ferry C, Poinssot C, Lovera P, 2005. Spent fuel radionuclide source term for estimating spent fuel performance in geological disposal. Part 1. Assessment of the instant release fraction. J. Nucl. Mater., 346, 56–65.

Kamikura K, 1992. FP gas release behaviour of high burnup MOX fuels for thermal reactors. Proc. of Technical Committee Meeting on Fission Gas Release and Fuel Rod Chemistry Related to Extended Burnup. Pembroke, Ontario, Canada, 28 April - 1 May 1992. IAEA-TECDOC-697, p 82.

Kelm M, Bohnert E, 2004. A kinetic model for the radiolysis of chloride brine, its sensitivity against model parameters and a comparison with experiments. FZKA 6977 Report, Forschungszentrum Karlsruhe.

Kelm M, Bohnert E, 2005. Gamma radiolysis of NaCl brine: Effect of dissolved radiolysis gases on the radiolytic yield of long-lived products. J. Nucl. Mater., 346, 1–4.

LeVerne J A, Tandon L, 2002. H₂ production in the radiolysis of water on CeO₂ and ZrO₂. J. Phys. Chem. B, 106, 380-386.

Muzeau B, Jégou C, Delaunay F, Broudic V, Brevet A, Catalette H, Simoni E, Corbel C, 2009. Radiolytic oxidation of UO₂ pellets doped with alpha emitters (^{238/239}Pu). J. Alloy Compounds, 467, 578–589.

Metz V, Bohnert E, Kelm M, Schild D, Reinhardt J, Kienzler B, Buchmeiser M, 2007. γ -radiolysis of NaCl brine in the presence of UO₂(s): Effects of hydrogen and bromide. Mat. Res. Soc. Symp. Proc., 985, 33–40.

Nielsen F, Jonsson M, 2006. Geometrical α - and β -dose distributions and production rates of radiolysis products in water in contact with spent nuclear fuel. J. Nucl. Mater., 359, 1–7.

- Nielsen F, Jonsson M, 2008. Simulations of H₂O₂ concentration profiles in the water surrounding spent nuclear fuel taking mixed radiation fields and bulk reactions into account. *J. Nucl. Mater.*, 374, 281–285.
- Nielsen F, Ekeröth E, Eriksen T E, Jonsson M, 2008. Simulation of radiation induced dissolution of spent nuclear fuel using the steady state approach. A comparison to the experimental data. *J. Nucl. Mater.*, 374, 286–289.
- Nilsson S, Jonsson M, 2008a. On the catalytic effect of UO₂(s) and Pd(s) on the reaction between H₂O₂ and H₂ in aqueous solution. *J. Nucl. Mater.*, 372, 160–163.
- Nilsson S, Jonsson M, 2008b. On the catalytic effect of Pd(s) on the reduction of UO₂²⁺ with H₂ in aqueous solution. *J. Nucl. Mater.*, 374, 290–292.
- Nordström E, 2009. Fission gas release data for Ringhals PWRs. SKB TR-09-26, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Oldberg K, 2009. Distribution of fission gas release in 10x10 fuel. SKB TR-09-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Oversby V M, 1996. Criticality in a high-level waste repository. A review of some important factors and an assessment of the lessons that can be learned from the Oklo reactor. SKB TR 96-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Oversby, V M, 1998. Criticality in a repository for spent fuel: lessons from Oklo. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.* Vol. 506, p 781.
- Pastina B, Isabey J, Hickel B, 1999. The influence of water chemistry on the radiolysis of primary coolant water in pressurized water reactors. *J. Nucl. Mater.*, 264, 309–318.
- Poinssot C, Ferry C, Poulesquen A, 2007. New perspectives for the spent nuclear fuel radionuclides release model in a deep geological repository. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 945, 111–116.
- Randinella V V, Cobos J, Wiss T, 2004. Leaching Behaviour of Low-Activity Alpha-Doped UO₂. *Mat. Res. Soc. Symp. Proc.*, 824, 167–173.
- Roth O, Hasselberg H, Jonsson M, 2009. On the impact of reactive solutes on radiation induced oxidative dissolution of UO₂. *J. Nucl. Mater.*, 383, 231–236.

Rovira M, El Aamrani S, Duro L, Gimenez G, de Pablo J, Bruno J, 2007. Interaction of uranium with in situ anoxically generated magnetite on steel. *J. Hazard. Mater.*, 147, 726–731.

Trummer M, Jonsson M, 2010. Resolving the H₂-effect on radiation induced of UO₂-based spent nuclear fuel. *J. Nucl. Mater.*, 396, 163–169.

Trummer M, Nilsson S, Jonsson M 2008. On the effects of fission product noble metal inclusions on the kinetics of radiation induced dissolution of spent nuclear fuel. *J. Nucl. Mater.*, 378, 55–59.

Trummer M, Roth O, Jonsson M, 2009. H₂ inhibition of radiation induced oxidative dissolution of spent fuel. *J. Nucl. Mater.*, 383, 226–230.

Van Konyenburg R A, 1995. Comments on the draft paper “Underground supercriticality from plutonium and other fissile material” written by C D Bowman and F Venneri (LANL).

Vinson D W, Deible R W, Sindelar R L, 2002. Evaluation of hydrogen generation from radiolysis from breached spent fuel. Westinghouse Savannah River Company Report, WSRC-MS-2002-00728.

Werme L O, Johnson L H, Oversby V M, King F, Spahiu K, Grambow B, Shoesmith D W, 2004. Spent fuel performance under repository conditions: A model for use in SR-Site. SKB TR 04-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Kapitel 6.7

Ariolahti E, Lehtikuusi T, Saario T, Varis P, 2010. Sulphide induced stress corrosion cracking of copper – Intermediate Report 3. VTT Research report VTT-R-10541-10.

Gdowski G E, Bullen D B, 1998. Survey of degradation Modes of Candidate Materials for High-Level Radioactive-Waste Disposal Containers, Vol 6, Effects of Hydrogen and copper-Based Alloys. UCID-21362, Science&Engineering Associates, Inc. Pleasanton, Calif., August 1998.

Pettersson K, 2010. A study of grain boundary sliding in copper with and without an addition of phosphorus. *Journal of Nuclear Materials*, Volume 405, Issue 2, 15 October 2010, Pages 131-137.

Rosborg B, Werme L, 2008. The Swedish nuclear waste program and the long-term corrosion behaviour of copper. *Journal of Nuclear Materials*, vol 379, 142-153.

SKB 2006. Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar – a first evaluation. TR-06-09, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2007. Origin of the extra low creep ductility of copper without phosphorus. SKB TR-07-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009b. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009c. Long term test of buffer material at the Äspö Hard Rock Laboratory, LOT project. SKB TR-09-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009d. Survey of creep properties of copper intended for nuclear waste disposal. SKB TR-09-32, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 6.8

Apted M J, Arthur R, Bennett D, Savage D, Sällfors G, Wennerström H, 2010. Buffer erosion: An overview of concepts and potential safety consequences. SSM rapport 2010:31, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

Birgersson M, Karnland O, 2009. Ion equilibrium between montmorillonite interlayer space and an external solution – consequences for diffusional transport. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 73, 1908-1923.

Birgersson M, Karnland O, Nilsson U, 2010. Freezing of bentonites. Experimental studies and theoretical considerations. SKB TR-10-40, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Birgersson M, Börgesson L, Hedström M, Karnland O, Nilsson U, 2009. Bentonite erosion. Final report from Clay Technology. SKB TR-09-34, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Börgesson L, Hernelind J, 2009. Mechanical interaction buffer/backfill. Finite element calculations of the upwards swelling of the buffer against

both dry and saturated backfill. SKB R-09-42, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Börgesson L, Sandén T, Fälth B, Åkesson M, Lindgren E, 2005. Studies of buffers behaviour in KBS-3H design. Work during 2002-2004. SKB R-05-50, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Cronstrand P, 2007. Modelling the long-time stability of the engineered barriers of SFR with respect to climate changes. SKB R-07-51, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Cuss RJ, Harrington J F, Noy D J, 2010. Large scale gas injection test (Lasgit) performed at the Äspö Hard Rock Laboratory. Summary report 2008. SKB TR-10-38, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dixon D, Anttila S, Viitanen M, Keto P, 2008a. Tests to determine water uptake behaviour of tunnel backfill. SKB R-08-134, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dixon D, Lundin C, Hedin M, Ramqvist G, 2008b. Deep repository – engineered barrier systems. Half scale tests to examine water uptake by bentonite pellets in a block-pellet backfill system. SKB R-08-132, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dueck A, 2010. Thermo-mechanical cementation effects in bentonite investigated by unconfined compression tests. SKB TR-10-41, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Dvinskikh S V, Furó I, 2009. Magnetic resonance imaging and nuclear magnetic resonance investigations of bentonite systems. SKB TR-09-27, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Emborg M, Jonasson J-E, Knutsson S, 2007. Långtidsstabilitet till följd av frysning och tining av betong och bentonit vid förvaring av låg- och medelaktivt kärnavfall i SFR 1. SKB R-07-60, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Fälth B, Hökmark H, 2006. Mechanical and thermo-mechanical discrete fracture near-field analyses based on preliminary data from the Forsmark, Simpevarp and Laxemar sites. SKB R-06-89, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Gaucher E, Tournassat C, Nowak C, 2005. Modelling the geochemical evolution of the multi-barrier system of the Silo of the SFR repository. Final report. SKB R-05-80, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Harrington J F, Horseman S T, 2003. Gas migration in KBS-3 buffer bentonite. Sensitivity of test parameters to experimental boundary conditions. SKB TR-03-02, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Hökmark H, Sundberg J, Lönnqvist M, Hellström G, Kristensson O, 2009. Strategy for thermal dimensioning of the final repository for spent nuclear fuel. Version 1.0. SKB R-09-04, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, Nilsson U, 2006. Deep repository – engineered barrier systems. Geotechnical behaviour of candidate backfill materials. Laboratory tests and calculations for determining performance of the backfill. SKB R-06-73, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, Sandén T, Dueck A, 2008. Deep repository engineered barrier system. Wetting and homogenization processes in backfill materials. Laboratory tests for evaluating modeling parameters. SKB R-08-136, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Johannesson L-E, Sandén T, Dueck A, Olsson L, 2010. Characterisation of a backfill candidate material, IBECO-RWC-BF. BACLO PROJECT PHASE 3. SKB R-10-44, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Jönsson B, Åkesson T, Bengt Jönsson B, Meehdi S, Janiak J, Wallenberg R, 2009. Structure and forces in bentonite MX-80. SKB TR 09-06, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Karnland O, Olsson S, Dueck A, Birgersson M, Nilsson U, Hernan-Håkansson T, Pedersen K, Nilsson S, Eriksen T E, Rosborg B, 2009. Long term test of buffer material at the Äspö Hard Rock Laboratory, LOT project. Final report on the A2 test parcel. SKB TR-09-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Krishna R, Wesselingh J A, 1997. The Maxwell-Stefan approach to mass transfer. Chem. Eng. Sci., 52, 861-911.

Neretnieks I, Liu L, Moreno L, 2009. Mechanisms and models for bentonite erosion. SKB TR-09-35, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Olsson S, Karnland O, 2009. Characterisation of bentonites from Kutch, India and Milos, Greece – some candidate tunnel back-fill materials? SKB R-09-53, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Richards T, 2010. Particle clogging in porous media. Filtration of a smectite solution. SKB TR-10-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Sandén T, Börgesson L, 2008. Deep repository engineered barrier system. Piping and erosion in tunnel backfill. Laboratory tests to understand processes during early water uptake. SKB R-06-72, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Sandén T, Börgesson L, Dueck A, Goudarzi R, Lönnqvist M, 2008. Deep repository-Engineered barrier system. Erosion and sealing processes in tunnel backfill materials investigated in laboratory. SKB R-08-135, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Savage D, Arthur R, Watson C, Wilson J, 2010. An evaluation of models of bentonite pore water evolution. SSM rapport 2010:12, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

SKB, 2006. Climate and climate-related issues for the safety assessment SR-Can. SKB TR-06-23, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

SKB, 2009. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Wersin P, Birgersson M, Olsson S, Karnland O, Snellman M, 2008. Impact of corrosion-derived iron on the bentonite buffer within the KBS-3H disposal concept – the Olkiluoto site as case study. SKB R-08-34, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Åberg A, 2009. Effect of water inflow on the buffer – an experimental study. SKB R-09-29, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Åkesson M, Kristensson O, Börgesson L, Dueck A, Hernelind J, 2010. THM modelling of buffer, backfill and other system components. Critical processes and scenarios. SKB TR-10-11, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 6.9

Backers T, 2005. Fracture Toughness Determination and Micromechanics of Rocks under Mode I and Mode II Loading. PhD thesis, University of Potsdam, Germany.

Backers T, Stephansson O, 2008. Modelling of fracture initiation, propagation and creep of a KBS-3V and KBS-3H repository in sparsely fractured rock with application to the design at Forsmark candidate site. SKI rapport 2008:25, Statens strålskyddsinstitut, Stockholm.

Backers T, Stephansson O, 2011. The influence of temperature and fluid pressure on the fracture network evolution around deposition holes of a KBS-3V concept at Forsmark. SSM rapport 2011:XX, Strålsäkerhetsmyndigheten, Stockholm, i tryck.

Benbow S, Walker C, Savage D 2007. Intercomparison of cement solid-solution models. SKI Report 2007:29, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

Bergelin A, Pedersen K, Wallin B, 2010. Sulphide production processes in groundwater: Investigation of 3 core drilled boreholes at Äspö and Laxemar. Technical Evaluation Forum meeting, Äspö Hardrock Laboratory.

Black J H, Barker, J A, 2007. An investigation of 'sparse channel networks' characteristic behaviours and their causes. SKB R-07-35, Svensk kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Chapman N, Bath A, Geier J, Stephansson O, Tirén S, Tsang C-F, 2010. INSITE Summary Report. SSM rapport 2010:30, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

Frampton A, Cvetkovic V, 2010. Numerical and analytical modeling of advective travel times in realistic three-dimensional fracture networks. Water Resour. Res., doi:10.1029/2010WR009290.

Geier J, 2008. Discrete-feature modelling of groundwater flow and solute transport for SR-Can review, external review contribution in support of SKI's and SSI's review of SR-Can. SKI rapport 2008:11, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

Geier J., 2009a, Hydrogeological Confirmatory Testing at the Forsmark and Laxemar Sites, INSITE M-09-04, D.nr SSM 2009/277, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

Geier J, 2009b. Review of Models for Discrete-Fracture Network and Minor Deformation Zones. INSITE M-09-05, D.nr SSM 2009/277, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

Geier J, 2010. Investigation of discrete fracture network conceptual model uncertainty at Forsmark. SSM rapport 2011:XX, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna, i tryck.

Glamheden R, Fälth B, Jacobsson L, Harrström J, Berglund J, Bergkvist L, 2010. Counterforce applied to prevent spalling. SKB TR-10-37, Svensk kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Hakami H, 2006. Numerical studies on spatial variation of the in situ stress field at Forsmark - a further step. Site descriptive modelling Forsmark - stage 2.1. SKB R-06-124, Svensk kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Hakami E, Min K-B, 2009. Modelling of the state of stress. Preliminary site description Laxemar subarea - version 1.2. SKB R-06-17, Svensk kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Hallbeck L, Pedersen, K 2008. Explorative analysis of microbes, colloids and gases. SDM-Site Forsmark. SKB R-08-85, Svensk kärnbränslehantering AB, Stockholm.

INSITE, 2009a. Comments on SKB Report TR-08-08 on the EDZ. INSITE M-09-10, D.nr SSM 2009/277, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

INSITE, 2009b. Consolidated review issues. The CRI list final Version: at the completion of the surface-based site investigations and production of the SDM-Site reports. INSITE M-08-09, D.nr SSM 2008/273, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

INSITE, 2009c. SDM-Site Forsmark Review of SKB TR-08-05 (Site description of Forsmark at Completion of the Site Investigation Phase) and supporting documentation. INSITE M-09-06, D.nr SSM 2009/277, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

INSITE, 2009d. SDM-Site Laxemar: Review of SKB TR-09-01 (Site description of Laxemar at Completion of the Site Investigation Phase) and supporting documentation. INSITE M-09-07, D.nr SSM 2009/277, Strålsäkerhetsmyndigheten, Solna.

Lund B, Schmidt P, Hieronymus C, 2009. Stress evolution and fault stability during the Weichselian glacial cycle. SKB rapport TR-09-15, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Löfgren M, 2004. Diffusive properties of granitic rock as measured by in situ electrical methods. Doctoral Thesis, Department of Chemical Engineering and Technology, Royal Institute of Technology, KTH, Stockholm, Sweden. ISBN 91-2783-035-X.

Mas Ivars D, Hakami H, 2005. Effect of a sub-horizontal fracture zone and rock mass heterogeneity on the stress field in Forsmark area - a numerical study using 3DEC. Preliminary site description Forsmark area - version 1.2. SKB R-05-59 Svensk kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Munier R, 2010. Full perimeter intersection criteria definitions and implementations in SR-Site. SKB TR-10-21, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Robinson P C, Watson C E, 2011. Quintessa's input to consequence analysis modeling ahead of SR-Site. SSM report 2011:XX, i tryck.

Rutqvist J, Tsang C-F, 2008. Review of SKB:s work on coupled THM processes within SR-Can – External review contribution in support of SKI:s and SSI:s review of SR-Can. SKI rapport 2008:08, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

Savage D, Benbow S, 2007. Low pH Cements. SKI Report 2007:32, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

SKB, 2009. Design premises for a KBS-3V repository based on results from the safety assessment SR-Can and some subsequent analyses. SKB TR-09-22, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Stenhouse M, Jegou C, Brown P, Meinrath G, Nitsche H, Ekberg C, 2008. Review of SR-Can: Evaluation of SKB's handling of spent fuel performance, radionuclide chemistry and geosphere transport parameters. SKI rapport 2008:17. Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

Szkalos P, Hultquist G, Wikmark G, 2007. Corrosion of copper by water. Electrochemical and Solid-State Letters, vol. 10, nr. 11, C63-C67.

Watson C, Benbow S, Savage D, 2007. Modelling the interaction of low pH cements and bentonite. SKI report 2007:30, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.

Kapitel 6.10

Wilmot R, Klos R, Wörman A, Shaw G, 2011. Review of SDM-Site Forsmark Surface System. SSM report 2011:XX, i tryck.

Kapitel 7

Marsic N, Grundfelt B, Wiborgh M, 2006. Very deep hole concept Thermal effects on groundwater flow. SKB R-06-59, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

Kapitel 8

SKI, 1993. DIALOG-projektet: Aktörsgruppens slutrapport. SKI TR 93:34, Statens kärnkraftinspektion, Stockholm.



2011:10

Strålsäkerhetsmyndigheten har ett samlat ansvar för att samhället är strålsäkert. Vi arbetar för att uppnå strålsäkerhet inom en rad områden: kärnkraft, sjukvård samt kommersiella produkter och tjänster. Dessutom arbetar vi med skydd mot naturlig strålning och för att höja strålsäkerheten internationellt.

Myndigheten verkar pådrivande och förebyggande för att skydda människor och miljö från oönskade effekter av strålning, nu och i framtiden. Vi ger ut föreskrifter och kontrollerar genom tillsyn att de efterlevs, vi stöder forskning, utbildar, informerar och ger råd. Verksamheter med strålning kräver i många fall tillstånd från myndigheten. Vi har krisberedskap dygnet runt för att kunna begränsa effekterna av olyckor med strålning och av avsiktlig spridning av radioaktiva ämnen. Vi deltar i internationella samarbeten för att öka strålsäkerheten och finansierar projekt som syftar till att höja strålsäkerheten i vissa östeuropeiska länder.

Strålsäkerhetsmyndigheten sorterar under Miljödepartementet. Hos oss arbetar drygt 250 personer med kompetens inom teknik, naturvetenskap, beteendevetenskap, juridik, ekonomi och kommunikation. Myndigheten är certifierad inom kvalitet, miljö och arbetsmiljö.

Strålsäkerhetsmyndigheten
Swedish Radiation Safety Authority

SE-171 16 Stockholm
Solna strandväg 96

Tel: +46 8 799 40 00
Fax: +46 8 799 40 10

E-post: registrator@ssm.se
Webb: stralsakerhetsmyndigheten.se