



Strål  
säkerhets  
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

# 2014:12

Granskning och utvärdering av SKB:s  
redovisning av Fud-program 2013





# Strålsäkerhetsmyndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

Regeringen  
Miljödepartementet  
103 33 Stockholm

## Yttrande

Vårt datum: 2014-03-28  
Er referens:  
Diarienumr.: SSM2013-2540  
Dokumentnr.: SSM2013-2540-5  
Handläggare: Bengt Hedberg  
Telefon: +46 8 799 4187

## Strålsäkerhetsmyndighetens yttrande över Fud-program 2013

### Strålsäkerhetsmyndighetens yttrande

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har lämnat in Fud-program 2013 till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) för granskning och utvärdering enligt 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen).

SSM föreslår att regeringen beslutar att reaktorinnehavarna genom SKB:s redovisning har fullgjort sina skyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen, men samtidigt ställer som villkor att SKB och reaktorinnehavarna inför redovisningen av Fud-program 2016 fortsatt ska samråda med myndigheten i frågor som rör 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), Fud-program 2013 till myndigheten för granskning och utvärdering den 30 september 2013.

SSM har granskat och utvärderat Fud-program 2013 enligt 26 § kärnteknikförordningen. Detta yttrande samt tillhörande granskningsrapport (bilaga 1) sammanfattar resultaten av granskningen och utvärderingen.

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](mailto:registrator@ssm.se)  
Webb: [stralsakerhetsmyndigheten.se](http://stralsakerhetsmyndigheten.se)



SSM har skickat Fud-program 2013 på en bred remiss till ca 70 organisationer för att inhämta synpunkter. Av dessa inkom 48 med svar, varav 21 avstod att yttra sig eller inte lämnade några synpunkter på programmet. En sammanställning av remissinstansernas synpunkter redovisas på övergripande nivå i granskningsrapportens sammanfattning samt mer detaljerat i rapportens olika granskningsavsnitt.

Regeringen ställde i sitt beslut om Fud-program 2010 som villkor att SKB och reaktorinnehavarna inför redovisningen av kommande Fud-program ska samråda med SSM i frågor rörande programmet för slutförvar av långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avvecklingsplaner och rivningsstudier. De samråd som genomförts inför Fud-program 2013 har behandlat reaktorinnehavarnas redovisning av planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken och Ågesta kraftvärmeverk samt SKB:s planer för att lokalisera och etablera ett slutförvar för långlivat avfall (SFL).

SSM:s rådgivande nämnd för frågor om radioaktivt avfall och använt kärnbränsle behandlade huvuddragen i SSM:s granskning av Fud-program 2013 vid sitt sammanträde den 11 februari 2014.

## **Skälen för yttrandet**

### *Uppfyllelse av 12 § kärntekniklagen*

Enligt 12 § lagen om kärnteknisk verksamhet 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 enligt 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, och
4. de åtgärder som avses bli vidtagna.

Myndigheten har tagit fram en granskningsrapport som innefattar detaljerade bedömningar av redovisningen i Fud-program 2013. De detaljerade bedömningarna avseende punkt 1 och 2 ovan framgår ur avsnitt fyra till sju i granskningsrapporten. De detaljerade bedömningarna avseende punkt 3



redovisas i avsnitt 6.12 i granskningsrapporten. Punkt 4 avhandlas i avsnitt tre och fyra i granskningsrapporten.

Myndigheten har i sin granskning tagit hänsyn till dels SKB:s ansökningar till SSM och mark- och miljödomstolen, inlämnade i mars 2011, om slutförvarssystem för använt kärnbränsle, dels SKB:s planer att under våren 2014 lämna in en ansökan om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR). SSM föregriper i granskningen av Fud-program 2013 inte de bedömningar i frågor som hanteras i samband med att SSM granskar och bereder dessa ansökningar inför ett kommande regeringsbeslut.

SSM:s sammanfattande bedömning är att den redovisade forsknings- och utvecklingsverksamheten är tillräckligt allsidigt och att de planerade åtgärderna för säker hantering av kärnavfall och använt kärnbränsle samt säker avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar är tillräckligt ändamålsenliga för att uppfylla 10 och 11 §§ kärntekniklagen. SSM bedömer därigenom att reaktorinnehavarna uppfyller 12 § kärntekniklagen.

Reaktorinnehavarna och SKB visar genom redovisningen av Fud-program 2013 på en framdrift i arbetet med att uppfylla sina åtaganden att utveckla och implementera lösningar så att avveckling och slutligt omhändertagande av allt använt kärnbränsle och kärnavfall i det svenska systemet kan ske på ett sätt som tillgodoser krav på säkerhet och strålskydd. SSM konstaterar samtidigt att det finns ett fortsatt långsiktigt behov av forskning och utveckling inom hantering och slutförvaring av kärnkraftens restprodukter samt avveckling och rivning av kärnkraftverken.

#### *Övriga synpunkter*

SSM bedömer att SKB:s redovisning ger en bra överblick och förståelse för SKB:s och reaktorägarnas övergripande planer som underlag för myndighetens bedömningar av Fud-programmet.

SSM önskar dock att i kommande Fud-program se en mer tydligt strukturerad och fokuserad redovisning som klargör hur forskning och utveckling motiveras och utvärderas med utgångspunkt från de åtgärder som planeras för att uppfylla 10 och 11 §§ kärntekniklagen. Redovisningen bör beskriva följande:

- vilka aktiviteter, i form av forskning, teknik- och modellutveckling, genomförda analyser, utredningar m.m., som har genomförts under perioden sedan den senaste Fud-redovisningen och motiven för att genomföra dessa,
- utfallet från genomförda aktiviteter i relation till ställda förväntningar,
- vilka uppföljande aktiviteter som planeras att genomföras som en följd av utfallet av genomförd verksamhet, samt



- vilka tillkommande aktiviteter för att uppfylla 10 och 11 §§ kärntekniklagen som planeras att genomföras under såväl kommande sexårsperiod som i ett längre tidsperspektiv, med motiv för att genomföra dessa.

SSM konstaterar att redovisningen av programmet rörande slutförvar av långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avvecklingsplaner och rivningsstudier utvecklats på ett positivt sätt i förhållande till tidigare Fud-program. För såväl markförvar som slutförvaret av långlivat avfall har utvecklingsarbetet inletts under perioden.

När det gäller avveckling av anläggningar bedömer SSM att redovisningen behöver utvecklas ytterligare, bl.a. med avseende på planerade åtgärder för nedmontering och rivning, strategier för forskning och utveckling samt fördelningen av uppgifter och samordningen av dessa mellan kärnkraftbolagen och SKB.

SSM föreslår därför att regeringen ställer som villkor att SKB och reaktorinnehavarna inför Fud-program 2016 samråder med myndigheten om den förväntade redovisningen gällande avveckling.

Reaktorinnehavarna och SKB bör i det fortsatta forsknings- och utvecklingsarbetet m.m. även beakta de synpunkter som i övrigt förs fram i granskningsrapporten.

I detta ärende har generaldirektören Mats Persson beslutat. Utredaren Bengt Hedberg har varit föredragande. I den slutliga handläggningen har också avdelningschefen Johan Anderberg, enhetschefen Ansi Gerhardsson, , utredarna Anders Wiebert och Henrik Efraimsson och verksjuristen Pernilla Sandgren deltagit.

#### STRÅLSÄKERHETSMYNDIGHETEN

Mats Persson

Bengt Hedberg



Bilagor:  
Granskningsrapport  
Remissvar

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







**Strål  
säkerhets  
myndigheten**

Swedish Radiation Safety Authority

**Granskningsgrupp:**

Bengt Hedberg (projektledare), Clara Anghel, Pål Andersson, Patrik Borg, Nicklas Carlvik, Simon Carroll, Michael Egan, Henrik Efraimsson, Giselle García Roldán, Lars Hildingsson, Jan In de Betou, Flavio Lanaro, Mathias Leisvik, Jan Linder, Georg Lindgren, Jinsong Liu, Maria Nordén, Carl-Henrik Pettersson, Bo Strömberg, Carina Wetzel, Anders Wiebert, Shulan Xu, Åsa Zazzi och Helmuth Zika.

# 2014:12

Granskning och utvärdering av SKB:s  
redovisning av Fud-program 2013



# Innehåll

Sammanfattning.....	6
1. Inledning .....	13
1.1. Allmänt om programmet.....	13
1.2. Förutsättningar för SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2013 .....	14
1.2.1. Principer för tillsyn av kärnteknisk verksamhet.....	14
1.2.2. Fud-processen .....	15
1.2.3. Fud-programmets roll i relation till myndighetens tillsynsuppgifter .....	16
1.3. SSM:s beredning av ärendet.....	17
1.3.1. Granskningens genomförande.....	17
1.3.2. Avgränsning mot pågående beredning av ansökningar om ett system för slutförvaring av använt kärnbränsle .....	17
1.3.3. Avgränsning mot kommande beredning av ansökningar om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) .....	17
1.4. Granskningsrapportens struktur .....	18
2. Övergripande synpunkter på SKB:s program .....	19
2.1. Samråd om redovisning i Fud-program 2013 .....	19
2.2. Struktur och innehåll i SKB:s redovisning.....	20
2.3. Nuläget i Fud-arbetet och frågor kring ansökan för slutförvaret för använt kärnbränsle .....	21
2.4. Nuläget i Fud-arbetet och frågor kring kommande ansökan för utbyggnaden av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) .....	23
2.5. Remissinstansernas allmänna synpunkter på Fud-processen och SKB:s arbete ....	23
2.5.1. Kommunernas generella synpunkter .....	23
2.5.2. Miljöorganisationernas generella synpunkter .....	26
2.5.3. Övriga remissinstansers allmänna synpunkter .....	27
3. SKB:s verksamhet och handlingsplan.....	31
3.1. Inledning .....	31
3.2. Hantering av radioaktivt avfall och använt bränsle.....	31
3.2.1. Allmänt om SKB:s redovisning .....	31

3.2.2. Beskrivning av det svenska systemet .....	33
3.3. Handlingsplan .....	37
3.3.1. Huvudtidsplan .....	37
3.3.2. Handlingsplan för låg- och medelaktivt avfall .....	37
3.3.3. Handlingsplan för använt bränsle.....	39
3.4. Flexibilitet vid ändrade förutsättningar .....	43
3.5. SSM:s sammanfattande synpunkter på SKB:s verksamhet och handlingsplan .....	47
3.5.1. Allmänt om SKB:s redovisning .....	47
3.5.2. Om planer avseende hantering av låg- och medelaktivt avfall.....	48
3.5.3. Om planer avseende hantering av använt kärnbränsle .....	50
4. Låg- och medelaktivt avfall .....	51
4.1. Hantering av låg- och medelaktivt avfall .....	51
4.1.1. Hantering av kortlivat låg- och medelaktivt avfall.....	51
4.1.2. Hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall .....	54
4.1.3. SFR – slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall.....	55
4.2. Utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall .....	56
4.3. Slutförvaret för långlivat radioaktivt avfall.....	59
4.4. Markförvar .....	64
4.5. Teknikutveckling för slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall.....	67
4.6. Ansvar, planering och teknik för avveckling av kärntekniska anläggningar .....	73
4.6.1. SSM:s synpunkter på Fud-program 2010.....	73
4.6.2. Ansvarsfördelning och SKB:s mandat .....	73
4.6.3. SKB:s och kärnkraftföretagens strategier och planer.....	75
4.6.4. SKB:s och kärnkraftföretagens planer för forskning och utveckling av metoder inför avveckling .....	81
4.6.5. SSM:s sammanfattande bedömning .....	84
5. Använt kärnbränsle .....	85
5.1. Översikt.....	85
5.2. Teknikutveckling bränslehantering .....	86
5.3. Teknikutveckling kapsel .....	90
5.4. Teknikutveckling buffert, återfyllnad och förslutning .....	92

5.5. Teknikutveckling berg .....	95
5.6. Tekniska system.....	100
5.7. Horisontell deponering - KBS-3H .....	102
6. Forskning för analys av långsiktig säkerhet.....	103
6.1. Översikt – forskning för analys av långsiktig säkerhet .....	103
6.2. Säkerhetsanalys.....	107
6.3. Klimatutveckling.....	110
6.3.1. Inlandsisdynamik, glacial hydrologi och denudation.....	110
6.3.2. Isostasi, eustasi och strandlinjeförskjutning.....	112
6.3.3. Permafrost .....	113
6.3.4. Klimat och klimatvariationer .....	114
6.3.5. Greenland Analog Projekt (GAP) .....	115
6.4. Kortlivat låg- och medelaktivt avfall .....	116
6.4.1. Initialtillstånd i avfallet .....	116
6.4.2. Processer .....	121
6.5. Långlivat låg- och medelaktivt avfall .....	125
6.6. Betongbarriärer .....	126
6.6.1. Initialtillstånd .....	126
6.6.2. Processer .....	127
6.7. Bränsle .....	129
6.8. Kapsel.....	134
6.8.1. Initialtillstånd .....	134
6.8.2. Kapselprocesser.....	135
6.9. Buffert och återfyllning.....	147
6.10. Geosfären .....	158
6.10.1. Initialtillstånd för geosfären .....	158
6.10.2. Översikt av processer i geosfären.....	158
6.10.3. Värmetransport.....	158
6.10.4. Grundvattenströmning.....	159

\_Toc38377741

6.10.5. Gasströmning/gaslösning .....	162
6.10.6. Rörelser i intakt berg .....	162
6.10.7. Termisk rörelse.....	163
6.10.8. Reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor.....	163
6.10.9. Sprickbildning .....	165
6.10.10. Tidsberoende deformationer .....	165
6.10.11. Advektion/blandning – grundvattenkemi .....	165
6.10.12. Advektion/dispersion – radionuklidtransport.....	166
6.10.13. Diffusion – grundvattenkemi .....	166
6.10.14. Diffusion – radionuklidtransport.....	167
6.10.15. Reaktionen med berget – grundvattenkemi .....	167
6.10.16. Reaktionen med berget – sorption av radionuklider .....	168
6.10.17. Mikrobiella processer.....	169
6.10.18. Nedbrytning av oorganiskt konstruktionsmaterial .....	170
6.10.19. Kolloidsättning .....	170
6.10.20. Gasbildning/gaslösning.....	171
6.10.21. Metanisomsättning .....	172
6.10.22. Saltutfrysning .....	172
6.10.23. Modellering.....	173
6.11. Ytnära ekosystem.....	175
6.11.1. Inledande kommentarer.....	175
6.11.2. Terrestra ekosystem .....	176
6.11.3. Akvatiska ekosystem.....	178
6.11.4. Biogeokemi .....	179
6.11.5. Hydrologi och transport .....	180
6.11.6. Effekter av långtidsvariationer.....	181
6.11.7. Radionuklidmodellering.....	182
6.11.8. Miljöövervakning.....	184
6.11.9. Nationella samarbeten, internationellt arbete samt informations-spridning. ....	184
6.12. Andra metoder.....	185

6.12.1. Separation och transmutation .....	186
6.12.2. Djupa borrhål .....	187
7. Samhällsvetenskaplig forskning.....	193
7.1. SKB:s program för samhällsvetenskaplig forskning.....	193
7.2. Informationsbevarande över generationer.....	196
8. Referenser .....	199
Sammanfattningen .....	199
Kapitel 4.....	199
Kapitel 5.....	199
Kapitel 6.....	200
Kapitel 7.....	202

# 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 på uppdrag av reaktorinnehavarna tagit fram Fud-program 2013 och i enlighet med kärnteknikförordningen lämnat det till myndigheten i september 2013.

SSM har granskat och utvärderat Fud-program 2013 i fråga om planerad forsknings- och utvecklingsverksamhet, redovisade forskningsresultat, alternativa hanterings- och förvaringsmetoder samt 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 2013 på en bred remiss till ca 70 organisationer.

Myndighetens yttrande över Fud-program 2010 överlämnades till regeringen i mars 2011. Regeringen beslutade om villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten som innebar att SKB och reaktorinnehavarna skulle samråda med SSM om dels redovisning av planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken samt Ågesta kraftvärmeverk mer utförligt och på en mer detaljerad nivå jämfört med Fud-program 2010, dels redovisning av olika handlingsalternativ för hantering och slutförvaring av det långlivade låg- och medelaktiva avfallet och en konkretiserad redovisning av de förvaringsutformningar för slutförvaret som SKB har börjat utveckla.

Efter regeringens beslut angående Fud-program 2010 har SKB tillsammans med reaktorinnehavarna samrått med SSM när det gäller omfattning och inriktning av redovisningen i Fud-program 2013. Samråden har behandlat reaktorinnehavarnas redovisning av planer och strategier rörande avveckling och rivning av kärnkraftverken och Ågesta kraftvärmeverk samt SKB:s planer för att lokalisera och etablera ett slutförvar för långlivat avfall (SFL).

Myndighetens granskning är i huvudsak disponerad i enlighet med SKB:s redovisning till myndigheten. Denna omfattar den övergripande handlingsplanen, programmet för låg- och medelaktivt avfall, kärnbränsleprogrammet, forskning för analys av långsiktig säkerhet samt samhällsvetenskaplig forskning. Som underrubrik till avsnittet om forskning om långsiktig säkerhet redovisar SKB även kunskap och forskning om andra metoder för slutligt omhändertagande av det använda kärnbränslet än det planerade geologiska slutförvaret enligt KBS-3 metoden.



Myndigheten har i sin granskning behövt ta hänsyn till dels SKB:s ansökningar till SSM och mark- och miljödomstolen om slutförvarssystem för använt kärnbränsle som lämnades i mars 2011, dels SKB:s planer att under våren 2014 lämna in en ansökan för utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR). SSM föregriper i granskningen av Fud-program 2013 inte bedömningar i granskningsfrågor som hanteras i samband med att SSM granskar och bereder dessa ansökningar inför ett kommande regeringsbeslut

## **Övergripande synpunkter på av SKB redovisad verksamhet och handlingsplan**

SSM bedömer att SKB:s redovisning ger en bra överblick och förståelse för SKB:s och reaktorägarnas övergripande planer som underlag för myndighetens bedömningar av Fud-programmet.

SSM bedömer vidare att SKB i generell mening tagit hand om de synpunkter som myndigheten framförde i yttrandet och granskningsrapport över Fud-program 2010. Myndigheten bedömer också att de synpunkter som myndigheten framfört i de regeringsföreskrivna samråden i allt väsentligt beaktats i SKB:s arbete och redovisning i Fud-program 2013. SSM bedömer att SKB i framtagandet av Fud-program 2016 fortsatt behöver beakta de synpunkter som SSM fört fram vid samråden.

SSM önskar i nästa Fud-program se en mer tydligt strukturerad och fokuserad redovisning som klargör hur forskning och utveckling motiveras och utvärderas med utgångspunkt från de åtgärder som planeras för att uppfylla 10 § kärntekniklagen. Redovisningen bör beskriva följande:

- vilka aktiviteter, i form av forskning, teknik- och modellutveckling, genomförda analyser, utredningar m.m., som har genomförts under perioden sedan den senaste Fud-redovisningen och motiven för att genomföra dessa,
- utfallet från genomförda aktiviteter i relation till ställda förväntningar,
- vilka uppföljande aktiviteter som planeras att genomföras som en följd av utfallet av genomförd verksamhet, samt
- vilka tillkommande aktiviteter för att uppfylla 10 och 11 §§ kärntekniklagen som planeras att genomföras dels under kommande sexårsperiod, dels i ett längre tidsperspektiv.

# Programmet för hantering av låg- och medelaktivt avfall

## Hantering av låg- och medelaktivt avfall

SSM bedömer att redovisningen av hantering och slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall inom ramen för Fud-programmen kan utvecklas. Enligt myndighetens föreskrifter ställs det krav på framtagande av avfallsplaner som beskriver det aktuella omhändertagandet av avfallet. Redovisningen inom ramen för Fud-programmet kan utgöra ett viktigt komplement till avfallsplanerna genom att samordnat beskriva utvecklingen av avfallssystemet för ett successivt mer optimerat omhändertagande.

SSM ser positivt på det utvecklingsarbete som sker mellan SKB och avfallsproducenterna kring en gemensam och förfinad databas för avfallshantering. SSM saknar dock en tidsplan för driftsättandet. SSM anser att det är av vikt att även Studsvik Nuclear AB och AB SVAFO inkluderas i planeringen.

## Slutförvar för kortlivat avfall

SKB har genomfört en utredning rörande åldringsfrågor i SFR med anledning av anläggningens förlängda drifttid. SSM ser positivt på SKB:s arbete med att utreda brister i olika delar av den befintliga SFR-anläggningen samt att ta fram åtgärdsmetoder för de upptäckta bristerna. SSM bedömer dock att ett mer systematiskt och helhetsomfattande angreppssätt kan utvecklas för hanteringen av påvisade brister i SFR.

SKB:s fortsatta arbete med framtagna handlingsplaner och genomförande av åtgärder följs upp inom ramen för SSM:s tillsyn av slutförvaret för kortlivat avfall (SFR).

Med hänvisning till myndighetens förestående granskning av SKB:s ansökningar om att bygga ut SFR tar SSM inte ställning till redovisningen i övrigt.

## Slutförvar för långlivat avfall

SSM bedömer att SKB i Fud-program 2013 har redovisat en godtagbar plan för det fortsatta arbetet med att utarbeta ett koncept för slutförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall. SSM betonar vikten av att så snart som möjligt utveckla ett förvarskoncept som kan ligga till grund för etablerandet av acceptanskriterier så att avfall destinerat till SFL-anläggningen och som mellanlagras i avvaktan på slutförvaring kan konditioneras på ett ändamålsenligt sätt. SSM vill samtidigt påpeka att det är angeläget att forsknings- och utvecklingsprogrammet även fortsättningsvis håller en tillräcklig bredd för att säkerställa ett väl underbyggt beslutsunderlag inför framtida ställningstaganden och prövningar.

SSM bedömer att SKB:s redovisning om naturvetenskaplig forskning kopplat till långlivat låg- och medelaktivt avfall visar att SKB saknar ett pågående forsknings- och utveckl-

ingsprogram för dessa frågor. SSM anser att det bör finnas bättre förutsättningar för SKB att framöver identifiera behov av forskning och utredningar när framsteg har uppnåtts för frågor kopplat till etablerandet av ett förvarskoncept för SFL.

## **Markförvar för mycket lågaktivt avfall**

SSM ser positivt på att SKB utreder möjligheterna att deponera mycket lågaktivt rivningsavfall i markförvar, liksom möjligheterna till samlokalisering av ett central mellanförvar med en konventionell avfallsanläggning.

SSM bedömer det som angeläget att SKB och reaktorinnehavarna genomför nödvändiga analyser och utredningar som underlag för att etablera en tydlig strategi för att eventuellt utnyttja markförvar för slutförvaring av mycket lågaktivt avfall. Utfallet från det arbetet kan ha en relativt väsentlig inverkan på andra delar av SKB:s verksamhet.

## **Avveckling och rivning**

SSM anser att det är väsentligt att kärnkraftsföretagen aktivt deltar i utarbetandet av de delar av programmet som gäller avveckling av kärnkraftverken, eftersom detta omfattar åtgärder som huvudsakligen planeras att genomföras under ledning och styrning av respektive kärnkraftsföretag, och inte i gemensam SKB-regi såsom är fallet för de flesta övriga åtgärder som omfattas av Fud-programmet. SSM ser därför positivt på att reaktorinnehavarna och SKB samarbetar kring olika frågor gällande avveckling och konstaterar att redovisningen utvecklats på ett positivt sätt i förhållande till tidigare Fud-program.

SSM bedömer dock att kärnkraftbolagen och SKB inte fullt ut beaktat SSM:s synpunkter på tidigare Fud-program. För att underlätta SSM:s bedömning av hur kärnkraftbolagen och SKB tar sitt ansvar för planering, förberedande åtgärder och genomförande av avvecklingen, behöver redovisningen utvecklas med avseende på beskrivningen av:

- planerade åtgärder för nedmontering och rivning av kärnkraftverken och SKB:s anläggningar,
- flexibilitet för att hantera förändrade förutsättningar för nedmontering och rivning,
- genomförd och planerad forskning och utveckling, inklusive strategier för forskning och utveckling,
- fördelningen av uppgifter och samordningen av dessa mellan kärnkraftbolagen och SKB,
- samordning och kvalitetssäkring av den information som ges i Fud-programmet, samt
- hur kärnkraftbolagens studier för avveckling (tidigare benämnda ”rivningsstudier”) förhåller sig till avvecklingsplaner och avvecklingsstrategier.

## **Programmet för hantering av använt kärnbränsle**

Med hänvisning till myndighetens pågående granskning av SKB:s ansökningar om att etablera ett slutförvarssystem för använt bränsle enligt KBS-3-metoden tar SSM inte ställning till alla delar i redovisningen rörande använt bränsle, med undantag för nedanstående övergripande frågeställningar.

### **Kärnämneskontroll**

För närvarande pågår arbete internationellt med att formulera mer detaljerade kärnämneskontrollkrav. Strålsäkerhetsmyndigheten bedömer att det är viktigt att SKB noga följer utvecklingen inom området och det behov av teknikutveckling som denna medför.

### **Forskning för analys av långsiktig säkerhet**

Med hänvisning till myndighetens pågående och kommande granskning av de aktuella ansökningarna tar SSM i granskningen av Fud-program 2013 inte ställning till alla delar i redovisningen av SKB:s forskning för analys av långsiktig säkerhet.

Följande bedömningar har dock gjorts på en övergripande nivå.

### **Säkerhetsanalys**

SSM bedömer att SKB:s beskrivning av övergripande prioriteringar och behoven av fortsatt forskning inom analys av långsiktig säkerhet är ändamålsenliga och håller en rimlig ambitionsnivå mot bakgrund av läget i planeringen av framtida slutförvarslösningar, och aktuella ansökningar avseende kärnbränsleförvaret och Clink respektive utbyggnad av SFR.

### **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:s bedömning är att den studie som planeras för att överföra kunskapen till skandinaviska förhållanden är angelägen för kommande arbeten med säkerhetsanalyser för de planerade slutförvarsanläggningarna.

### **Låg- och medelaktivt avfall**

SSM bedömer att SKB har en rimlig ambitionsnivå när det gäller frågor relaterade till låg- och medelaktivt avfall givet de förutsättningar SKB utgår från.

### **Betongbarriärer**

SSM bedömer att SKB har en rimlig ambitionsnivå när det gäller frågor relaterade till betongbarriärer givet de förutsättningar SKB utgår från. SSM betonar att det i sammanhanget är viktigt att SKB kontinuerligt arbetar med att utveckla sina program för

kvalitetssäkring. SSM anser att detta är särskilt viktigt i de fall då man planerar för att genomföra principiella ändringar i förhållande till tidigare tillämpade principer, t.ex. genom att börja använda oarmerade betongkonstruktioner.

## **Bränsle**

SSM bedömer 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 ser positivt på att SKB följer utvecklingen internationellt för frågan om gapinventarium i använt kärnbränsle med hög utbränning och fortsätter arbetet med att utreda mekanismer för bränsleupplösning.

## **Kapsel**

SSM bedömer att SKB har en rimlig ambitionsnivå när det gäller frågor relaterade till kapseln givet de förutsättningar SKB utgår från.

## **Buffert och återfyllning**

SSM bedömer att SKB har en rimlig ambitionsnivå när det gäller frågor relaterade till buffert och återfyllning givet de förutsättningar SKB utgår från. SSM ser positivt på att SKB har börjat vidareutveckla intern kompetens genom bland annat kunskapsöverföringsprogram.

## **Geosfär**

SSM ser positivt på att SKB har analyserat metodiken för prediktion av termisk utveckling i Äspölaboratoriet och bedömer det som angeläget att mätmetoder för berggrundens termiska egenskaper vidareutvecklas såsom planerat av SKB. SSM ser också positivt på SKB:s planer för införande av ett lokalt mikroseismiskt nät i Forsmark, den fortsatta utvecklingen av kunskapsläget kring radionuklidernas sorptionsegenskaper samt SKB:s vidareutveckling av modelleringsverktyg för integrerad modellering, t.ex. för att koppla ihop transportmodellerna för geosfären och biosfären i konsekvensanalysen för slutförvarssystemet.

## **Ytnära ekosystem**

SSM ser det som värdefullt att SKB tagit fram en ny kol-14 modell för terrestra ekosystem och uppmuntrar SKB att fortsätta med modellvalidering mot empiriska data.

## **Andra metoder**

Frågan om alternativ till KBS-3-metoden ingår i den pågående tillståndsprövningen. Långsiktigt bedömer SSM att det oavsett val av metod finns ett värde i att följa och bevaka utvecklingsarbetet inom området, vilket även med fördel kan inbegripa eget forskningsarbete.

## **Samhällsvetenskaplig forskning**

### **SKB:s program för samhällsforskning**

SSM ser positivt på att SKB bedrivit samhällsvetenskaplig forskning inom ramen för sitt kärnbränsleprogram. Forskningen har gett en ökad förståelse för den ekonomiska och sociala dimensionen av slutförvaret och bidrar därmed till en helhetsbild av slutförvarsprocessen.

### **Informationsbevarande över generationer**

SSM ser positivt på att SKB arbetar med forskning och utveckling kring informationsbevarande över mycket lång tid. SSM:s bedömning är att SKB också bör ta fram en strategi för arbetet med informationsbevarande på lång sikt.

### **Remissinstanserna synpunkter**

En sammanställning av remissinstansernas övergripande synpunkter på Fud-program 2013 redovisas under kapitel 2.5 i denna rapport. Mer detaljerade synpunkter på programets olika delar redovisas under respektive granskningsavsnitt i rapporten.

Naturskyddsföreningens och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskings (MKG) yttrande över Fud-program 2013 är uppdelat i ett huvuddokument och en bilaga. Huvuddokumentet innehåller övergripande synpunkter på det svenska kärnavfallssystemet och i bilagan framförs synpunkter direkt kopplade till innehållet i Fud-programmet 2013. Föreningarnas avsikt med upplägget är att ge den regering som tillträder efter valet i september 2014 en övergripande analys och helhetsbild av hur föreningarna uppfattar läget inom kärnavfallsområdet.

# 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 i samarbete med dem 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.

I linje med SSM:s yttrande uttryckte regeringen i sitt beslut den 27 oktober 2011 att Fud-program 2010 uppfyllde kärntekniklagens krav. Regeringen instämde i SSM:s bedömning att programmet behövde utvecklas och ställde som villkor att reaktorinnehavarna skulle samråda med SSM om innehållet i Fud-program 2013 avseende redovisning om utveckling av slutförvaret för långlivat avfall (SFL) samt redovisning av avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.

När det gäller *hantering av använt bränsle* lämnade SKB i mars 2011 in ansökningar till myndigheten och mark- och miljödomstolen om tillstånd att etablera ett slutförvarssystem för använt bränsle. SSM granskar för närvarande SKB:s ansökningar. I syfte att inte föregripa bedömningar i granskningsfrågor som hanteras i beredningen av dessa ansökningar redovisar SSM i granskningen av Fud-program 2013 sina bedömningar på en övergripande nivå och med fokus på behovet av fortsatt forskning och utveckling.

När det gäller *hantering av kortlivat låg- och medelaktivt avfall* planerar SKB för att lämna in ansökningar till myndigheten och domstolen om tillstånd för att bygga ut slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) i maj 2014, det vill säga strax efter att SSM

yttrat sig till regeringen över Fud-program 2013. På motsvarande sätt som för ansökningar om slutförvarssystemet för använt bränsle föregriper SSM i granskningen av Fud-program 2013 inte bedömningar i granskningsfrågor som hanteras i beredningen av ansökningarna för ett kommande regeringsbeslut.

SKB:s planer relaterade till hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall innebär att man avser att lämna in en ansökan om att etablera ett slutförvar för långlivat låg och medelaktivt avfall (SFL) omkring 2030.

När det gäller *avveckling av reaktoranläggningar* planeras för att påbörja rivningen av Barsebäcks reaktorer 2015. Rivningen av Ågesta kraftvärmereaktor planeras tidigast 2020 då gällande miljötillstånd går ut. De andra befintliga reaktorerna planerar man driva 50 till 60 år vilket innebär att rivningarna planeras ske under perioden 2025 till 2055.

## **1.2. Förutsättningar för SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2013**

### **1.2.1. Principer för tillsyn av kärnteknisk verksamhet**

För att bedriva kärnteknisk verksamhet krävs tillstånd enligt 5§ kärntekniklagen. Frågor om tillstånd prövas av regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer. Vidare gäller enligt 8 § kärntekniklagen att regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får, när ett tillstånd meddelas eller under dess giltighetstid, besluta om de villkor som behövs med hänsyn till säkerheten. Dessutom föreskrivs i 4 § kärntekniklagen att regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela närmare föreskrifter om åtgärder för att upprätthålla säkerheten i den kärntekniska verksamheten. Motsvarande mandat att utfärda föreskrifter och villkor avseende strålskyddet ges i strålskyddslagen (1988:220) med tillhörande förordning (1988:293).

SSM har till stöd för tillsynen av säkerheten och strålskyddet vid kärnteknisk verksamhet utfärdat föreskrifter. De mest centrala föreskrifterna för kärnteknisk verksamhet återfinns i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i kärntekniska anläggningar (SSMFS 2008:1). Andra i Fud-program sammanhang relevanta föreskrifter är Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar (SSMFS 2008:13), Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall (SSMFS 2008:21) och Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall (SSMFS 2008:37).



I praktiken innebär regelverket att den myndighetstillsyn som behövs av verksamheter efter det att tillstånd medgivits bedrivs genom tillsyn av efterlevnad av relevanta tillståndsvillkor och föreskrifter inom ramen för givet tillstånd. Detta gäller också eventuella villkor om att genomföra erforderlig forsknings- och utvecklingsverksamhet utöver vad som följer av Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i kärntekniska anläggningar (SSMFS 2008:1).

En särskild aspekt som bör betonas i detta sammanhang är att ett tillstånd för att etablera en kärnteknisk anläggning innebär att etablerandet sker enligt en strikt reglerad stegvis tillståndsprocess. I SSM 2008:1 finns t.ex. föreskrivet flera tydliga hållpunkter där tillståndshavaren måste få ett formellt medgivande från myndigheten innan nästa fas i verksamheten får inledas. Till exempel krävs myndighetens godkännande innan själva uppförandet inleds, innan provdrift får påbörjas och innan anläggningen får tas i rutinmässig drift. Regeringen kan om det anses behövt ställa krav på ytterligare hållpunkter när tillstånd för verksamheten medges.

### **1.2.2. Fud-processen**

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. Fud-processen som gäller idag etablerades genom riksdagens beslut 1984 att anta lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet. Beslutet innebar att tydliga förutsättningar och ansvarsförhållanden etablerades för genomförandet av verksamheter för att hantera och slutförvara kärnkraftens restprodukter.

Enligt 10 § kärntekniklagen ska den som bedriver kärnteknisk verksamhet svara för de åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar samt hantera och slutförvara använt kärnbränsle och kärnavfall. 11 § föreskriver att den som har tillstånd för att driva en kärnkraftsreaktor svara för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att fullgöra skyldigheterna i 10 §. Enligt 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 vart tredje år insändas till strålsäkerhetsmyndigheten för granskning och utvärdering.

Som nämnts ovan ska de successivt uppdaterade Fud-programmen 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. Nuvarande förfarande innebär att reaktorinnehavarnas Fud-program vart tredje år granskas och utvärderas av SSM som

med eget yttrande överlämnar programmet till regeringen för beslut. Processen medger en möjlighet för regeringen att ställa de villkor som behövs med avseende på programmets fortsatta inriktning. Mer konkret innebär förfarandet att regeringen vart tredje år ges möjlighet att speciellt värdera de åtgärder som planeras genomföras de kommande sex åren i en robust men samtidigt flexibel process där förutsättningarna inte förväntas förändras dramatiskt över tid.

### **1.2.3. Fud-programmets roll i relation till myndighetens tillsynsuppgifter**

Huvudsyftet med granskning och utvärdering av successivt uppdaterade Fud-program är att bedöma om reaktorinnehavarnas program för planerade åtgärder gör troligt att de kommer att uppfylla sina allmänna skyldigheter enligt 10 § kärntekniklagen. Processen är i första hand avsedd att fungera som ett strategiskt verktyg för att övergripande successivt granska och utvärdera planerade verksamheter under utvecklingsfasen innan ansökningar lämnas in. Ett annat syfte med Fud-programmet är att översiktligt redovisa reaktorinnehavarnas övergripande strategier och planerade åtgärder för att uppnå det långsiktiga målet, det vill säga säkert slutligt omhändertagande av allt använt kärnbränsle och kärnavfall och säker avveckling av anläggningar.

Som redogjorts för ovan bedrivs den myndighetstillsyn som behövs av en etablerad verksamhet genom tillsyn av efterlevnad av relevanta tillståndsvillkor och tillämpliga föreskrifter. Av det följer att Fud-programmet får en annan roll för verksamheter som bedrivs inom ramen för ett givet tillstånd jämfört med verksamheter som inte ännu medgivits tillstånd. Särskilt eftersom tillsyn av erforderlig forskning och utveckling för en tillståndsgiven verksamhet även sker genom tillsyn av efterlevnad av relevanta tillståndsvillkor och föreskriftskrav.

Sammanfattningsvis kan konstateras att krav på forskning och utveckling för verksamheten vid en kärnteknisk anläggning finns etablerade i två olika avseenden; dels som krav i SSM:s föreskrifter riktat mot tillståndshavaren för anläggningen i syfte att upprätthålla strålskyddet och säkerheten i verksamheten, dels som ett krav i 11 § kärntekniklagen i form av en allmän skyldighet för en reaktorinnehavare att svara för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att fullgöra skyldigheterna i 10 §.

## **1.3. SSM:s beredning av ärendet**

### **1.3.1. Granskningens genomförande**

SKB lämnade den 30 september 2013 till SSM in Fud-program 2013, 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).

Utgångspunkterna för granskningen har varit tillämpliga krav i kärntekniklagen och kärnteknikförordningen, SSM:s tidigare synpunkter på programmet, SSM:s tillsyn av berörda verksamheter, regeringens beslut över Fud-program 2010 samt resultatet av de samråd som genomförts avseende utveckling av slutförvaret för långlivat avfall (SFL) samt redovisning av avveckling och rivning av kärnteknisk anläggningar. SSM har även beaktat de remissvar som inkommit.

### **1.3.2. Avgränsning mot pågående beredning av ansökningar om ett system för slutförvaring av använt kärnbränsle**

SKB lämnade i mars 2011 in ansökningar till myndigheten och mark- och miljödomstolen om tillstånd att etablera ett slutförvarssystem för använt bränsle. SSM granskar för närvarande SKB:s ansökningar. Det har därmed uppstått en överlappning av SSM:s granskning av SKB:s ansökningar och SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2013. Granskningen av SKB:s ansökningar kommer att fortgå efter det att SSM yttrat sig över Fud-programmet till regeringen. Regeringen förväntas fatta beslut över Fud-program 2013 före det att granskningen av ansökningarna avslutats.

SSM föregriper vid granskning och utvärdering av Fud-program 2013 inte sådana bedömningar av aspekter av redovisningen som är väsentliga i samband med att SSM yttrar sig över SKB:s ansökningar.

### **1.3.3. Avgränsning mot kommande beredning av ansökningar om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR)**

SKB planerar att våren 2014 till myndigheten och mark- och miljödomstolen lämna in ansökningar om tillstånd att bygga ut slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR). Det kommer därmed att uppstå ett överlapp mellan av SSM:s granskning av SKB:s ansökningar och SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2013. Granskningen

av SKB:s ansökningar kommer att fortgå efter det att SSM yttrat sig över programmet till regeringen.

SSM föregriper vid granskning och utvärdering av Fud-program 2013 inte sådana bedömningar av aspekter av redovisningen som är väsentliga i samband med att SSM yttrar sig över SKB:s ansökningar.

## **1.4. 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 enligt SKB:s redovisning, remissinstansernas synpunkter och SSM:s bedömning.

## 2. Övergripande synpunkter på SKB:s program

### 2.1. Samråd om redovisning i Fud-program 2013

Regeringen bedömde i beslut över Fud-program 2010 att reaktorinnehavarna, genom SKB, inte tillräckligt beaktat de påpekanden som SSM förde fram i granskningen av SKB:s komplettering till Fud-program 2007 när det gäller programmet för långlivat låg- och medelaktivt avfall samt avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar.

I beslutet angav regeringen att reaktorinnehavarna i Fud-program 2013 ska redovisa planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken samt Ågesta kraftvärmeverk mer utförligt och på en mer detaljerad nivå jämfört med Fud-program 2010. Redovisningen ska inkludera en tydlig beskrivning av vilka uppgifter som har delegerats av reaktorinnehavarna i fråga om planering och genomförande av de olika åtgärder som krävs.

Regeringen angav också att SKB när det gäller programmet för långlivat låg- och medelaktivt avfall i Fud-program 2013 ska fördjupa redovisningen 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 ska 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.

Regeringen angav särskilt att framtagandet av den fördjupade redovisningen skulle ske i samråd med SSM.

Efter regeringens beslut över Fud-program 2010 har SKB och reaktorägarna genomfört samrådsmöten med SSM. SSM har vid mötena framfört synpunkter på omfattning och inriktning av redovisningen i Fud-program 2013 avseende dels redovisning av planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken samt Ågesta kraftvärmeverk, dels SKB:s planer för att lokalisera och etablera ett slutförvar för långlivat avfall (SFL).

SSM har granskat SKB:s redovisning som relaterar till vad som avhandlats på samråden. SSM:s bedömning av programmet för hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall behandlas i avsnitt 4.3. SSM:s bedömning av planer och strategier för avveckling och rivning bedöms i avsnitt 4.6.

## 2.2. Struktur och innehåll i SKB:s redovisning

### SKB:s redovisning

Fud-program 2013 är uppdelat i fem delar; I) SKB:s verksamhet och handlingsplan, II) Låg- och medelaktivt avfall, III) Använt kärnbränsle, IV) Forskning för analys av långsiktig säkerhet, och V) Samhällsvetenskaplig forskning.

Redovisningen i del I (SKB:s verksamhet och handlingsplan) innehåller en allmän introduktion till SKB:s verksamhet, en samlad övergripande handlingsplan och redovisar också flexibilitet vid ändrade förutsättningar.

Redovisningen i del II (låg- och medelaktivt avfall) är uppdelad i underkapitel som avser hantering av låg- och medelaktivt avfall, utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall, slutförvaret för långlivat avfall, markförvar, teknikutveckling samt ansvar och planering för avveckling och rivning.

Redovisningen i del III (Använt kärnbränsle) är uppdelad i underkapitel som behandlar teknikutvecklingsfrågor rörande de olika tekniska barriärerna i slutförvaret samt de tekniska system som erfordras.

Redovisningen i del IV (Forskning för analys av långsiktig säkerhet) är uppdelad i underkapitel som behandlar frågor med koppling till slutförvarens olika barriärfunktioner med fokus på säkerheten efter förslutning för slutförvarsanläggningar för kortlivat låg- och medelaktivt avfall (SFR), långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL) och använt kärnbränsle med särskilt fokus på slutförvarens olika barriärfunktioner, samt ytnära ekosystem. Redovisningen av alternativa metoder ligger också i denna del.

SKB:s redovisning uppdelas allmänt i slutsatser i Fud-program 2010 och dess granskning, nyvunnen kunskap 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.

### Remissinstansers synpunkter

Boverket konstaterar att Fud-program 2013 är omfattande och innehållsrikt.

Chalmers tekniska högskola (CTH) konstaterar i sin sammanfattning att SKB har en sedan länge genomtänkt och utvärderad plan för slutförvaret, där en mångfald forskningsfrågor och databehov för säkerhetsanalys hanteras. Detta avspeglas även i Fud-program 2013, vilken täcker ett mycket stort antal relevanta områden.

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) anser att det är positivt att den nya kunskap som framkommit sedan Fud-program 2010 tydligt presenteras under separata rubriker, på motsvarande sätt som gjorts tidigare. Det finns emellertid fortfarande utrymme för vissa förbättringar.

Oskarshamns kommun, lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk, regionförbundet i Kalmar län och länsstyrelsen i Kalmar län framhåller att Fud-program 2013 håller hög kvalitet. Instanserna anser att redovisningen är väl disponerad och lättillgänglig trots ärendets komplexitet.

Uppsala universitet anser att programmet överlag håller hög kvalitet.

Östhammars kommun ser positivt på att Fud-rapporterna har utvecklats över tid till att bli mer lättillgängliga för gemene man. Dock skulle tydligare referenser i texten underlätta för att bättre kunna följa bakomliggande argumentation. Önskvärt hade också varit om SKB angett hur de forskningsprojekt som beskrivs i Fud-program 2013 och som planeras slutföras under 2013 kommer att redovisas och göras tillgängliga för den intresserade allmänheten.

### **SSM:s bedömning**

SSM anser att strukturen på SKB:s redovisning är tydlig och i stort sett ändamålsenlig och att redovisningen är väl disponerad och lättillgänglig trots ärendets komplexitet, något som fler av remissinstanserna i princip instämmer i. SSM ser positivt på att SKB samlat redovisningen om SKB:s handlingsplan i ett kapitel. SSM noterar också att SKB har utvecklat och fördjupat redovisningen av planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken samt Ågesta kraftvärmeverk och SKB:s planer för att lokalisera och etablera ett slutförvar för långlivat avfall (SFL).

## **2.3. Nuläget i Fud-arbetet och frågor kring ansökan för slutförvaret för använt kärnbränsle**

### **Allmänt**

SSM bereder för närvarande SKB:s ansökningar om att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. SKB:s redovisning i Fud-program 2013 motsvarar i allt väsentligt information som SSM granskar inom ramen för pågående beredning och som SSM kommer att bedöma i yttranden över ansökningarna till regeringen. SSM föregriper därför inte i granskning och utvärdering av Fud-program 2013 sådana bedömningar av kritiska granskningsfrågor som SSM kommer att bedöma i yttranden över ansökningarna.

## Remissinstansers synpunkter

Chalmers tekniska högskola (CTH) noterar att Fud-program 2013 är en fortsättning på Fud-program 2010 och tidigare planer, och beskriver den forskning som ska ge stöd för hantering av det svenska kärnavfallet. En ansökan om att bygga slutförvaret lämnades in 2011 och nya aspekter på säkerheten och därmed nya forskningsfrågor kan uppkomma när bygglov och miljöprovning tillkommer. Forskningsprogrammet kring högaktivt avfall borde därför enligt CTH utformas med större hänsyn till slutsatser från bygglovsprocessen.

Miljörörelsens kärnavfallssekreteriat (Milkas) påpekar att man finner det mindre lämpligt att regeringen, under den tid behandlingen av ärendet rörande det använda kärnbränslet pågår, lämnar någon form av godkännande av föreliggande Fud-program då detta skulle kunna uppfattas som ett stöd för eller rentav ett slags godkännande av SKB:s inlämnade ansökan.

Statens geotekniska institut (SGI) uppfattar att Fud-programmet ska vara stödjande i den tillståndsprocess som pågår och SGI efterlyser en tydligare koppling mellan Fud-programmets mer generella forskning och de platsspecifika förutsättningarna i Forsmark.

## SSM:s bedömning

Som redovisas i avsnitt ovan så innebär inlämnandet att ansökningar för Kärnbränsleförvaret och Clink att granskning av Fud-program 2013 får en något annorlunda roll jämfört med granskning och utvärdering av tidigare Fud-program eftersom det parallellt pågår en granskning av ansökningarna. Underlagsmaterialet som lämnats in för granskning av ansökningarna är betydligt mer omfattande och mycket mer detaljerat jämfört med redovisningen i Fud-program 2013. Pågående kompletteringsförfarande innebär också att ansökansunderlaget är mer aktuellt än redovisningen i Fud-program 2013.

SSM vill med anledning av Chalmers synpunkter framföra att krav på eventuell ytterligare forskning, utredning och utveckling, till exempel med hänsyn till utfallet av bygglovsprocessen, kommer att ställas inom ramen för tillsyn av efterlevnad av relevanta tillståndsvillkor och föreskrifter inom ramen för givet tillstånd.

SSM vill med anledning av Milkas synpunkter framföra att regeringens ”godkännande” av Fud-programmet inte har någon formell betydelse i förhållande till pågående granskning av SKB:s ansökningar om Kärnbränsleförvaret och Clink. Ett regeringsbeslut om att tillståndshavarna genom SKB uppfyllt skyldigheterna i 12 § kärntekniklagen innebär enbart att den redovisning som redogörs för i Fud-program 2013 är godkänd.



SSM vill med anledning av SGI:s synpunkter referera till avsnitt 1.2.3 ovan om Fud-programmets förändrade roll för en verksamhet som medgivits tillstånd enligt kärntekniklagen.

SSM tar i granskningen av Fud-programmet inte ställning till om nivå på teknikutveckling och kvalitet på säkerhetsanalysarbete och övriga redovisningar motsvarar de krav som lagar och föreskrifter ställer på ansökningarna för slutförvarssystemet. Denna bedömning sker i granskningen av ansökan där SKB behöver redovisa ett tillräckligt underlag för att myndigheten ska kunna göra denna bedömning (se även avsnitt 1.3.2).

## **2.4. Nuläget i Fud-arbetet och frågor kring kommande ansökan för utbyggnaden av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR)**

### **SKB:s redovisning**

SKB planerar att lämna in en ansökan för att bygga ut SFR strax efter att SSM avger sitt yttrande över Fud-program 2013 till regeringen. Regeringen förväntas fatta beslut över Fud-program 2013 under senhösten 2014. SKB:s redovisning i Fud-program 2013 avseende SFR motsvarar i allt väsentligt information som SSM kommer att granska inom ramen för kommande beredning och som SSM kommer att bedöma i yttranden över ansökan till regeringen. SSM föregriper i granskningen och utvärderingen av Fud-program 2013 inte sådana bedömningar av kritiska granskningsfrågor som SSM kommer att bedöma i yttranden över ansökningarna.

### **SSM:s bedömning**

SSM tar i granskningen av Fud-programmet inte ställning till om nivå på teknikutveckling och kvalitet på säkerhetsanalysarbete och övriga redovisningar motsvarar de krav som lagar och föreskrifter ställer på ansökningarna för utbyggnaden av SFR. Denna bedömning sker i granskningen av ansökan där SKB behöver redovisa ett tillräckligt underlag för att myndigheten ska kunna göra denna bedömning (se även avsnitt 1.3.3).

## **2.5. Remissinstansernas allmänna synpunkter på Fud-processen och SKB:s arbete**

### **2.5.1. Kommunernas generella synpunkter**

#### **Kävlinge kommun**

Kommuns remissvar inriktar sig på avfallshanteringen för rivningsavfall och tidplanerna för etablerandet av utbyggnad av SFR och rivningen av Barsebäcksverket samt de samhällseffekter ett kärnavfallssystem skapar. Kommunen tycker att det tagit för lång tid att

åstadkomma en utbyggnad av SFR så att slutförvaring av rivningsavfall kan tillåtas. Kommunen formulerar ett tydligt missnöje med vad man upplever vara avsaknad av beslutskraft hos alla involverade aktörer och uttrycker farhågor för att tillståndsprocessen kommer att försenas ytterligare.

### **Oskarshamns kommun**

Oskarshamns kommun framhåller liksom i kommunens yttrande över Fud-program 2010 att det är angeläget att mellanlagringen i Oskarshamn inte får permanent karaktär. Kommunen anser att redovisningen i Fud-program 2013 gett kommunen större, om än inte fullständig, klarhet om omständigheter som direkt och indirekt påverkar igångsättningen och driften av hela slutförvarssystemet inklusive Clab. Kommunen noterar också att SKB har för avsikt att fortsätta utreda frågan under kommande Fud-period.

Kommunen noterar att SKB inte klarlagt hur man praktiskt ska hantera återtagna kapslar, vart dessa ska transporteras och hur de ska lagras och behandlas. Kommunen noterar vidare att det kvarstår viktiga delar i arbetet med att specificera det avfall som ska kapslas in.

Kommunens noterar också att SKB överväger att etablera ett nytt markförvar och/eller utvidga befintliga markförvar för deponering av avfall med sådan aktivitet att deponering i konventionell markdeponi är möjlig. Kommunen framför att de synpunkter som lämnades på Fud-program 2010 fortfarande är giltiga. Kommunen önskar få klargjort hur utveckling av befintliga markförvar ska genomföras och vilket regelverk som ska tillämpas efter att tillsyn av strålskyddsaspekter upphört. Kommunen undrar också hur hänsyn tas till icke-strålskyddsaspekter eftersom det kan finnas annat miljöfarligt material (tungmetaller, toxiska föreningar) som inte hanteras inom ramen för SSM:s tillsyn.

Kommunen lyfter fram några särskilda aspekter som bör utredas och redovisas mer i detalj i kommande Fud-program.

- Redovisning av utredningar om huruvida bränslets/avfallets egenskaper kan komma att förändras jämfört med antagna konstruktionsförutsättningar om slutförvarssystemet blir avsevärt försenat.
- Rutiner och kriterier som säkerställer att nya typer av reaktorbränslen inte har egenskaper som går utöver konstruktionsförutsättningarna för slutförvaret.
- Redovisning av utredningar om konsekvenser av att hantera avfall från tredje generationens reaktorer i generell mening.
- Redovisning av mer detaljerad planering för utveckling och framförallt demonstration av de olika moment som ska utföras i inkapslingsanläggningen.

- Redovisning av åtminstone konceptuella utredningar om och hur torr mellanlagring av använt kärnbränsle kan utföras som komplement till Clab.
- Redovisning av möjligheterna att använda och utveckla mätmetoder för evidens av de grundläggande processerna, eller deras markörer, i ett förslutet förvar, dvs. att bestämma om möjligheterna finns till någon form av relevant kontrollmetod eller inte.

## **Östhammars kommun**

Östhammars kommun anser att det är viktigt att SKB tydligt visar hur företaget kvalitets-säkrar omsättning av teori, modeller och laboratorieförsök i praktisk handling. Kommunen betonar vikten av att upprätthålla god kompetensförsörjning inom företaget i samband med att verksamheten förändras samt vid generationsskiften.

Kommunen betonar att SKB är beroende av externa leverantörer i flera kritiska avseenden och lyfter fram att SKB behöver ha framförhållning för att kunna ersätta produkter (t.ex. egenutvecklade program, betongbruk) som utgått från marknaden med andra produkter. Kommunen efterfrågar därför information om vilka förberedelser SKB har för leverantörsförändringar.

Kommunen refererar till SKB:s avsikt att säkra kompetens avseende kriticitetsanalyser inom Vattenfallkoncernen och ställer sig frågande till varför kompetensen inte ska finnas tillgänglig inom det egna företaget.

Kommunen refererar vidare till SKB:s mycket detaljerat preciseringar av krav och gränsvärden för de olika barriärerna i Kärnbränsleförvaret och ställer sig i det sammanhanget frågande till varför vissa andra parametrar inte specificeras lika noggrant.

Kommunen önskar klargöranden från SKB avseende introduktion av nya komponenter (t.ex. buffertskydd, ventil för införande av gas, bergförstärkning) och deras relation till långsiktig säkerhet vid vidareutveckling av KBS-3-konceptet som tidigare omfattat enbart naturligt förekommande material.

Kommunen lyfter fram att det idag finns goda möjligheter till volymreducering och friklassning av avfall, och att det är önskvärt att så stor del som möjligt av avfallet volymreduceras och friklassas.

Kommunen anser det viktigt att den information som framkommit under samråd mellan SKB och SSM bland annat rörande planering för avveckling av kärntekniska anläggningar görs tillgänglig för allmänheten.

Kommunen anser att det behöver tydliggöras vem som äger, ansvarar och har förfoganderätt över det använda kärnbränslet efter förslutning.

Kommunen framför att en process för att byta deponeringsmetod från vertikal deponering, KBS-3V, till horisontell deponering, KBS-3H, kräver en ny säkerhetsanalys och prövning enligt både KTL och MB.

## **2.5.2. Miljöorganisationernas generella synpunkter**

### **Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning**

Naturskyddsföreningens och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) yttrande över Fud-program 2013 är uppdelat i ett huvuddokument och en bilaga. I huvuddokumentet framför föreningarna övergripande synpunkter på det svenska kärnavfallssystemet. I bilagan framförs synpunkter direkt kopplade till innehållet i Fud-programmet 2013.

De synpunkter MKG för fram i huvuddokumentet adresserar i allt väsentligt det som föreningarna upplever som övergripande principiella problem med den svenska modellen för genomförande, och finansiering av, slutförvaring av radioaktivt avfall och rivning av kärntekniska anläggningar, och som de anser att regeringen bör uppmärksamma. MKG pekar även på problem kopplade till regleringen av Fud-programmet bl.a. kopplade till sanktionssystemet.

De synpunkter som föreningarna för fram i bilagan och som har direkt koppling till SKB:s redovisning i Fud-program 2013 kommenteras under respektive avsnitt i denna granskningsrapport. Föreningarna lyfter fram några ytterligare aspekter som de bedömer saknas i SKB:s redovisning med hänvisning till var i Fud-program 2013 den saknade redovisningen borde ha redovisats. Frågorna avser olika aspekter av korrosion av kopparkapseln (förhöjd salthalt i grundvatten, gasfaskorrosion, punktfrätning) och kommenteras av SSM under relevanta avsnitt i denna rapport.

Hela Fud-yttrandet från föreningarna återfinns på <http://www.mkg.se/naturskyddsforeningen-och-mkgs-yttrande-over-fud-13>

### **Miljörörelsens kärnavfallssektariat**

Miljörörelsens kärnavfallssektariat (Milkas) framför att det befintliga slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) inte är byggt med avsikt att långsiktigt isolera det radioaktiva avfallet utan för att medge ett successivt utsläpp till Östersjön. Milkas hänvisar till dåliga erfarenheter från tillämpning av motsvarande utspädningsstrategi i andra sammanhang. Milkas framför att SKB för den planerade utbyggnaden av SFR istället bör försöka finna en lösning som inte medför ytterligare utsläpp av radioaktiva ämnen till Östersjön.

### **Naturskyddsföreningen Uppsala län**

Naturskyddsföreningen Uppsala län framför att SKB:s forskningsprogram till karaktären är uppdragsforskning. Föreningen anser att grundläggande forskning om långsiktig säkerhet inom kärnavfallsområdet borde ske inom naturvetenskaplig och teknisk grundforskning istället för att utföras som uppdragsforskning.

### **Opinionsgruppen för säker slutförvaring**

Oss framför att man ingår i samarbetet med MKG tillsammans med Naturskyddsföreningen och Fältbiologerna och att Oss i det avseendet är delaktiga i MKG:s Fudyttrande. Oss eget yttrande bygger på ett lokalt lekmannaperspektiv och följer upp nyckelfrågor som föreningen lyft och bevakat tidigare.

Oss påtalar att en av de angivna principerna för SKB:s slutförvarsprojekt är att förvarens säkerhet ska baseras på flera barriärer. Då SFR och SFL saknar isolerande barriärer, och då de tekniska barriärernas långsiktiga funktion för ett KBS-3-förvar numera är behäftade med betydande osäkerheter, kan denna princip behöva förtydligas och omformuleras.

Oss efterlyser därför en tydligare redovisning av hur de olika principerna värderas och hur avgörande de tekniska barriärerna är för den långsiktiga säkerheten för såväl kärnbränsleförvaret som för förvaren för låg- och medelaktivt avfall.

### **2.5.3. Övriga remissinstansers allmänna synpunkter**

Akademiska sjukhuset i Uppsala utgår i sitt remissvar från sju stycken frågor med anknytning till ett miljömedicinskt perspektiv. Sjukhusets synpunkter uttrycks som kommentarer i anslutning till respektive fråga och rör flera olika aspekter med koppling till påverkan på människors hälsa. Är forskningsresultat redovisade i andra sammanhang? Saknas väsentligt underlag? Är avfallet karaktäriserat? Har alternativa lokaliseringar undersökts? Har återtag och övervakning analyserats? Har riskanalys(er) för spridning av radioaktiva ämnen genomförts? Finns en beskrivning av initialtillståndet hos befolkningen i berörda områden.

Chalmers tekniska högskola (CTH) betonar att det är av stor vikt att upprätthålla kompetens inom Sverige för att hantera svenskt avfall, men också att kunna bistå internationellt med kompetens. Här har forskning och utveckling inom SKB:s forsknings och utvecklingsverksamhet haft och har alltjämt stor betydelse. Det är också förenat med ett ansvar att ge finansieringen en långsiktighet som säkrar att kompetens kan behållas och utvecklas i ett långsiktigt perspektiv. Sålunda är det viktigt att SKB kan upprätthålla en hög forskningsprofil i tider då många andra kärntekniska finansierare minskar på sina anslag. Det är mycket tack vare SKB som det fortfarande finns främst kärnkemisk forskning kvar i Sverige. Efter Fukushima har denna forskning återigen hamnat i bakvattnet finansieringsmässigt.

CTH konstaterar vidare att SKB under lång tid har haft ett mycket högt internationellt anseende när det gäller kunskap och forskning. Det är med viss oro man konstaterar att neddragningar på forskningsområdet verkar pågå kontinuerligt. Det anses att i och med att man går in i en byggfas är området färdigforskat. Så är alls inte fallet. Det finns en uppsjö frågor som behöver belysas tydligare för att man skall kunna basera slutförvaret på en god, oantastlig grund.

En utvärdering av behovet av vetenskapliga kompetenser och identifiering av forskningsmiljöer som stödjer kompetensuppbyggnad rekommenderas i det fortsatta arbetet. Även relationen till konsulter som kan bidra med rutinmätningar bör utredas. CTH anser vidare det vara av högsta vikt att forskningen kring kompletterande avfallsstrategier hålls på en nivå som gör att svenska forskare kan fortsätta att hålla sig på en hög internationell nivå.

Karlstads universitet konstaterar i sin sammanfattning gällande djupa borrhål att det saknas en uppdaterad och korrekt redovisning av de säkerhetsfunktioner som metoden djupa borrhål baseras på, vilket enligt universitetets uppfattning är en betydande brist eftersom även dessa aspekter finns redovisade i de internationella FoU-arbeten som SKB själv hänvisar till i sin nu genomförda uppdatering och revidering av metodens teknikrelaterade basdata.

Universitetet anser vidare att det finns felaktiga skrivningar om ”berget” som den viktigaste säkerhetsfunktionen och att metoden djupa borrhål ”inte uppfyller kravet på ett flerbarriärssystem”. Sådana skrivningar kan i sig tyckas harmlösa, men är samtidigt vilseledande då de kan bidra till missuppfattningar om den för säkerheten så viktiga flerbarriärprincipen. Universitetet konstaterar också att det finns en anmärkningsvärd brist på allsidighet och vetenskaplig stringens i redovisad text.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk framhåller att tillsynsmyndighetens oberoende roll och myndighetens tillgång till resurser är av stor vikt. Tillräckliga resurser måste tilldelas myndigheten för granskning av hela slutförvarssystemet. Viktigt är också att analyser och övrigt tekniskt underlag som presenteras i Fud-programmet är tillgängligt och begripligt för olika grupper i samhället. Vidare anser lokala säkerhetsnämnden att kompetensfrågorna också är av största intresse. Det krävs kunskap 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.

Miljövänner för kärnkraft (MFK) ser i generell mening positivt på framtida möjligheter att bättre utnyttja det använda bränslets energiinnehåll genom återvinning och användning

i nya typer av reaktorer och anser att slutförvaring av restprodukterna från dessa bränsle-cykler kan underlättas avsevärt med hänsyn till både volyms- och tidsaspekten.

MFK noterar att SKB har viss beredskap för ändrade förutsättningar härvidlag och aktivt följer utvecklingen beträffande användandet av nya reaktortyper via samarbete nationellt och internationellt. MFK vill betona vikten av att detta samarbete upprätthålls och ges tillräckliga resurser.

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) anser att alternativa slutförvarsmetoder fortfarande är dåligt belysta i förhållande till krav i miljöbalken. SERO framför vidare att ett verkligt nollalternativ avseende mellanlagret Clab i miljöbalkens fortfarande saknas. SERO efterlyser därför ett realistiskt nollalternativ för Clab, det vill säga ett mellanlager med säkerhet under 200 år.

Statens geotekniska institut (SGI) pekar på att Fud-programmet vad avser platsundersökning, platsbeskrivning och byggtekniska frågor i stor utsträckning är av generell karaktär. Mot bakgrund av att en plats nu förordats bedömer SGI att Fud-programmet i högre grad kan och bör inriktas mot platsspecifika frågor. SGI uppfattar att Fud-programmet ska vara stödjande i den tillståndsprocess som pågår och efterlyser en tydligare koppling mellan Fud-programmets mer generella forskning och de platsspecifika förutsättningarna i Forsmark.

Utifrån ett allmänt perspektiv ser SGI att utmaningarna inte omfattar enbart tekniska frågor utan i hög grad även organisatoriska, kontraktsanknutna m.fl. I det Fud-program som presenteras är upplägget huvudsakligen av detaljerad och teknisk karaktär. Mot bakgrund av att Fud-programmet avser beskriva ”den forskning och teknikutveckling som behövs för att kunna projektera, uppföra och driva de planerade anläggningarna...”, ställer SGI frågan om inte SKB även bör fokusera på ovan nämnda andra områden i sin forskning och utveckling.

Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) har tagit del av SKB:s redovisning och har i sin bedömning av innehållet främst fokuserat på frågor som rör icke-spridning avseende kärnvapen. En relevant fråga är då huruvida olika framtida reaktorkoncept kan påverka eventuella spridningsrisker förknippade med slutförvaret. I SKB:s redovisning (s. 67) görs bedömningen att tänkbara framtida koncept inte nämnvärt påverkar just slutförvaret. Enligt FOI:s uppfattning är detta en rimlig bedömning.

Umeå universitet konstaterar att de frågeställningar, som på senare tid kommit upp i den allmänna debatten har i högsta grad fokuserat på de tekniska barriärerna, och då speciellt på kopparkapseln. I viss mån anser universitetet att denna fokusering lett till att helhetsperspektivet på frågan snedvridits. En kopparkapsel som är intakt i hundratusentals år, innebär att alla radionuklider stannar i denna. Som en bakgrund, och referenspunkt, i diskussionen om kopparkapselns beständighet vore det enligt universitetets uppfattning

önskvärt att SKB på ett enkelt sätt kunde redovisa vilka hållbarhetskrav, som utifrån övriga barriärers (bränslets kapsling, ingjutningen inne i kapseln, bentonitleran, och den naturliga geologiska barriären) egenskaper, måste ställas på kopparkapseln. En sådan redovisning bör enligt universitetet utgå ifrån de direktiv som getts SKB.

Klart är också att högsta tillåtliga exponering av framtida ”kritiska” befolkningsgrupp utgör 1/100-del av den naturliga bakgrundsstrålningen, vilket lämnar stora marginaler till de strålnivåer där det finns anledning att befara hälsoeffekter av något slag, något som kan vara värt att beakta då man diskuterar osäkerheter i bedömningarna-



## 3. SKB:s verksamhet och handlingsplan

### 3.1. Inledning

SKB redogör i de tre inledande kapitlen (del I) i Fud-program 2013 för företagets verksamhet och handlingsplan. Kapitel 1 innehåller en övergripande redogörelse för förutsättningarna för SKB:s verksamhet. Redovisningen innehåller en övergripande beskrivning av det svenska systemet för omhändertagande av använt kärnbränsle och låg- och medelaktivt avfall. SKB redogör också översiktligt för bakgrunden för Fud-processen och Fud-programmens relation till andra redovisningar som inlämnas till myndigheten. Kapitel 2 omfattar en övergripande handlingsplan som beskriver nuläge och planering för framtiden. Kapitel 3 redogör översiktligt för programmets flexibilitet vid ändrade förutsättningar. En särskild aspekt i det avseendet gäller den alternativa förvaringsutformningen KBS-3H för ett slutförvar för använt bränsle som redogörs för i kapitel 16. SSM lämnar synpunkter på KBS-3H i anslutning till övriga synpunkter på hanteringen av använt kärnbränsle.

SSM lämnar i detta avsnitt synpunkter avseende strategiska överväganden och planeringsfrågor. Bedömningar utöver det kommenteras under respektive kapitel i granskningsrapporten.

### 3.2. Hantering av radioaktivt avfall och använt bränsle

#### 3.2.1. Allmänt om SKB:s redovisning

Kapitel 1 redogör övergripande för SKB:s program för omhändertagande och slutförvaring av radioaktivt avfall och använt bränsle och sätter det i ett större sammanhang.

Inledningsvis redogörs 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 samt reaktor 1 och 2 vid Ringhals kärnkraftverk och 60 års drift av reaktorerna i Oskarshamn samt reaktor 3 och 4 vid Ringhals. Totalt bedöms det svenska kärnkraftsprogrammet med nuvarande planeringsförutsättningar ge upphov till ca 6 300 kapslar, motsvarande ca 12 500 ton använt bränsle. Därutöver beräknas programmet

genererar totalt ca 170 000 kubikmeter kortlivat avfall för deponering i SFR och ca 16 000 kubikmeter långlivat avfall för deponering i SFL.

Utöver att ansvara för omhändertagande av det radioaktiva avfallet och använt bränsle från kärnkraftsprogrammet svarar SKB 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. Utöver detta finns det en avsiktsförklaring att omhänderta visst avfall från Westinghouse anläggningar i Västerås och från uranbrytningen i Ranstad. SKB har dessutom förbundit sig för att bereda utrymme för omhändertagande av visst radioaktivt avfall från anläggningar som tillhör Studsvik Nuclear AB och AB SVAFO samt viss mängd övrigt använt kärnbränsle från Ågestareaktorn, MOX-bränsle som mellanlagras i Clab samt bränslerester från provningsprogram i Studsvik.

Kapitel 1.2 redogör översiktligt för Fud-programmens roll i det svenska systemet. Det första programmet, FoU-program 84, togs fram för att utgöra en del av ansökansunderlaget för regeringens beslut om laddningstillstånd för reaktorerna Forsmark 3 och Oskarshamn 3. SKB anger att regeringen i beslutet att medge laddningstillstånd skrev att KBS-3-metoden ”i sin helhet allt väsentligt befunnits kunna godtas med hänsyn till säkerhet och strålskydd”. KBS-3-metoden har sedan dess utgjort en planeringsförutsättning för SKB:s program för forskning, utveckling och demonstration. SKB beskriver också att fokus i programmet varierat över åren beroende på var tyngdpunkten i SKB:s verksamhet legat vilket illustreras i figur 1-1.

Kapitel 1.3 innehåller en översiktlig beskrivning av hur redovisning i Fud-programmen relaterar till andra redovisningar som lämnas till SSM. För att undvika parallella redovisningar i Fud-program 2013 görs i förekommande fall hänvisningar till aktuella redovisningar, t.ex.; inlämnade ansökningar för Kärnbränsleförvaret och inkapslingsanläggning; kommande ansökan om att bygga ut SFR; studier och planer för avveckling av kärnkraftsreaktorer och andra kärntekniska anläggningar; återkommande helhetsbedömningar inkluderande säkerhetsredovisningar (SAR) för Clab och SFR; samt regelbundna redovisningar i de så kallade planrapporterna.

SKB redogör också i kapitel 1.4 översiktligt för principerna för beräkning av framtida kostnader och fondering av medel för programmets genomförande.

Systemet för att ta hand om använt bränsle och radioaktivt avfall beskrivs i kapitel 1.5 och presenteras översiktligt i figur 1-2 på sida 37. En stor del av det hanteringssystem som behövs för att hantera och slutförvara kärnkraftens restprodukter har redan byggts upp och av redovisningen framgår vilka anläggningar och verksamheter som behövs för att göra systemet komplett.

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

För systemet för omhändertagandet av det använda kärnbränslet återstår att bygga och driftsätta en anläggningsdel för inkapsling av det använda bränslet i anslutning till Clab och en slutförvarsanläggning för det använda bränslet samt att införskaffa en transportbehållare för transport av det inkapslade bränslet. Därutöver planerar SKB att bygga en kapselabrik.

För det låg- och medelaktiva avfallet kommer det att behövas en utbyggnad av det befintliga slutförvaret för kortlivat avfall (SFR), en slutförvarsanläggning för långlivat avfall (SFL) samt en behållare för transport av långlivat avfall.

SKB redogör också översiktligt för verksamheten vid SKB:s laboratorier för forskning och utveckling för inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle.

## **3.2.2. Beskrivning av det svenska systemet**

### **3.2.2.1. Anläggningar inom systemet för låg- och medelaktivt avfall**

#### **Anläggningar för behandling av avfall**

Behandlingsanläggningar för låg- och medelaktivt avfall finns vid kärnkraftverken och Studsvik.

#### **Slutförvaring av mycket lågaktivt rivningsavfall i markförvar**

Markförvar för slutförvaring av mycket lågaktivt driftavfall finns vid kärnkraftverken i Forsmark, Oskarhamn och Ringhals samt i Studsvik. SKB undersöker möjligheten att slutförvara även mycket lågaktivt avfall från avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar. SKB redovisar i kapitel 7 mer detaljer om markförvaring av mycket lågaktivt avfall.

#### **Slutförvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall, SFR**

SFR är lokaliserat vid Forsmarks kärnkraftverk. Förvaret är placerat under Östersjön med cirka 60 meter bergtäckning. Tillståndet för SFR omfattar endast driftavfall. För att kunna slutförvara allt tillkommande kortlivat driftavfall samt avfall från nedmontering och rivning planerar SKB att bygga ut SFR. SKB redogör i avsnitt 5 mer i detalj för planering och milstolpar för utbyggnaden samt för huvudskeden och tidsplan för genomförandet av projektet.

#### **Mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall**

Långlivat låg- och medelaktivt avfall mellanlagras vid kärnkraftverken, i Clab och i

anläggningar i Studsvik. SKB planerar för att kunna mellanlagra långlivat avfall i de utbyggda SFR eller på annan plats och utreder därför möjligheterna för detta.

#### **Slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL**

SKB planerar för att cirka år 2030 ansöka om att uppföra SFL och kunna ta det i drift cirka år 2045. Anläggningen blir förhållandesvis liten i förhållande till SKB:s övriga slutförvar. Den totala lagringsvolymen uppskattas till ca 16 000 kubikmeter. SKB redogör i kapitel 6 mer i detalj för planering och milstolpar för utbyggnaden samt för huvudskeden och tidsplan för genomförandet av projektet.

#### **Transportsystem för låg- och medelaktivt avfall**

Transportsystemet, som också används för transporter av använt kärnbränsle, består av fartyget m/s Sigrid, specialfordon och olika typer av transportbehållare. Kortlivat lågaktivt avfall behöver ingen strålskärning och transporteras till SFR i ISO-containerar. 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 styrstavar och härdkomponenter transporteras till Clab i en behållare (TK) med tjocka väggar av stål. En ny transportbehållare (ATB 1T) håller på att tas fram för transporter av långlivat avfall i ståltankar avsedda för torr mellanlagring.

### **3.2.2.2. Anläggningar inom KBS-3-systemet**

#### **Clab/Inkapslingsanläggningen/Clink**

Clab är lokaliserat vid kärnkraftverket i Oskarshamn. Det använda kärnbränslet mellanlagras i anläggningens vattenbassänger, drygt 30 meter under markytan. I mottagningsdelen tas transportbehållarna med det använda kärnbränslet emot och lastas ur under vatten. Bränslet placeras därefter i lagringskassetter. Två typer av kassetter, normalkassetter och kompaktkassetter, används. Förutom använt kärnbränsle mellanlagras i dag även styrstavar från kokvattenreaktorer samt härdkomponenter. SKB har tillstånd att lagra 8 000 ton bränsle i anläggningen. Enligt dagens prognoser

beräknas denna lagringsmängd nås 2023. Bassängerna kan rymma totalt cirka 11 000 ton bränsle och SKB planerar att 2018 ansöka om att utöka lagringskapaciteten i Clab. SKB planerar att kapsla in bränslet i en ny anläggningsdel i anslutning till Clab och driva båda anläggningsdelarna som en integrerad anläggning, Clink. Clink dimensioneras för att kunna kapsla in 200 kapslar per år. Ansökan enligt kärntekniklagen om att få uppföra inkapslingsanläggningen och att få inneha och driva den som en integrerad anläggning med Clab lämnades in 2006. SKB har inlämnat kompletteringar dels i oktober 2009, dels i mars 2011 samtidigt som SKB ansökte om tillstånd för Kärnbränsleförvaret, Kärnbränsleförvaret.

### **Kärnbränsleförvaret**

SKB lämnade i mars 2011 in en ansökan om att etablera ett slutförvar för använt kärnbränsle. Slutförvarsanläggningen kommer att bestå av en ovanmarksdel och en undermarksdel. Undermarksdelen utgörs av ett centralområde och ett flertal deponeringsområden samt förbindelser till ovanmarksdelen i form av en ramp för fordonstransporter samt schakt för hissar och ventilation. Deponeringsområdena, som tillsammans utgör förvarsområdet, kommer att ligga cirka 470 meter under marknivån och bestå av ett stort antal deponeringstunnlar med borrade deponeringshål i botten på tunnlar. Efter att kapslarna placerats i deponeringshålen, omgivna av bentonitlera, fylls tunneln igen med svällande lera och försluts med en betongplugg. När allt bränsle har deponerats fylls även övriga utrymmen igen och anläggningarna ovan mark avvecklas. Anläggningen ovan mark omfattas av driftområde, bergupplag, ventilationsstationer och förråd. Anläggningen dimensioneras för en deponeringskapacitet på 200 kapslar per år.

### **Transportsystem för använt kärnbränsle**

Transportsystemet, som också används för transporter av låg- och medelaktivt avfall, består av fartyget m/s Sigrid, 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.

### **3.2.2.3. Anläggningar för forskning, utveckling och demonstration**

Forskning och utveckling för inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle behöver i många delar utföras i en realistisk miljö och i full skala. För detta ändamål har SKB tre laboratorier: Äspölaboratoriet,

Kapsellaboratoriet och Bentonitlaboratoriet. Laboratorierna ger också en möjlighet att demonstrera att barriärerna kan tillverkas och installeras med den kvalitet som krävs för att uppfylla kraven på långsiktig säkerhet.

#### **Äspölaboratoriet**

Äspölaboratoriet är beläget på ön Äspö norr om Oskarshamns kärnkraftverk och anlades under perioden 1990–1995. Verksamheten är en vidareutveckling av det arbete som tidigare bedrevs i Stripa gruva i Bergslagen. Laboratoriet består av en tunnel från Simpevarpshalvön, där Oskarshamns kärnkraftverk ligger, till södra delen av Äspö. På Äspö

fortsätter huvudtunneln i två spiralvarv ned till ett djup av 460 meter. De olika experimenten och demonstrationsförsöken äger rum i nischer och korta tunnlar som

grenar ut från huvudtunneln. Äspölaboratoriet har haft en central betydelse avseende utveckling, test och verifiering av teknik och metoder för de platsundersökningar som genomförts i Laxemar och Forsmark. Det spelar samma roll inför de kommande detaljundersökningarna i Forsmark. Laboratoriet används också till att undersöka hur barriärerna i slutförvaret för använt kärnbränsle (kapseln, bufferten, återfyllning, förslutning och berget) hindrar de radioaktiva ämnena i det använda bränslet från att nå markytan. Ett annat viktigt syfte är att utveckla och demonstrera metoder för att bygga och driva Kärnbränsleförvaret. I framtiden kommer anläggningen att användas för att utbilda och träna den personal som ska arbeta i Kärnbränsleförvaret. Laboratoriet kommer därför att vara i drift ungefär fram till dess att Kärnbränsleförvaret tas i drift.

### **Kapsellaboratoriet**

Kapsellaboratoriet ligger inom hamnområdet i Oskarshamn och byggdes under perioden 1996–1998. På Kapsellaboratoriet testas och utvecklas tekniken för att svetsa botten och försluta locket på kapseln samt metoder för att kontrollera uppfyllnad av fastställda kvalitetskrav. SKB planerar att använda anläggningen för utbildningsändamål inför den framtida produktionen, bland annat inför driftsättningen av inkapslingen i Clink. Kapsellaboratoriet kommer därför enligt planerna att vara i bruk fram till dess att inkapslingen av det använda kärnbränslet påbörjas.

### **Bentonitlaboratoriet**

SKB bedriver sedan 2007 forskning och utveckling i Bentonitlaboratoriet i Oskarshamn. Anläggningen ligger i direkt anslutning till Äspölaboratoriet och kompletterar de försök som görs där. I Bentonitlaboratoriet testar SKB bentonitens egenskaper och utvecklar metoder för att fylla igen förvarets tunnlar med återfyllningsmaterial och bygga pluggar för att försluta deponeringstunnlarna. De tester som genomförs i laboratoriet är ofta förberedande tester i olika skalor och omfattning inför tester i full skala på förvarsdjup i Äspölaboratoriet.

### **Remissinstansers synpunkter**

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk konstaterar att plats specifika studier för avveckling av kärnkraftverken i Forsmark, Oskarshamn och Ringhals som beskriver avfallsinventarium, teknik och kostnader har slutförts under sommaren 2013. När kärnkraftverken rivs uppstår stora mängder rivningsavfall. Säkerhetsnämnden anser att berörda kommuners behov och synpunkter kring rivning av anläggningar måste beröras, särskilt konsekvenserna av olika tidplaner för rivning.

I dag mellanlagras den största delen av det långlivade avfallet, främst förbrukade hårdkomponenter, i förvaringsbassänger på kraftverken och i Clab. Därutöver använder OKG Aktiebolag ett bergrum på Simpevarpshalvön (BFA) för torr mellanlagring av driftavfall. Drifttillståndet innehas av OKG Aktiebolag, men BFA är godkänt för mellanlagring av hårdkomponenter från alla svenska kärnkraftverk. Säkerhetsnämnden konstaterar att mel-

lanlagringen utökas i Oskarshamn när härdkomponenter från övriga svenska kärnkraftverk tas emot för torr mellanlagring. Säkerhetsnämnden anser att det bör klargöras om befintliga markförvar på lång sikt kan avvecklas och hur detta i så fall ska ske.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring (Oss) saknar en redovisning av de osäkerheter som är kopplade till den långsiktiga finansieringen av slutförvarsprojekten. Detta med hänvisning till att det finns tecken på att projekten kan vara kraftigt underfinansierade och att utredningar kring detta pågår och har genomförts. Uppgifter har framkommit att reaktorägarnas avgift till Kärnavfallsfonden i realiteten borde vara mycket högre än de nuvarande 2,2 öre/kWh. Oss saknar också en redovisning av hur kärnkraftindustrins finansieringsansvar kan säkras vid t.ex. kortare driftstid på grund av förtida avveckling och/eller vid försämrade förutsättningar på ränte- och finansmarknaderna.

### **3.3. Handlingsplan**

#### **3.3.1. Huvudtidsplan**

I kapitel 2 redovisar SKB översiktligt planering för att uppföra och ta i drift nya verksamheter. Planeringen fokuserar på stegvisa hållpunkter för individuella anläggningar och utgår huvudsakligen från de förutsättningar som ges av kärntekniklagen och miljöbalken samt av SSM utfärdade föreskrifter.

SKB redovisar i underkapitel 2.1 en övergripande handlingsplan för hela kärnavfallsprogrammet och en övergripande huvudtidsplan redovisas i figur 2-1 (sida 50 i Fud-program 2013). Därefter följer mer utvecklade redogörelser för handlingsplan för låg- och medelaktivt avfall i underkapitel 2.2 och för programmet för använt kärnbränsle i underkapitel 2.3.

#### **3.3.2. Handlingsplan för låg- och medelaktivt avfall**

##### **SKBs redovisning**

SKB redovisar i underkapitel 2.2 en övergripande handlingsplan för låg- och medelaktivt avfall och en övergripande huvudtidsplan redovisas i figur 2-2 (sida 51 i Fud-program 2013). SKB redovisar en sammanfattande nulägesbeskrivning och redogör därefter för planerna för fortsatt arbete med de viktigaste verksamheterna.

SKB sammanfattar nuläget för arbetet med låg- och medelaktivt avfall i följande punkter:

- Ansökningar för att bygga ut SFR kommer att lämnas in under våren 2014. Mellanlagring av långlivat avfall i SFR kommer att ingå i ansökningarna.

- Platsspecifika studier för avveckling av kärnkraftverkan har slutförts under 2013. Hälften av det kortlivade avfallet från avvecklingen av kärnkraftverken skulle kunna deponeras i markförvar i stället för SFR.
- En studie av olika försvarskoncept för SFL kommer att presenteras i slutet av 2013 som grund för att välja försvarskoncept att arbeta vidare med.
- En ny behållare för transport av långlivat avfall är under framtagande.
- SKB undersöker möjligheter för torr mellanlagring av styrtstavar i avvaktan på framtida deponering i SFL.

#### **Kortlivat låg- och medelaktivt avfall**

SKB:s redovisning återfinns i underkapitel 2.2.1 och innehåller en översiktlig tidsplan för utbyggnaden av SFR i figur 2-3 (sida 52 i Fud-program 2013) samt beskrivningar av de aktiviteter som SKB planerar att genomföra.

En mer detaljerad redogörelse med fokus på tekniska frågor redovisas i kapitel 4 i SKB:s rapport. SSM lämnar kommentarer på SKB:s redovisning i detta avseende under avsnitt 4.1 i denna rapport.

En mer utförlig redovisning av verksamheter som är relaterade till utbyggnaden av SFR återfinns i kapitel 5 i SKB:s redovisning där det bland annat redogörs mer konkret för SKB:s planer för fortsatt projektering av anläggningen efter att ansökningarna lämnats in. SSM lämnar kommentarer på SKB:s redovisning i detta avseende under avsnitt 4.2 i denna rapport.

Detaljer om den teknikutveckling som pågår för SFR redovisas i avsnitt 8.1. SSM lämnar kommentarer på SKB:s redovisning i detta avseende under avsnitt 4.5 i denna rapport.

Huvudpunkterna i redovisningen avseende kortlivat låg- och medelaktivt avfall kan sammanfattas i följande punkter:

- Planerad tidpunkt för drifttagning av den utbyggda anläggningen har skjutits fram från 2020 till 2023 beroende dels på att uppförandet bedöms ta längre tid, dels på att mer tid avsatts för SSM:s granskning.
- SKB avser att optimera användandet av anläggningen genom att ansöka om att få deponera både driftsavfall och rivningsavfall i hela anläggningen.
- SKB kommer att ansöka om att mellanlagra långlivat avfall i anläggningen i avvaktan på att i ett senare skede överförs till slutförvaret för långlivat avfall (SFL).

SKB redogör också översiktligt för de principiella stegen i processen efter det att tillstånd erhållits och vilka formella redovisningar som kommer att behöva lämnas in till SSM inför kommande beslutssteg.



### **Långlivat låg- och medelaktivt avfall**

SKB redogör i underkapitel 2.2.2 för nuvarande planering för att kunna ta SFL i drift ca 2045 och redovisar i en tidsplan i figur 2-4 (sida 54 i Fud-program 2013) de principiella utvecklingsstegen fram till ett driftsatt förvar.

En mer utförlig redovisning av verksamheter som är relaterade till SKB:s arbete med att etablera SFL återfinns i kapitel 6 där SKB bland annat redogör för ett par olika alternativ för drifttagning av förvaret samt de aktiviteter i övrigt som ingår i SKB:s pågående utvecklingsarbete. SSM lämnar kommentarer på SKB:s redovisning i detta avseende under avsnitt 4.3 i denna rapport.

Detaljer om den teknikutveckling som pågår för SFL redovisas i avsnitt 8.2. SSM lämnar kommentarer på SKB:s redovisning i detta avseende under avsnitt 4.5 i denna rapport.

Huvudpunkterna i redovisningen avseende långlivat låg- och medelaktivt avfall kan sammanfattas i följande punkter:

- Utvecklingen är en stegvis och iterativ process där vägval styrs av analyser av den långsiktiga säkerheten och med övergripande syfte att nå kortast möjliga utvecklingstid. Givet de förutsättningarna bedöms drifttagning under första halvan av 2040-talet som rimligt.
- Tänkt leverantör av en ny transportbehållare (ABT 1T) har stött på problem och SKB undersöker alternativa vägar för att ta fram en behållare. En ny tidsplan bedöms kunna fastställas i början av 2014.
- SKB undersöker möjligheter att mellanlagra långlivat avfall på annan plats än i SFR.

SKB redogör för att fokus under 2014 – 2016 kommer att vara den värdering av långsiktig säkerhet som ska redovisas 2016 och som kommer att ligga till grund för att välja huvudspår bland föreslagna förvarsutformningar och för att utveckla kravbilderna för avfallet. SKB redovisar vidare att såväl teknikutveckling av det valda konceptet liksom acceptanskriterier för avfallet kan utvecklas först efter att säkerhetsvärderingen gjorts. SKB redogör också mycket översiktligt för efterföljande verksamhet fram till dess att anläggningen tas i rutinemässig drift.

### **3.3.3. Handlingsplan för använt bränsle**

#### **SKBs redovisning**

SKB redovisar i underkapitel 2.3 en övergripande handlingsplan för använt kärnbränsle och en motsvarande övergripande huvudtidsplan i redovisas i figur 2-5 (sida 57 i Fud-program 2013). SKB redovisar en sammanfattande nulägesbeskrivning och redogör därefter för fortsatta planer för att etablera och driftsätta ett slutförvarssystem för det använda kärnbränslet.

Kapitel 10 i Fud-program 2013 utgör en översikt och introduktion till

den mer detaljerade redovisning av den teknikutveckling som pågår för att åstadkomma slutförvaring av det använda kärnbränslet redovisas i avsnitt 11-15 i SKB:s rapport. SSM lämnar kommentarer på SKB:s redovisning i detta avseende under kapitel 5 i denna rapport.

SKB:s verksamhet för den framtida hanteringen av använt kärnbränsle anges huvudsakligen omfatta följande delar:

- Arbete för att sköta SKB:s del av tillståndsprövningen av KBS-3-systemet.
- Teknikutveckling av KBS-3-systemet för att kunna ta det i industriell drift.
- Projekt Kärnbränsleförvaret som ansvarar för planering, projektering, uppförande och driftsättning av slutförvarsanläggningen i Forsmark.
- Projekt Clink som ansvarar för planering, projektering, uppförande och driftsättning av den integrerade anläggningen för mellanlagring och inkapsling i Oskarshamn.
- Planering för utökning av mellanlagringskapaciteten i Clab utöver 8 000 ton bränsle.
- Planering, projektering, uppförande och driftsättning av produktionssystemet för kapslar.
- Säkerhetsredovisningar för KBS-3-systemet.

SKB sammanfattar nuläget för arbetet med hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle i följande punkter:

- SKB:s planer för fortsatt arbete utgår från inlämnade ansökningar. För närvarande pågår en process där SKB besvarar frågor och lämnar kompletteringar till SSM och mark- och miljödomstolen
- Projektet Kärnbränsleförvaret har etablerats i Forsmark och slutfasen av systemprojektering pågår. Ett långsiktigt arbete har inletts för att bygga upp den organisation och kompetens som behövs framöver.
- Arbetet med att ta fram erforderliga säkerhetsredovisningar som underlag inför kommande beslutssteg.
- Projekt för teknikutveckling har etablerats som styrs av en strategisk teknikutvecklingsplan som kopplar ihop teknikutveckling med anläggningsprojekt och framtida säkerhetsredovisningar.

SKB redogör därefter översiktligt för fortsatta verksamheter i syfte att etablera ett slutförvarssystem för använt bränsle (KBS-3-systemet) med fokus på viktiga milstolpar och kommande inlämnande av preliminära säkerhetsredovisningar (PSAR) som underlag för att få påbörja byggarbetena.

SKB redogör också för behovet av att utöka mellanlagringskapaciteten i Clab liksom för behovet av att uppgradera (modernisera) Clab. SKB redovisar också översiktligt för fortsatt planering avseende uppförande och driftsättning av inkapslingsanläggningen och slutförvaret för använt bränsle. Därutöver redovisar SKB översiktligt principerna för att etablera ett produktionssystem för kapslar liksom planerade åtgärder för att komplettera transportsystemet så att det omfattar transporter avinkapslat bränsle.

### **Remissinstansers synpunkter**

Boverket konstaterar att flertalet anläggningar i kärnavfallskedjan antingen har tillstånd eller att tillståndsprövning pågår där SKB föreslagit platser. Dock har lokaliseringen av deponi för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL, ännu inte varit föremål för någon lokaliseringsprocess. Det gäller även ett eventuellt centralt markförvar för lågaktivt driftavfall.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att frågan om lokalisering av ett nytt slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt radioaktivt avfall bör utredas ytterligare. Särskilt bör fördelarna med en inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregional grundvattenströmning undersökas.

Föreningarna anser att en säkerhetsanalys för ett slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt radioaktivt avfall deponerat på ett djup av 500 m i ett inströmningsområde för grundregional grundvattenströmning bör genomföras. Om resultatet av en säkerhetsanalys för ett slutförvar för kortlivat låg- och medelaktivt radioaktivt avfall deponerat på ett djup av 500 m i ett inströmningsområde för grundregional grundvattenströmning visar sig gynnsam anser föreningarna att säkerhetsanalysen bör vidgas till att även gälla långlivat låg- och medelaktivt radioaktivt avfall. Föreningarna menar att det skulle finnas fördelar med en samordning av slutförvaringen av de bägge avfallstyperna.

Föreningarna deltar i de pågående prövningarna av ansökningar för att få bygga ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. Den kunskap som föreningarna har erhållit om förutsättningarna för att KBS-metoden skulle kunna ge en långsiktig säker slutförvaring av använt kärnbränsle har lett till att föreningarna inte anser att tillstånd bör ges till det planerade slutförvarssystemet. Om så även blir fallet behövs särskilda åtgärder för att hitta alternativ.

Naturskyddsföreningen Uppsala län menar att den tidspress SKB tvingas arbeta under i SFR-ärendet inte gagnar arbetet att söka efter den långsiktigt bästa lösningen från miljö- och säkerhetssynpunkt. Ett exempel är att SKB inte planerar att utreda alternativa lokaliseringar och genomföra säkerhetsutredning på motsvarande nivå som för Forsmarklokalisering för utbyggnad av SFR. Det visar på en motsättning mellan ekonomi och säkerhet när en snäv tidplan inte ger tid och utrymme för att jämföra säkerheten mellan olika alternativ.

Naturskyddsföreningen Uppsala län begär ett förtydligande vad gäller uttrycket ”en begränsad mängd radionuklider med längre halveringstid” än 31 år (Fud-rapporten sidan 32). SKB bör som komplettering av detta Fud-program, eller i Fud-program 2016, redogöra för vilka radionuklider som kan komma att ingå i nuklidinventariet av radionuklider med längre halveringstider än 31 år, med angivande av halveringstider. Föreningen anser att det också är nödvändigt att SKB redovisar förekomst och beräknade mängder av andra miljöfarliga ämnen som kan förekomma i avfallet och förorsaka miljöproblem.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring (Oss) noterar att i handlingsplanen för låg- och medelaktivt avfall ingår bland annat en utbyggnad av SFR, vilket ur ett industriperspektiv är logiskt. Ur ett samhällsperspektiv och utifrån erfarenheterna från slutförvarsprocessen för kärnbränsleavfall är det enligt Oss uppfattning att börja i fel ända. Oss menar att en utbyggnad av befintlig anläggning möjligen skulle kunna vara resultatet av en process, men inte vara ett på förhand uppställt mål. Oss saknar därför ett resonemang i Fud-program 2013 kring byggande av en ny SFR-anläggning som utgår från dagens miljökrav och inte från villkor som gällde då befintligt SFR byggdes.

Oss konstaterar vidare att tidplanen för utbyggnaden av SFR anger att arbetet med miljökonsekvensbeskrivningen ska vara klart under början av 2014 och att en ansökan ska inlämnas kort därefter. Informationen från SKB är att samråd enligt miljöbalken ska hållas i februari 2014 och att en ansökan ska lämnas in under mars 2014. Utifrån erfarenhet från tillståndsprocessen för kärnbränsleförvaret är samrådsredogörelsen, och hur frågor från samrådet har hanterats av sökanden, av avgörande betydelse för ansökans kvalitet. Oss ställer sig därför frågande till tidplanen och möjligheten till att i ansökan omhänderta frågeställningar som lyfts i samråden. I SKB:s tidplan bör därför också hänsyn tas så att det ges utrymme för hanteringen av ett preliminärt MKB-dokument, vilket bland annat Östhammars kommun och miljöorganisationer har efterfrågat i samrådet.

Beträffande framtagning av ansökningshandlingar är avsikten att i den nya SFR-anläggningen ska även mellanförvaras långlivat avfall. Oss antar att det därför kan innebära att det måste ställas särskilda villkor på anläggningen och på den hanteringen. Oss saknar en redovisning av detta.

Beträffande tillståndsprovning och detaljprojektering ska en preliminär säkerhetsredovisning ingå i ansökan. Oss menar att ett sådant dokument även ska ingå i underlaget för samrådet enligt miljöbalken.

Beträffande utbyggnad och överlämning till driftorganisation skriver SKB att ”Utbyggnaden av SFR inte får påverka säkerheten i det befintliga SFR”. Oss efterlyser en redogörelse av vilka faktorer som skulle kunna påverka säkerheten och hur dessa har omhändertagits. Det räcker enligt Oss uppfattning inte med att hänvisa till ”gällande system för säkerhetsledning”.

Beträffande handlingsplan för använt kärnbränsle noterar Oss att SKB:s fortsatta verksamhet bland annat omfattar säkerhetsredovisningar för KBS-3-systemet. Oss upplever att det återstår mycket arbete gällande säkerhetsredovisningar och teknikutveckling för KBS-3-systemet och att det saknas viktig information för att säkerställa att den sökta slutförvarslösningen verkligen är den lämpligaste.

I tidplanen redovisas ”milstolpar” för bygge och drift, men Oss saknar en koppling till tidplan för pågående studier och forskningsprojekt med koppling till förvarets funktioner och långsiktiga säkerhet. Oss tänker särskilt på studien LOT 2 kring kopparkorrosion, som SKB AB inte avser att slutredovisa före tillståndsprövningen är klar.

Beträffande transporter anser Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) att det saknas en miljökonsekvensbeskrivning för alternativen sjötransport respektive landtransport med avseende på energiförbrukning, växthusgaser - utsläpp och haverikonsekvenser.

Umeå universitet efterlyser en tydligare redovisning av möjligheterna att tidigarelägga utbyggnaden av SFR och SFL. Dessa är planerade att tas i drift 2024 resp. 2045. Härvid avses speciellt hur man avser att hantera en situation där av någon anledning en eller flera av de tio reaktorer som är i drift i Sverige måste stängas, och driften avvecklas tidigare än planerat.

Östhammars kommun menar att om ansökan att få bygga ett SFL-förvar av en eller annan anledning inte skulle bli godkänd, eller förvaret av någon annan anledning inte kan uppföras som planerat, finns en risk för att SFR inte kommer att kunna förslutas, då anläggningen delvis kommer att vara ett mellanlager. Kommunen påpekar att det är av betydelse att SFR inte förvandlas till ett permanent mellanlager utan möjlighet till förslutning.

## **3.4. Flexibilitet vid ändrade förutsättningar**

### **SKB:s redovisning**

#### **Allmänt**

SKB redogör i kapitel 3 för programmets flexibilitet vid förändrade förutsättningar. Genomförandet av kärnavfallsprogrammet planeras utifrån de strategiska utgångspunkter som i dag bedöms vara de mest realistiska. Den aktuella tidshorizonten är cirka 70 år, varför SKB måste räkna med att det med tiden uppstår ändringar av planeringsförutsättningarna och att det kan göras omvärderingar av de nuvarande utgångspunkterna för planeringen.

## **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 och SFL. SKB påpekar att om SFR redan byggts ut till full omfattning skulle det innebära att anläggningen inte kommer att utnyttjas fullt ut.

## **Drifttagning av det utbyggda SFR**

SKB redovisar också översiktligt konsekvenser av försening av idrifttagning av det utbyggda SFR. I huvudsak innebär det att rivningen av Barsebäcksverket och Ågesta blir försenad i motsvarande grad och/eller att det kan uppstå behov för mellanlagring också av driftavfall vid kärnkraftverken. Om nuvarande planering för avveckling av reaktorerna Ringhals 1 och Ringhals 2 kan motsvande behov uppstå vid Ringhals kärnkraftverk.

## **Drifttagning av Kärnbränsleförvaret och Clink**

I ett särskilt avsnitt redovisas förutsättningar för flexibilitet för inlagring av bränsle i Clab. SKB planerar att inleda provdrift av kärnbränsleförvaret och Clink 2029. Tillståndet för Clab omfattar 8000 ton bränsle. Enligt dagens prognoser och under dagens förhållanden i övrigt kommer Clab att vara fullt utnyttjat 2023. SKB planerar därför att ca 2018 ansöka om att utöka lagringskapaciteten i Clab genom att övergå till lagring av bränsle enbart i kompaktkassetter. Genom att kompaktera eller torrlagra styrestavar och eventuellt andra åtgärder bedömer SKB att kapaciteten i Clab kan utökas och anläggningen kan förväntas vara fullt utnyttjad först 2039. Om det blir nödvändigt kan Clab byggas ut med ytterligare ett bergrum med förvaringsbassänger. SKB redovisar att torrlagring av använt bränsle används i flera andra länder. SKB bedömer att ytterligare mellanlagringskapacitet kan åstadkommas genom torrlagring av använt bränsle som ett alternativ att bygga ut Clab.

## **Nya kärnkraftsreaktorer**

Vidare redovisas principiella konsekvenser för SKB:s nuvarande program och planering i en situation där dagens kärnkraftreaktorer i större eller mindre omfattning ersätts med nya. SKB:s redovisning omfattar på en övergripande nivå konsekvenser för såväl ett scenario med tredje generationens ersättningsreaktorer som ett scenario med fjärde generationens reaktorer, så kallade snabba reaktorer. SKB konstaterar att en utveckling som innebär att nya reaktorer byggs kommer att ta lång tid och att ett eventuellt tillstånd för att bygga en ny reaktor kommer att innehålla villkor om att en plan för omhändertagandet av det använda bränslet och kärnavfallet kommer att behöva tas fram.

## **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att det inte går att räkna med att det beviljas ett tillstånd för en utbyggnad av slutförvaret

för kortlivat låg- och medelaktivt radioaktivt avfall, SFR. Föreningarna vill därför att möjligheten att mellanlagra rivningsavfall från rivningen av Barsebäckreaktorerna i nuvarande SFR utreds så att den rivningen kan påbörjas snarast.

Föreningarna anser vidare att det inte går att räkna med att tillstånd erhålls för att slutförvara använt kärnbränsle enligt KBS-metoden. Även om det kan finnas möjlighet att en alternativ slutförvarslösning kan komma ett godkännas inom en 20-årsperiod anser föreningarna att det bör utredas hur det använda kärnbränslet bäst bör mellanlagras om det blir fråga om längre mellanlagringsperioden. Föreningarna anser att fördelarna med torr mellanlagring i berggrum då särskilt bör utredas.

Föreningarna anser även att omfattande resurser så snart som möjligt bör läggas på att utreda förutsättningarna för att använda djupa borrhål för slutförvaring av använt kärnbränsle. Ett sådant arbete bör göras i internationellt samarbete. I första hand bör samarbete inledas med det pågående pilotprojektet för slutförvaring i djupa borrhål som pågår i USA. Även ett EU-samarbete kopplat till teknikplattformen IGD-TP bör inledas.

Miljörelsens kärnavfallssektariat (Milkas) konstaterar att det förefaller som om den uppräknade SKB gjort (ca 12 600 ton bränsle motsvarande 6 300 kapslar) är orealistisk och alldeles för knappt tilltagen. Med utökningen av drifttiderna i Forsmark och Ringhals tillförs ytterligare 50 reaktorår till det hittills varande kärnkraftsprogrammet. Enligt SKB betyder 1 reaktorår 10-30 ton utbränt bränsle. 50 reaktorår skulle då betyda 500-1 500 ton ytterligare bränsle eller allra minst ett tillskott på 250 kapslar.

Milkas anser att en rimligare uppskattning är att de 50 reaktorår som nu tillkommit innebär en ökning av det totalt producerade använda kärnbränslet med ca 1 000-1 200 ton, d.v.s. att slutresultatet hamnar på ca 13 000 ton eller något därutöver. Detta ligger, så vitt Milkas förstår, inte inom ramen för den inlämnade ansökan för byggandet av slutförvaret för använt kärnbränsle vilken endast gäller ca 12 000 ton.

Uppsala universitet framhåller under rubriken ”Framtida snabba reaktorer av fjärde generationen” att det är utmärkt att SKB uppmärksammar utvecklingen och forskningen inom området fjärde generationens kärnkraftssystem och vilken betydelse detta kan få för slutförvaret. I den analys SKB redovisar framgår det dock inte explicit vilket framtida scenario man har beaktat. Universitetet antar att SKB här har valt ett scenario som bygger på användandet av brytareaktorer. Som beskrivs i Fud-program 2013 leder ett sådant scenario till att större delen av det använda bränslet måste slutförvaras.

Enligt universitetets uppfattning står det helt klart att ett slutförvar kommer att krävas oavsett vilken kärnkraftsteknologi som implementeras i framtiden men det finns dock flera skäl att SKB i detta sammanhang anlägger en förutsättningslös attityd varav den kanske viktigaste syftar till att inte låsa upp framtida generationer till en teknisk lösning. Förutom

att välja en nollösning som innebär att avsluta kärnkraftsprogrammet, kan industrin i framtiden t.ex. välja att 1) fortsätta kärnkraftsprogrammet med burnerreaktorer istället för bridreaktorer. Detta möjliggör att det använda kärnbränslet på sikt kan förbrukas eller 2) kombinera användandet av reaktorer av generation III och III+ med burners och bridreaktorer syftande till att åstadkomma ett jämviktsläge i landets kärnbränsleförsörjning under en mycket lång tidsperiod.

Uppsala universitet anser därför att det krävs en mer allomfattande analys av olika tänkbara framtida scenarier för att med säkerhet kunna avgöra hur stor del av det använda bränslet som måste slutförvaras.

Östhammars kommun konstaterar att det är framför allt reaktortankar från tryckvattenreaktorerna, PWR-reaktortankar, i Ringhals som kommer att behöva mellanlagras i SFR. På sidan 64 skriver dock SKB att ”Ringhals AB har även en byggnad där uttjänta ånggenerators har förvarats. I denna byggnad är det planerat att reaktortankarna från tryckvattenreaktorerna (PWR) ska mellanlagras i väntan på att SFL tas i drift.” Kommunen ställer frågan om detta innebär att mellanlagring av PWR-tankar inte kommer att behöva ske i SFR och om det är miljömässigt försvarbart att mellanlagra tankarna i SFR om de kan lagras i en befintlig byggnad i Ringhals till dess att SFL kan tas i drift.

Delar av avfallet kommer att hanteras och lagras i flera steg innan slutförvaring kan ske i SFL, till exempel reaktortankar från Ringhals och hårdkomponenter från Barsebäck. Kommunen undrar hur detta stämmer överens med dels ALARA-principen, dels miljöbalkens hushållningsprincip. I samband med transporter uppstår både risk för ökad strålning till arbetare samt traditionella miljöproblem.

I Fud-program 2010 utgick SKB från en drifttid för reaktorerna i Oskarshamn på 60 år samt för reaktorerna i Forsmark och Ringhals på 50 år. Idag har drifttiden för Forsmark 1, 2 och 3 samt Ringhals 3 och 4 förlängts till 60 år. Kommunen ställer också frågan hur en ytterligare förlängning av drifttiden av reaktorerna skulle påverka mellanlagringstiden i SFR och byggnationen av SFL.

I samband med mellanlagring av avfall i SFR ställer Östhammars kommun frågan om vad som räknas som mellanlagring och under hur lång tid ett mellanlager kan anses vara ett mellanlager innan det kan anses som en slutförvaring.

Utöver alternativet mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall i SFR framgår det, på sidan 54, att SKB genomfört en utredning för andra mellanlagringsalternativ av avfallet än i SFR. Kommunen efterlyser en tidpunkt när denna utredning kommer att publiceras.



## 3.5. SSM:s sammanfattande synpunkter på SKB:s verksamhet och handlingsplan

### 3.5.1. Allmänt om SKB:s redovisning

#### Övergripande bedömning

SSM bedömer att del I av SKB:s Fud-program är en bra introduktion till SKB:s verksamhet och planer för framtiden. SSM bedömer att strukturen för Fud-program 2013 har utvecklats och att texterna är mer konsistenta än i Fud-program 2010. SSM ser dock en fördel med att i kommande Fud-program ytterligare samla beskrivningarna av SFR respektive SFL för att få en mer övergripande bild än i aktuellt program. SSM bedömer att informationen i kapitel 1 utgör ett bra underlag för förståelsen av SKB:s nuvarande verksamhet och underlättar för läsaren att förstå handlingsplanens roll i ett mer övergripande sammanhang.

SSM bedömer att redovisningen av handlingsplanen (kap. 2) och den övergripande redogörelsen för flexibiliteten i systemet (kap. 3) tillsammans med relevant redovisning avseende hantering av låg- och medelaktivt avfall (del II) samt avseende hantering av använt kärnbränsle (del III) medger en tillräcklig inblick i SKB:s program för att myndigheten ska kunna bedöma programmet.

Den redovisade handlingsplanen är i första hand en beskrivning av *vad* som avses att göras, och innehåller i mindre utsträckning motiv för det forsknings- och utvecklingsarbete som *behöver* göras. SSM önskar därför i kommande Fud-program se en mer tydligt strukturerad och fokuserad redovisning som klargör hur forskning och utveckling motiveras och utvärderas med utgångspunkt från de åtgärder som planeras för att uppfylla 10 § kärntekniklagen. Redovisningen bör beskriva följande:

- vilka aktiviteter - i form av forskning, teknik- och modellutveckling, genomförda analyser, utredningar m.m. - som har genomförts under perioden sedan den senaste Fud-redovisningen och motiven för att genomföra dessa,
- utfallet från genomförda aktiviteter i relation till ställda förväntningar,
- vilka uppföljande aktiviteter som planeras att genomföras som en följd av utfallet av genomförd verksamhet,
- vilka tillkommande aktiviteter för att uppfylla 10 och 11 §§ kärntekniklagen som planeras att genomföras dels under kommande sexårsperiod, dels i ett längre tidsperspektiv.

#### 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 likväl som att det kan göras omvärderingar av nuvarande utgångspunkter för programmet till dess att programmet är avslutat. SSM anser att regelverket är anpassat till att hantera sådana förändrade förutsättningar eller omvärderingar av nuvarande utgångspunkter i och med kravet på uppdaterade Fud-program vart tredje år.

#### **Om flexibilitet vid förändrade förutsättningar**

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 är rimligt realistiska och åskådliggörande. SSM instämmer i princip i SKB:s övergripande resonemang om att eventuellt nya reaktorer kräver särskild hänsyn till omhändertagande av det avfall som kommer att uppstå.

#### **Om lagringskapacitet i Clab**

SSM bedömer de åtgärder som SKB redogör för i form av en eventuell utbyggnad av Clab med ytterligare ett bergrum 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.

#### **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.

### **3.5.2. Om planer avseende hantering av låg- och medelaktivt avfall**

#### **Om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat låg- och medelaktivt avfall, SFR**

SKB och reaktorägarna har sedan föregående Fud-program genomfört regeringsföreskrivna samråd med SSM om SKB:s arbete för den planerade utbyggnaden av SFR.

SSM anser att SKB:s beskrivning av huvudskeden och milstolpar samt flexibilitet i programmet för utbyggnad av SFR stämmer väl överens med krav i myndighetens föreskrifter om en stegvis tillståndsprocess. Tidplaneringen för den stegvisa prövningen

kan dock behöva ses över, bl.a. för att möjliggöra tillräcklig tid för myndighetens granskning av inlämnade redovisningar. SSM lämnar synpunkter på redovisningen om utbyggnaden av SFR i övrigt i avsnitt 4.2.

### **Om mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall i SFR**

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.

### **Om slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall, SFL**

SSM anser att SKB:s redovisning av huvudskeden, tidplan och milstolpar stämmer väl överens med krav i myndighetens föreskrifter om en stegvis tillståndsprocess. Även för denna process behöver tidplanen ses över i syfte att möjliggöra tillräcklig tid för bl.a. myndighetens granskningar. SSM vill betona att, även om drifttagning av SFL ligger långt fram i tiden är det angeläget att utveckla acceptanskriterier för det avfall som ska slutförvaras i anläggningen så att det avfall som redan uppkommit eller förväntas uppkomma kan konditioneras på ett optimalt sätt.

### **Om markförvar**

SSM anser liksom tidigare att det är viktigt att frågan om möjligheter att slutförvara mycket lågaktivt avfall i markförvar 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. SKB:s planer innebär att ett ställningstagande kan förväntas under kommande tre-årsperiod. SSM väntar sig en mer utförlig redovisning i Fud-program 2016.

### **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 blockspecifika rivningsstudier**

SSM ser positivt på att SKB och kärnkraftsföretagen tillsammans genomfört blockspecifika studier för avveckling (tidigare benämnda ”rivningsstudier”). Redovisningen i Fud-programmet behöver dock utvecklas så att det tydliggörs hur dessa studier förhåller sig till kärnkraftbolagens avvecklingsplaner och avvecklingsstrategier.

### **3.5.3. Om planer avseende hantering av använt kärnbränsle**

#### **Om Clab/Inkapslingsanläggningen/Clink**

SSM bedömer att SKB:s redovisning motsvarar myndighetens uppfattning om förutsättningarna för fortsatt process för tillståndsprövning, uppförande och driftsättning.

#### **Om ansökningar för ett slutförvar för använt bränsle**

SSM bedömer att SKB:s redovisning motsvarar myndighetens uppfattning om förutsättningarna för fortsatt process för tillståndsprövning, uppförande och driftsättning.

#### **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 slutförvarsanläggningen kommer att vara under kontinuerligt uppförande så är det viktigt att klargöra hur själva 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 möjligt att ta tillbaka deponerade kapslar under deponeringen, vilket, på en övergripande nivå, har demonstrerats i Äspölaboratoriet.

#### **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 eventuell övergång till KBS-3H**

SSM bedömer att SKB:s redovisning avseende utvecklingen av konceptet KBS-3H är ändamålsenlig i förhållande till syftet med Fud-programmet.

#### **Om flexibilitet för att åstadkomma utökad lagringskapacitet i Clab**

SSM bedömer att 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 bergum med förvaringsbassänger) på en övergripande nivå motsvarar myndigheterna förväntningar.

## 4. Låg- och medelaktivt avfall

### 4.1. Hantering av låg- och medelaktivt avfall

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 4, hantering av låg- och medelaktivt avfall, i SKB:s Fud-program.

#### 4.1.1. Hantering av kortlivat låg- och medelaktivt avfall

##### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar en övergripande och generell beskrivning av hur de svenska avfallsproducenterna under de senaste åren arbetat med att hantera låg- och medelaktivt avfall samt på vilka olika sätt avfallsproducenterna arbetar med att reducera utsläpp och avfallsvolymer. Redovisningen lyfter fram avfallsplaner och interna rutiner hos enskilda avfallsproducenter vilka är de verktyg som redovisar och styr hur arbete genomförs.

Enskilda avfallsproducenters delprogram för att minska mängd utsläpp och således påverka mängd och radionuklidinnehåll i det kortlivade låg- och medelaktiva avfallet återges.

För att minska mängden lågaktivt avfall som förs till SFR framförs i SKB:s redovisning ett alternativ om markdeponi.

Ett antal olika utvecklingsprojekt redovisas i vilka avfallsproducenterna deltar. OKG arbetar med att införa plåtkokiller, Ringhals AB utför försök med elektrokemisk nedbrytning av industarkoncentrat för att reducera mängden komplexbildare i koncentratet, SVAFO planerar att bygga en vakuumindestare i syfte att rena sitt utsläppsvatten och Clab planerar att använda tryckdriven membranfiltrering för rening av silverhaltigt avloppsvatten.

FKA:s försök med plasmeförbränning för industarkoncentrat, vilka redovisades i Fud 2010, har lagts ner.

##### **Remissinstansers synpunkter**

Östhammars kommun konstaterar att för att anpassa det radioaktiva avfallet inför slutförvaring har de olika avfallsproducenterna program för avfallskonditionering. Kommunen ställer sig frågan om detta är önskvärt ur till exempel hanteringssynpunkt eller om en likartad hantering vid de olika verken skulle vara önskvärd.

I avsnitt 4.1.4 framgår att Forsmarks Kraftgrupps försök med plasmaförbränning av indunstarkoncentrat, som beskrevs i Fud-program 2010, har lagts ner. Då ingen ytterligare information framkommer om försöket vill Östhammars kommun veta varför försöket lagts ner samt vad det resulterade i.

Kommunen noterar vidare att utöver det avfall som produceras vid de svenska kärnkraftverken finns avfall från forskning och sjukvård som hanteras av Studsvik Nuclear samt avfall från den tidiga delen av det svenska kärnenergiprogrammet som hanteras av SVAFO. Dessutom kommer radioaktivt avfall att produceras vid European Spallation Source (ESS), som är en forskningsanläggning som planeras att byggas i Lund. För att få en bättre överblick önskar Östhammars kommun, till Fud-program 2016, en redovisning av innehållet i avfall från forskning och sjukvård samt av innehållet i det historiska avfallet. Dessutom önskas en redovisning av vilken typ av avfall som kommer att produceras vid ESS och om allt kommer att kunna hanteras och slutförvaras i SKB:s nuvarande och planerade anläggningar.

För vissa typer av driftavfall, som ska deponeras i SFR, råder enligt kommunens uppfattning osäkerheter rörande innehållet av Kol-14. Osäkerheter finns också i delar av det historiska avfall som ska deponeras i SFR och SFL. Östhammars kommun önskar en sammanställning över det avfall SKB är osäker på vad det innehåller samt vilka åtgärder som kommer att vidtas för att kartlägga innehållet.

### **SSM:s bedömning**

SSM bedömer att beskrivningen av nuvarande system för omhändertagande av det låg- och medelaktiva avfallet beskriver det utvecklingsarbete som genomförs på ett acceptabelt sätt.

SSM ser positivt på den sammanställning av nationella och internationella erfarenheter som pågår inom området dekontaminering och intentionen att arbeta fram en handbok och utbildning inom området.

SSM ser positivt på SKB:s planer att reducera silverinnehållet i utsläppsvatten från Clab. SSM:s granskning av membranfilteranläggningen vid Clab sker dock inte inom ramen för denna Fud-granskning.

SSM har i tidigare Fud-granskning lyft fram vikten av att fortsätta utvecklingsarbetet för att nå de utsläppsreduceringar som beslutats om i miljödomarna för kärnkraftverken. SSM konstaterar att de försök med plasmaförbränning av indunstarkoncentrat hos FKA, och som beskrevs i Fud-program 2010, har lagts ner men att FKA har initierat arbete för effektivisera och vidarutveckla behandlingen av koncentratet. Vid Ringhals och OKG bedrivs utvecklingsarbete för kompletterande metoder till indunstning, bl.a. elektrolytisk nedbrytning av komplexbildare och membranfiltrering. SSM ser positivt på det ut-

vecklingsarbete som pågår. Det är angeläget att möjlighet ges för ett bra erfarenhetsutbyte mellan anläggningarna för en successiv utveckling av omhändertagandet med säkerställande av tillräcklig kapacitet för att omhänderta uppkommet avfall.

Sedan förra redovisningen av Fud-programmet har avfallsplaner och acceptanskriterier utvecklats. Dessa avfallsplaner beskriver den hantering som sker hos de olika avfallsproducenterna och hur avfallet omhändertas i dagsläget. SSM anser att redovisningen inom ramen för Fud-programmen skulle kunna utgöra ett viktigt komplement till dessa avfallsplaner, dels genom att samordnat beskriva hela avfallssystemet (och inte bara de enskilda avfallsproducenternas hantering), dels genom att beskriva hur avfallssystemet kan eller bör utvecklas för ett successivt mer optimerat omhändertagande som sker i enlighet med de allmänna hänsynsreglerna enligt 2 kap miljöbalken.

En liknande synpunkt framförs också av Östhammars kommun.

Synpunkter rörande hushållnings- och kretsloppsaspekterna vid avfallsbehandlingen framfördes också av SSM i granskningen av Fud-program 2010 och myndigheten efterfrågade en redovisning avseende förbränning (för energiåtervinning) av brännbart avfall i stället för att avfallet deponeras vid tillståndshavarnas markförvar. Någon redovisning av detta ges inte i Fud-program 2013 vilket är en brist i återkopplingen på myndighetens tidigare synpunkter.

SSM vill uppmärksamma frågan om omhändertagande av radioaktivt avfall som inte omfattas av Fud-programmet. Denna fråga tas också upp av Östhammars kommun i sitt yttrande. SSM bedömer att de anläggningar som drivs och planeras av SKB kan komma att utgöra viktiga resurser för omhändertagandet av sådant radioaktivt avfall. Exempel på sådant avfall är:

- Avfall från kärnteknisk verksamhet som inte omfattas av 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet, t.ex. avfall från bränslefabriken i Västerås samt anläggningarna i Ranstad och Studsvik.
- Avfall från sjukhus, forskning och industri, varav visst avfall (såsom uttjänta strålkällor) redan har överförts till Studsvik Nuclear AB. I denna kategori ingår även avfall från den planerade anläggningen ESS (European Spallation Source).
- Avfall innehållande förhöjda halter av naturligt förekommande radioaktiva ämnen, som inte kan deponeras på avfallsdeponier. Det kan också röra poster med höga halter av utarmat uran.

För att underlätta avfallsproducenternas planering är det angeläget att SKB tydliggör vilka deponeringsmöjligheter som finns och som kommer att finnas för radioaktivt avfall från andra producenter i SKB:s anläggningar. Det finns även ett behov av att uppskatta kostnaderna för omhändertagandet.

## 4.1.2. Hantering av långlivat låg- och medelaktivt avfall

### SKB:s redovisning

SKB redovisar de fem kategorier som utgör huvuddelen av det långlivade låg- och medelaktiva avfallet; kraftigt neutronbestrålad hårdkomponenter, styrcylindrar från BWR-reaktorer, reaktortankar från PWR-reaktorer, långlivat avfall från Studsvik Nuclear AB:s verksamheter, från sjukvård, forskning och industri samt historiskt avfall från forskning och utveckling inom de svenska forskningsprogrammen för kärnkraft.

SKB redovisar att förutsättningarna för ett mellanlager för långlivat avfall från kärnkraftverken i det utbyggda SFR har utretts inom ramen för projekt SFR-utbyggnad. SKB:s utredning visar att mellanlagring av långlivat avfall i SFR kan inledas när det utbyggda SFR tas i drift. Utredningen kommer att redovisas i detalj i de kommande ansökningarna om ett utbyggt SFR. SKB redovisar även att undersökningar görs om det finns möjlighet till mellanlagring av långlivat avfall från kärnkraftverken på annan plats än SFR.

Arbetet med det uppdaterade referensinventariet för SFL ingår i avsnitt 6.4 i SKB:s redovisning.

### SSM:s bedömning

SSM konstaterar att det långlivade avfallet enligt nuvarande planering kommer att behöva mellanlagras åtminstone fram till 2045, då ett slutförvar för långlivat avfall är planerat att tas i drift. SSM noterar att det i dagsläget finns flera öppna frågeställningar när det gäller emballering, mellanlagring och transport av långlivat avfall (se även SSM:s granskning av kapitlet om avveckling avsnitt 4.6). SSM anser att det är angeläget att förutsättningarna för hantering av avfallet klarläggs, för att så långt som möjligt säkerställa att det avfall som redan finns lagrat och som successivt uppkommer hanteras på ett sätt som är väl anpassat för den framtida hanteringen. En viktig faktor är utvecklande av acceptanskriterier för avfallet. SSM bedömer att det finns utrymme för ytterligare samordning mellan avfallsproducenterna på detta område.

SSM bedömer att mellanlagring av långlivat avfall i SFR är en möjlighet som kan övervägas, men SSM kommer inte att slutligt ta ställning och utvärdera mellanlagring av långlivat låg- och medelaktivt avfall i ett utbyggt SFR förrän SSM prövar ansökan om utbyggnad av slutförvaret.

SSM ser positivt på att undersökningar görs om det finns möjlighet till mellanlagring av långlivat avfall från kärnkraftverken på annan plats än SFR, i enlighet med SSM:s synpunkt vid granskningen av Fud-program 2010. Av det underlag som har tagits fram till samråd enligt 6 kap. miljöbalken så framgår det att alternativ till mellanlagring av långlivat avfall i SFR kommer att ingå i den kommande ansökan, med tillhörande miljökonsekvensbeskrivning, för ett utbyggt SFR.



### **4.1.3. SFR – slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall**

#### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar att framtagning av acceptanskriterier för avfall i SFR har arbetats fram under 2012. Utifrån acceptanskriterier har man byggt regler för fördelning av avfallet mellan de olika förvarsdelarna i SFR i enlighet med principen bästa möjliga teknik och strål-skyddsoptimering. SKB lyfter fram att deponeringsregler och acceptanskriterier framgår av SFR:s säkerhetsredovisning och SKB:s avfallshandbok för låg- och medelaktivt avfall.

Under 2012 slutfördes en utredning om SFR-anläggningen vilken syftade till att utreda status på anläggningen och dess system, då SFR kommer att ha en längre drifttid än vad som planerats vid uppförandet. Utredningen resulterade i ett antal handlingsplaner fördelade på områdena; el, bygg, mekanik och VVS. Förutom dessa områden har även en handlingsplan för området brand arbetats fram.

SKB redovisar för det utvecklingsarbete som pågår kring en gemensam databas för kärnkraftverken och SKB för radioaktivt avfall, projekt Gadd. I en första version av den gemensamma databasen kommer OKG och SKB att administrera information om det låg- och medelaktiva kortlivade avfallet. När Gadd driftsätts kommer data från de gamla databaserna att migreras och sedan verifieras. I jämförelse med befintlig databas (Triumf) kommer Gadd att innehålla en 3D-visualisering för de deponerade kollina i BMA och silon.

I befintliga beräkningsmetoder för fördelning av aktivitet av avfall i SFR har SKB nu inkluderat aktivitet från avfall som är mellanlagrat hos avfallsproducent.

#### **Remissinstansers synpunkter**

Miljörelsens kärnavfallssektariat (Milkas) konstaterar att redan i samband med projekteringen och byggandet av det nuvarande SFR-lagret framfördes allvarlig kritik mot konceptet. Man påpekade det olämpliga i att deponera radioaktivt avfall under Östersjöns botten i en berggrund genomkorsad av sprickor, med ett kloridhaltigt och därmed extra korrosivt grundvatten som tämligen snabbt skulle kunna leda till omfattande korrosion och skador på betongkonstruktioner mm när förvaret förslöts och vattenfylldes.

Milkas konstaterar att det nu har gått 25 år sedan SFR-lagret togs i bruk och redan nu har korrosion av såväl avfallsbehållare som stålkonstruktioner konstaterats liksom även degradering av betong, och detta trots att anläggningen ännu är torrlagd.

#### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att den utredning som analyserar konsekvenserna av en förlängd drifttid för SFR har slutförts och resulterat i handlingsplaner. Hur SKB arbetar med handlingsplanerna och vilka åtgärder som vidtas bedöms inom ramen för drifttillsyn av SFR.

SSM framförde i tidigare Fud-granskning att det fanns ett behov av vidareutveckla acceptanskriterier för avfall som avses att deponeras i SFR. Idag återfinns krav på acceptanskriterier i SSM:s föreskrifter och ett arbete inom området har genomförts av SKB, vilket SSM ser positivt på.

SSM ser positivt på det utvecklingsarbete som genomförs av SKB och avfallsproducenterna kring en gemensam och förfinad databas för avfallshantering. SSM saknar dock en tidsplan för driftsättandet av databasen. SSM anser att även Studsvik Nuclear AB och AB SVAFO inkluderas i planeringen.

SSM konstaterar utifrån SKB:s redovisning att fördelning av aktinider mellan de olika förvarsdelarna sker på motsvarande sätt som vid tidigare Fud-granskning med undantaget att de kollin som finns mellanlagrade hos avfallsproducent nu inkluderas. SSM har tidigare framfört att det finns brister i hur transuraner i avfallet antas fördelas mellan slutförvarets olika förvarsdelar, se vidare avsnitt 6.4. SSM anser att dessa brister lämpligen bör åtgärdas inom ramen för framtagandet av den nya databasen.

## **4.2. Utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall**

### **SKB:s redovisning**

SKB redogör översiktligt för planerna för utbyggnaden av befintligt SFR. Enligt planerna kommer en ansökan om att få bygga ut SFR att lämnas till SSM våren 2014. Fokus för den kommande perioden är för SKB att erhålla tillstånd för att uppföra och driva en utbyggd anläggning och att detaljprojektera anläggningens utformning.

SKB redovisar de genomförda miljöbalkssamråden och mötena som har hållits med SSM med anledning av den planerade utbyggnaden av SFR. De överordnade kraven på den utbyggda anläggningen har redovisats liksom arbetet med att ta fram acceptanskriterier för avfallet till det utbyggda SFR. Vidare har arbetet med redovisningen av lokaliseringen för det utbyggda förvaret beskrivits liksom platsundersökningsarbetet och arbetsmetodiken för projekteringen. Avsnittet avslutas med en redogörelse för arbetet med att ta fram en säkerhetsredovisning för SFR-utbyggnaden.

### **Remissinstansers synpunkter**

Miljörörelsens kärnavfallssektariat (Milkas) anser att en utbyggnad av SFR är helt oacceptabel och finner det angeläget att SKB istället försöker finna en lösning som inte medför ytterligare utsläpp av radioaktiva ämnen i Östersjön i framtiden.

Milkas anser att det principiellt är helt felaktigt att deponera ett långlivat avfall i ett slutförvar avsett för kortlivat avfall, även om den uttalade avsikten är att förvaringen endast

ska vara temporär. Enligt Milkas finns inga garantier för att inte en framtida händelseutveckling av ett eller annat slag medför att detta långlivade avfall blir kvar i SFR för evigt. Därför motsätter sig Milkas bestämt SKB:s planer när det gäller denna mellanlagring.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att ett sista samråd för ett nytt slutförvar för kortlivat avfall, utbyggt SFR, planerades till den 1 februari 2014. Eftersom det underlag som finns att samråda om rörande lokalisering och långsiktig säkerhet är bristfälligt anser föreningarna att samrådet bör fortsätta tills ett fullgott samrådsunderlag finns tillgängligt.

Det underlag som finns rörande platsvalet för ett nytt slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall är en rapport, SKB P-13-01 ”Plats för slutförvaring av kortlivat rivningsavfall”, där en jämförelse görs mellan två kustnära lokaliseringar. Föreningarna anser att en jämförelse även måste göras med en inlandslokalisering i ett inströmningsområde för grundregional grundvattenströmning. En sådan lokalisering kan ge en betydligt högre långsiktig miljösäkerhet.

Naturskyddsföreningen Uppsala län konstaterar att SKB inte planerar någon utredning av långsiktig säkerhet för att jämföra Forsmark med andra lokaliseringar. Föreningen menar att jämförbara säkerhetsanalyser på motsvarande utredningsnivå för andra lokaliseringar än Forsmark bör genomföras.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring (Oss) noterar att SKB anger att ”för utbyggnaden av SFR gäller samma principiella säkerhetsfunktioner som för den befintliga anläggningen”. Oss påpekar att den befintliga SFR-anläggningen utformades och lokaliserades utifrån lagstiftning och regelverk som gällde på 1980-talet. Miljökraven har skärpts, kravet på BAT har tillkommit, målet hållbar utveckling har fått en tydligare koppling till miljöaspekterna och försiktighetsprincipen har fått en annan tillämpning (Ringhalsdomen 2006).

Oss menar att principen ”utspädning” ska redovisas som en tredje säkerhetsfunktion för att sättas in i den kontext som gäller i dag. Oss saknar en uppdaterad redovisning av på förhand uppsatta kriterier för metodvalet.

Beträffande lokalisering av SFR noterar Oss att SKB anger att lokaliseringen av ett nytt SFR i anslutning till den befintliga anläggningen är logisk. Den logiken speglar enligt Oss uppfattning ett renodlat industriellt perspektiv. Ur ett samhällsperspektiv är det mer logiskt att välja en lokalisering, och metod, som utgår från i dag gällande miljö- och hållbarhetstänkande.

Oss menar att valet av lokalisering måste utgå från en strategisk miljöbedömning av själva metodvalet, där utspädningsprincipen ska vara redovisad.

I redovisningen av ”platspecifika säkerhetsrelaterade faktorer” saknar Oss faktorn grundvattnets in- och utströmning. Den frågan har belysts i processen gällande kärnavfallsförvaret, men avförts av SKB bland annat med hänvisning till de tekniska barriärernas isolerande funktion. Den isolerande funktionen saknas i den valda metoden för SFR och därför måste enligt Oss uppfattning in- och utströmningsproblematiken ingå som en säkerhetsrelaterad faktor att ta hänsyn till.

Utifrån en uppdaterad lista av ”platspecifika säkerhetsrelaterade faktorer” är det därför enligt Oss inte självklart att Laxemar utgör den logiska alternativa lokaliseringen. Med hänvisning till lokaliseringsprocessen för kärnbränsleförvaret kan det finnas andra platser som bättre uppfyller kraven. Oss saknar en uppdaterad redovisning av på förhand uppsatta kriterier för platsvalet.

Östhammars kommun konstaterar att SKB planerar att bygga ut SFR för det kortlivade låg- och medelaktiva avfall som kommer att produceras vid rivning av de svenska kärnkraftverken. I samband med SKB:s avgränsningssamråd 2010-09-28 gällande utbyggnad av SFR konstaterade SSM att de kommer att granska ansökan, som SKB i dagsläget planerar att lämna in under våren 2014, som om befintliga SFR inte finns.

I tidigare yttranden över SKB:s samråd, 2010-09-28, 2011-11-22 och 2012-11-26, gällande utbyggnad av SFR har Östhammars kommun framfört att de platsvalsredovisningar som presenteras i rapporten P-10-35, Lokalisering av slutförvar för kortlivat radioaktivt avfall, inte anses räcka för att motivera att Forsmark är bästa platsen för en lokalisering av SFR. Rapporten innehåller endast uppgifter för att avskrika olika lokaliseringalternativ i Oskarshamn samt alternativa lokaliseringar i Forsmark.

SKB beskriver lokaliseringsprocessen för utbyggnaden av SFR. SKB har utgått från de platser företaget tidigare gjort platsundersökningar på i samband med lokaliseringen av kärnbränsleförvaret.

Östhammars kommun upprepar synpunkten som framförts i samrådsprocessen för utbyggnaden av SFR (se ovan); SKB borde undersöka fler platser för att i rapportform motivera varför ett slutförvar för låg- och medelaktivt rivningsavfall i Forsmark innebär minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljö.

Kommunen konstaterar att med hänvisning till generationsmålet stressas prövning och lokaliseringen av SFR på. Kommunen vill ha svar på frågan om det går att motivera en forcerad process för prövningen av SFR om SKB samtidigt planerar för etablering av SFL år 2040. Kommunen undrar också över hur sen öppning av SFL (2065) stämmer överens med det som beskrivs på sidorna 96-97 gällande generationsmålet.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB vidtar åtgärder för att möjliggöra slutförvaring av rivningsavfall.

Eftersom SSM:s yttrande till regeringen om Fud-programmet sammanfaller med SKB:s planerade inlämning av ansökan för utbyggnaden av SFR granskas redovisning rörande ansökan om SFR-utbyggnaden inte inom ramen för SSM:s Fud-granskning. SSM:s bedömning av ansökansdokumentationen och eventuella begäran av kompletteringar sker i samband med beredningen av ansökan.

SSM har inom miljöbalkssamrådet och i regeringsföreskrivna samrådsmöten med SKB lämnat synpunkter på redovisningen av den utbyggda anläggningens lokalisering och säkerhetsredovisning (SSM 2010/608). Dessa synpunkter upprepas inte inom ramen för Fud-granskningen. Flertalet remissinstanser har synpunkter som relaterar till lokaliseringen av den planerade utbyggnaden av anläggningen. SSM kommer i samband med beredningen av SKB:s ansökan om att få bygga ut SFR ta ställning till om SKB:s redovisning uppfyller de krav som ställs i gällande regelverk.

SSM anser att de av SKB redovisade planerna för det fortsatta arbetet med detaljprojekteringen och med säkerhetsredovisningen förefaller vara ändamålsenliga.

## **4.3. Slutförvaret för långlivat radioaktivt avfall**

I detta avsnitt kommenterar SSM SKB:s redovisning kring slutförvaret för långlivat avfall kallat SFL. Detta innefattar dels SKB:s redovisning om planeringen avseende SFL (kapitel 6, samt avsnitt 2.2.2) samt redovisningen av frågor som rör långsiktig säkerhet (kapitel 21). Frågor kring långsiktig säkerhet som är gemensamma med slutförvaret för kortlivat driftavfall (SFR) kommenterar SSM i kapitel 6.4.

### **SKB:s redovisning**

SKB har i förhållande till tidigare Fud-program tagit fram en fördjupad redovisning kring handlingsalternativen för omhändertagande av långlivat låg- och medelaktivt avfall. I strategin ingår dels metoder för hantering och konditionering av avfall i samband med mellanförvaring, dels en plan för en gradvis utveckling av ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall.

Hantering och konditionering av avfall är delvis beroende på vilken slutförvarslösning som kommer att väljas så det finns en koppling mellan de två olika komponenterna i den övergripande strategin. Avfallet kommer delvis att genereras i samband med en framtida rivning av de svenska kärnkraftverken men en betydande del av avfallet finns redan idag i form av historiskt radioaktivt avfall. SKB lyfter särskilt fram behovet av att i den sam-

manlagda riskanalysen ta hänsyn till dosbelastning för personal som kommer att arbeta med avfallskomponenter.

SKB planerar en stegvis process för realisering av ett SFL-förvar som involverar: 1) teknikutveckling, 2) platsval, 3) analys av långsiktig säkerhet, 4) ansökan om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen, 5) projektering, 6) uppförande och 7) driftsättning. Den långsiktiga säkerheten blir styrande för de vägval som behöver göras. SKB har skissat på två alternativa tidplaner varav den ena förutsätter driftsättning kring 2045 och det andra alternativet driftsättning kring 2065. Fördelen med det senare alternativet är att anläggningens driftfas blir betydligt kortare medan nackdelar bl.a. är att tiden för mellanförvaring blir längre liksom att osäkerheterna kring projektets genomförande blir större.

De mer närstående arbetsmomenten i tiden är säkerhetsvärdering (2014), förstudier för platsvalsprocessen (innan 2020) samt en generisk säkerhetsanalys (2020). SKB siktar på att kunna genomföra platsundersökningar under 2020-talet för att sedan kunna ta fram det fullständiga ansökansunderlaget inklusive en platsspecifik säkerhetsanalys runt 2030.

Befintligt underlag för det kommande SFL-projektet utgörs av en preliminär säkerhetsanalys från 1999, samt ett referensinventarium för avfallet. Den säkerhetsvärdering som planeras syftar till att välja ut SKB:s huvudinriktning med beaktande av ett antal alternativa förvarsutformningar. Detta ger underlag för identifiering av behov av forskning och teknikutveckling. Dessutom finns behov av att kunna utforma krav kring berggrundens egenskaper som behöver beaktas i den framtida platsvalsprocessen (lokaliseringsfaktorer).

I Fud-program 2013 har SKB också på ett strukturerat sätt redovisat ämnesområden kopplat till den långsiktiga säkerheten för ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL; kapitel 21). SKB arbetar på att fortlöpande utvärdera och uppdatera beräkningar kopplat till radionuklidinventariet och materialsammansättning av SFL-avfall. Beträffande processer som kan påverka den långsiktiga säkerheten redovisas detta i olika ämneskategorier. Det arbete som bedrivs sker inom området betongbarriärer och det är samordnat med forskning kring motsvarande frågor för SFR-avfall, bl.a. metallkorrosion.

### **Remissinstansernas synpunkter**

Boverket noterar att under 6.7 Platsvalsprocessen i Fud-programmet, utvecklas hur processen avses gå till för att finna lämplig lokalisering av SFL. Boverket tillstyrker förslaget till process. Verket anser dock att det är viktigt att kriterier (lokaliseringsfaktorer) som är viktiga för valet av plats bestäms innan processer inleds. Detta för att göra det möjligt att göra objektiva värderingar av lämpligaste plats för lokalisering. Det är även viktigt att berörda länsstyrelser involveras i arbetet. Länsstyrelserna har ett ansvar att samordna statens intressen, har god kunskap om förhållandena i länen och har ett viktigt ansvar för hushållning med mark och vatten.

Miljörelsens kärnavfallssektariat (Milkas) efterlyser en förklaring till varför den uppskattade förvarsvolymen för SFL har ökat med 60 % sedan Fud-program 2010, från 10 000 m<sup>3</sup> till 16 000 m<sup>3</sup>. Ingen förklaring till förändringen finns i Fud-programmet. Förändringar av detta slag och denna omfattning när det gäller kalkyler och framtidsprognoser, och därtill utan angivande av orsak, väcker en känsla av att SKB:s utsagor inte bygger på den fasta grund bolagets företrädare gärna vill ge sken av.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att i den utredning av platsvalsprocessen för ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt radioaktivt avfall som planeras ska ingå en utredning av fördelarna med en inlandslokalisering i ett inströmningsområde för storregional grundvattenströmning.

Oskarshamns kommun konstaterar att en kritisk process efter förslutning av SFL är om grundvattennivån sänks och förvaret får tillgång till luftens syre. Hastigheten i försämringen av de tekniska barriärerna ökar i sådant fall betydligt. SFL bör således inte förläggas i ett område där grundvattensänkningar, som helt eller delvis torrlägger SFL, riskerar att ske i framtiden.

I avsnitt 6.7 beskriver SKB platsvalsprocessen för SFL. Kommunens mening är att SKB bör ta fram ett brett urval av kommuner i vilka kraven på förvarsplats för SFL kan uppfyllas.

Östhammars kommun konstaterar också att mycket av de kunskaper SKB vinner i samband med utbyggnaden av SFR samt byggnationen av kärnbränsleförvaret kommer att kunna nyttjas i samband med byggandet av SFL vilket Östhammars kommun ser som positivt.

I Fud-program 2013 framgår att konceptet för SFL liknar den lösning som finns för kortlivat medelaktivt avfall i SFR, med den skillnaden att SFL kommer att ligga på ett avsevärt mycket större djup, ca 400 meter. Kommunen noterar att SKB på sidan 105 skriver att ”De tekniska barriärerna i SFR har till syfte att förhindra eller fördröja utsläpp av radionuklider till omgivningen”. Kommunen ställer frågan om detta kan anses som BAT även för SFL-avfall.

SKB anger att de kommer att presentera högst två koncept för slutförvar av långlivat låg och medelaktivt avfall. Östhammars kommun anser att minst två koncept ska presenteras, varav det ena konceptet innebär inneslutning av avfallet.

SKB konstaterar att ”En möjlighet att avsevärt förkorta tiden för uppförande av SFL är att samlokalisera det med ett existerande förvar, exempelvis SFR. Den tidsödande tunneldrivningen till förvarsnivån kan då kortas.” Kommunen ställer frågan hur stor tidsbesparingen antas bli vid en samlokalisering av SFL och SFR.

En av anledningarna till att SKB önskar mellanlagra avfall avsett för SFL i den planerade utbyggnaden av SFR beror på att mängden avfall, som kommer att slutförvaras i SFL, är liten och att stora delar av avfallet produceras först då kärnkraftverken rivs. Det är därför mer kostnadseffektivt att bygga SFL vid en tidpunkt då större delar av avfallet är producerat vilket också innebär att drifttiden blir så kort som möjlig. Kommunen efterfrågar redovisning av kostnadsbesparingar om SFL-avfall mellanlagras i SFR jämfört med att etablera SFL samtidigt med att SFR byggs ut, och samlokaliseras med SFR. Kommunen efterfrågar också redovisning av hur förslutning av SFR och SFL skulle påverkas av en samlokalisering av anläggningarna.

SKB räknar med att starta lokaliseringsarbetet av SFL under kommande treårsperiod. Kommunen påpekar att vid lokaliseringen av anläggningen är det viktigt att hänsyn tas till kraven på bergets egenskaper i förhållande till den typ av avfall som ska deponeras.

SKB är positiv till initiativ från enskilda kommuner att delta i förstudier. Kommunen ställer frågan hur SKB kommunicerar att man söker efter en plats för SFL.

Kommunen påpekar vidare att precis som för utbyggnaden av SFR förutsätter Östhammars kommun en förutsättningslös lokalisering av SFL.

### **SSM:s bedömning**

SSM anser att SKB har i Fud-program 2013 redovisat en godtagbar plan för det fortsatta arbetet med att utarbeta ett koncept för slutförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall. Planen är dock skissartad i sitt nuvarande utförande och ytterligare redovisning kommer behöva tas fram under de närmaste åren för att nå fram till en fullständig plan som är mer övertygande i avseendet att alla viktiga frågor har identifierats och hanterats. Det finns en rad olika förutsättningar som kan förändras för ett projekt som är så långt utdraget i tiden, men det är ändå viktigt att det finns en preliminär planering som bildar en utgångspunkt för konkreta åtgärder för att föra projektet mot ett stegvist genomförande.

Eftersom arbetet med ett slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall rent kompetensmässigt kan baseras på dels tidigare erfarenhet från SFR (beträffande närområdet, konditionering av avfall och cementbarriärer), dels erfarenhet från arbete med det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle (beträffande geosfären), så bör SKB just nu ha god tillgång till lämplig kompetens för uppgiften. Det är viktigt att den kompetens som byggts upp i landet i samband med forskning och utveckling tas tillvara även i detta sammanhang. Avsaknaden av platsspecifik data från berggrund och biosfär behöver inte vara ett betydande hinder i tidiga skeden av säkerhetsanalysarbetet, dels eftersom det idag finns god tillgång till data som är representativ för typiska platser från SKB:s redan genomförda platsundersökningar, dels eftersom en säkerhetsanalys av konceptuell karaktär kan fokusera på avfallet och de tekniska barriärerna med en enkel representation av geosfären. Om en väsentlig del av det utredningsarbete som behövs som underlag för att upp-



föra ett SFL-förvar skjuts på framtiden i flera årtionden riskerar kompetensen i stället att behöva byggas upp på nytt.

SSM är av uppfattningen att SKB:s alternativ med sent drifttagande som redovisas i Fud-program 2013 är ett sämre alternativ i jämförelse med SKB:s normalfall med planerad driftstart runt 2045. Enligt SSM:s bedömning innebär en så sen driftstart som 2065 att osäkerheterna kring projektets genomförande kopplade till en rad olika frågor som kompetensbevarande, finansiering, acceptansfrågor, kunskap om avfallet m.m. blir onödigt stora.

Det bör beaktas att en betydande del av avfallet består av det historiska avfallet och driftavfall från kärnkraftverken som redan finns idag och måste mellanförvaras. En väsentlig del av det övriga långlivade avfallet förväntas även tillkomma under de närmaste 20 åren, dvs. i god tid före det planerade drifttagandet av SFL. Det är därför angeläget att både utvecklingen av förvarskoncept och drifttagandet av SFL inte onödigtvis försenas. Mot bakgrund av att vissa mängder långlivat avfall inte kommer att uppkomma förrän de sista kärnkraftverken rivs bedömer SSM att det finns skäl att utreda en etappvis utbyggnad av SFL som kan övervägas senare om behov föreligger. I övrigt anser SSM att SKB:s tidsplanering utgör en godtagbar grund för kommande arbete.

Vad det gäller de beräknade avfallsvolymerorna anser SSM att SKB fortlöpande behöver uppdatera och kvalitetssäkra underlaget, bl.a. utifrån planerna med att omhänderta det historiska avfallet, utfallet från avvecklingsplaner och rivningsstudier. En motsvarande synpunkt framförs av Milkas.

SSM anser att SKB inför arbetet med den planerade säkerhetsvärderingen (2014) bör använda sig av en etablerad säkerhetsanalysmetodik baserat på en systematisk inventering av händelser, processer och egenskaper (FEPar) som kan påverka förvaret och på ett antal scenarier som underlag för utvärdering av förvarets säkerhetsfunktioner. Liksom Östhammars kommun anser SSM att SKB bör undersöka flera alternativa utformningar och materialval och hålla flera alternativ öppna samtidigt i avvaktan på ytterligare utredningar. Det är viktigt att metodvalsfrågorna inte hanteras för snävt utan blir allsidigt belysta.

I sin tidigare preliminära säkerhetsanalys (SKB, 1999) var en av hörnstenarna i utformningen av de tekniska barriärerna konceptet kring hydraulisk bur som innebär att grundvattenflöde genom förvarskonstruktionen förhindras genom ett permeabelt lager av krossat berg som leder grundvattenflödet. SKB har senare jämfört konceptet med andra alternativ som en tunnelkonstruktion omgiven av antingen cement eller bentonit, alternativt en silo omgiven av bentonit (Neretnieks och Moreno, 2013). SKB:s slutsats i sin huvudstudie baserat på en bred metodvalsdiskussion är att två slutförvarslösningar, en baserad på cement och en baserad på lera, utgör huvudalternativ (SKB TR-13-14). Enligt SSM:s uppfattning utgör denna typ av konceptstudier ett värdefullt inslag för att bedöma för- och nackdelar med olika typer av materialval och konstruktionslösningar. För slutligt urval av

förvarskoncept för djupgående analys krävs möjligen mera detaljerade analyser som utförligare belyser t.ex. frågeställningar kring beräknad dos/risk, kommande klimatutveckling med glaciationer och permafrost, jordskalv, kort- och långsiktig degradering av barriärfunktioner och material, driftfrågor och ekonomi.

SSM anser att SKB:s redovisning om naturvetenskaplig forskning kopplat till långlivat låg- och medelaktivt avfall (kapitel 21) visar att SKB saknar ett pågående forsknings- och utvecklingsprogram för dessa frågor. Det finns dock ett flertal forskningsprojekt som är relevanta för både SFL och SFR t.ex. frysning, sprickbildning samt kemisk omvandling av betong. Dessa projekt kommenterar SSM i kapitel 6.4 i denna rapport. SSM anser att det bör finnas bättre förutsättningar för SKB att framöver identifiera behov av forskning och utredningar när framsteg har uppnåtts för frågor kopplat till etablerandet av ett förvarskoncept för SFL.

## 4.4. Markförvar

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 7, Markförvar, i SKB:s Fud-program.

### SKB:s redovisning

SKB redovisar övergripande den nuvarande planeringen och förutsättningarna för omhändertagande av mycket lågaktivt avfall från kärnkraftverken. Av redovisningen framgår att avvecklingsplanerna för kärnkraftverken i Forsmark, Ringhals och Oskarshamn utgår från att markförvar ska finnas tillgängligt vid respektive anläggning, medan Barsebäcksverket ställer sig positiva till ett centralt markförvar. I nuläget ingår dock sådant avfall som skulle kunna markförvaras i ansökningarna för SFR, vilket enligt redovisningen ger flexibilitet och handlingsfrihet. Som skäl anges att det i dag inte finns tillstånd att slutförvara rivningsavfall i befintliga markförvarsanläggningar.

Sedan Fud-program 2010 har SKB bedrivit ett arbete i syfte att kartlägga avfallet från avveckling och rivning. Resultaten tyder på att cirka hälften av det lågaktiva avfallet kan vara aktuellt för slutförvaring i markförvar liknande de som i dag finns tillgängliga för driftavfall. SKB har under 2013 startat ett projekt i syfte att utvärdera om markförvar på ett miljö- och strålskyddsmässigt samt kostnadseffektivt sätt kan fungera som alternativt slutförvar, samt om konventionella avfallsanläggningar på något sätt kan utnyttjas. Visar det sig att så kan vara fallet avser SKB fatta beslut om det ska byggas ett centralt markförvar, eller om befintliga markförvar bör byggas ut och användas. Avsikten är att ta beslut om de principiella frågorna under 2014, och göra efterföljande inriktningsbeslut under den kommande treårsperioden.

### Remissinstansernas synpunkter

Boverket noterar att SKB utreder möjligheten att bygga ett centralt markförvar. Boverket ser positivt på att utnyttja möjligheten att källsortera mycket lågaktivt, kortlivat avfall vid

nedmontering och rivning av kärnkraftverken. Det bör också vara en fördel att detta material kan deponeras på en plats. Om det görs kan det vara lättare att upprätthålla kunskap om lämplig hantering av materialet och områden för deponering kan begränsas.

Kävlinge kommun noterar att SKB argumenterar för att gå över till mindre kostnadskrävande förvaringsutrymmen för lågaktivt avfall i s.k. markförvar. Att mängder av lågaktivt och numera avklingat kärnavfall förvaras i SFR uppmärksammas i högre grad nu än i tidigare Fud-program vilket kommunen anser är bra. Resursslöseri har skett och först när det börjar bli ont om plats och kostnaderna ökar för att bygga ut SFR tycks industrin vilja utveckla metoder för att i ökad grad friklassa avfall, något kommunen anser bör utvecklas ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Det är enligt kommunens uppfattning i slutänden svensk industris konkurrenskraft det handlar om och om medborgarnas pengar dvs. de som tvingas betala ett onödigt högt pris för kärnkraftselen.

Kävlinge kommun motsätter sig ett markförvar av kärnavfall på plats i Barsebäck och vidhåller att all förvaring ska ske i nuvarande och kommande SFR i Forsmark. Kommunen har också avslagit fastighetsägarens bygglovsansökan om att bygga ett sådant markförvar på kärnkraftverkets hamnområde då detta strider mot gällande detaljplan. Kommunen måste säkerställa att inget permanent lager finns på området under eller efter rivningsfasen av BKAB:s anläggningar. I dagsläget finns inget som garanterar att en rivning blir av och skräckscenariet är om regeringen i ett framtida beslut skulle göra som i Tyskland och tvinga industrin att i varje kärnkraftskommun anlägga ett slutförvar.

Lokala säkerhetsnämnden i Oskarshamns kommun noterar att utifrån den kunskap som finns om friklassningskrav och krav som ställs på dagens markförvar, bedömer SKB att ungefär hälften av rivningsavfallet kan friklassas eller placeras i markförvar. 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 från miljösynpunkt. Nämnden noterar att OKG i sin platsspecifika studie om avveckling framhåller att målet är att hela området ska friklassas och kunna användas för annan industriell verksamhet. Säkerhetsnämnden vill understryka vikten av att det målet uppfylls så att det friklassade området kan användas för andra ändamål

Lokala säkerhetsnämnden noterar vidare att markförvar används för att slutförvara avfall med mycket låg aktivitet. I dag finns markförvar på industriområdena vid kärnkraftverken Forsmark, Oskarshamn och Ringhals samt i Studsvik. SKB undersöker möjligheten att bygga ett markförvar för mycket lågaktivt avfall från nedmontering och rivning av kärnkraftverken. Efter cirka 50 år har radioaktiviteten i detta avfall sjunkit till så låga nivåer att det kan friklassas från strålskyddssynpunkt. Om SKB kommer fram till att ett centralt mellanlager bör anläggas anser säkerhetsnämnden att etableringen bör bli föremål för en

liknande platsvalsprocess som för lokaliseringen av slutförvaret för långlivat avfall (SFL).

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) har noterat att det framtida huvudalternativet för slutförvaring av det mest lågaktiva och kortlivade radioaktiva avfallet från nedmontering och rivning är, enligt tillståndshavarna för kärnkraftverken, markförvar. I nuläget planeras detta avfall att deponeras i ett utbyggt SFR. Föreningarna anser att det inte finns anledning att sänka den långsiktiga säkerheten för slutförvaring av radioaktivt avfall från rivning av reaktorer på detta vis eftersom det inte kan vara fråga om användning av bästa möjliga teknik.

Östhammars kommun konstaterar att delar av det avfall som i dagsläget planerar att förvaras i SFR är mycket kortlivat lågaktivt avfall som skulle kunna förvaras i markförvar istället. Kommunen undrar därför om markförvar visar sig vara fördelaktigt, vilken miljömässig nytta skulle då ett centralt markförvar kontra markförvar vid varje kärnkraftverk ha och om deponeringsdispensen kan vara befogad för denna typ av avfall. Kommunen undrar också över om utredningen samt efterföljande beslut kommer att fås i tillräckligt god tid för att hänsyn ska kunna tas till detta i samband med prövningen av ansökan om att bygga ut SFR.

Kommunen anser också att vid lokalisering av eventuellt/eventuella markförvar bör hänsyn tas till högsta troliga havsnivå samt tillgänglig plats.

### **SSM:s bedömning**

Redovisningen av arbetet med markförvar är relativt begränsad och det saknas referenser till planerade åtgärder enligt redovisningen av Fud-program 2010. Vidare är redovisningen begränsad till frågor kopplade till omhändertagande av sådant avfall som uppstår vid nedmontering och rivning av kärnkraftverken, någon redovisning av omhändertagandet av motsvarande driftavfall ges inte.

Av redovisningen framgår att ett principiellt beslut om det fortsatta arbetet ska fattas samtidigt som SKB avser att lämna in en ansökan om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat avfall, vilken även ska omfatta det mycket lågaktiva avfallet. Frågan om vilka krav som ska ställas på markförvar har varit föremål för olika utredningar under senare år, bl.a. inom ramen för en lagutredning rörande översynen av lagstiftningen inom strålsäkerhetsområdet (SOU 2011:18). Vilka krav som kommer att ställas, t.ex. frågan om ett fortsatt undantag till förbudet att deponera brännbart avfall, kan således påverka möjligheterna till fortsatt deponering av delar av avfallet.

En begränsning av mängden deponerat brännbart och annat nedbrytbart organiskt avfall skulle vara i linje med vad SSM och flera remissinstanser förde fram i granskningen av Fud-program 2010. SSM framförde i granskningen att sådant avfall som kan återvinnas

eller återanvändas på ett miljö- och strålskyddsmässigt samt kostnadseffektivt sätt, inte bör deponeras i slutförvar. Motsvarande synpunkter förs fram i remissyttranden över Fud-program 2013 och en ökad grad av källsortering och resurshushållning efterlyses. Utöver att främja hushållningsaspekterna (t.ex. genom energiåtervinning av brännbart avfall) skulle en begränsning av deponerad mängd brännbart och annat nedbrytbart organiskt avfall, dessutom leda till en långsiktigt säkrare funktion av markförvarens tätskikt och därmed dess långsiktiga funktion. SSM anser att dessa frågeställningar behöver adresseras av SKB och tillståndshavarna i det fortsatta arbetet.

Under senare år har vissa tekniska frågor varit föremål för särskilda utredningar i regi av de olika tillståndshavarna. SSM anser att SKB i det redovisade Fud-programmet mer ingående borde ha beskrivit det arbete som har genomförts.

Rörande lokaliseringen av ett centralt markförvar ser SSM positivt på att SKB även avser att utreda möjligheten till samlokalisering med en konventionell avfallsanläggning. Enligt SSM är det i sig inget självändamål att markförvaren etableras vid de nuvarande kärntekniska anläggningarna, tvärtom kan det finnas fördelar med en samförläggning t.ex. vad gäller samordning av kontroller och övervakning på lång sikt. En förläggning vid en konventionell avfallsanläggning innebär också att en förläggning nära kusten kan undvikas, vilket även det kan säkerställa en långsiktigt säkrare funktion med hänsyn till eventuella havsnivåförändringar.

Frågan om slutförvaring av lågaktivt avfall i markförvar kan även behöva adresseras tillsammans med andra slutförvar för kärnavfallet i syfte att helhetsoptimera omhändertagandet avfallet. Enligt SKB:s nuvarande planer ska allt lågaktivt avfall (som inte kan friklassas) från rivningen av kärnkraftverken slutförvaras i bergssalar som motsvarar BLA i det befintliga SFR.

## **4.5. Teknikutveckling för slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall**

SKB redovisar teknikutvecklingen för slutförvaring för både låg- och medelaktivt kortlivat avfall (SFR) och för låg- och medelaktivt långlivat avfall (SFL) i kapitel 8 i Fud-program 2013.

### **4.5.1 Teknisk utveckling för det befintliga slutförvaret av låg- och medelaktivt kortlivat avfall (SFR)**

#### **SKB:s redovisning**

SKB redogör att i den befintliga delen av SFR finns

- en bergssal för lågaktivt avfall (1BLA) som inte har någon teknisk barriär,

- en bergssal för medelaktivt avfall (1BMA) som har betongkonstruktion, däri placeras avfallskollina, som utgör den huvudsakligen tekniska barriären. Utöver den kommer att finnas båterfyllning av bergkross mellan betongkonstruktionen och berget,
- två betongtankförvar (1BTF och 2BTF) som har betongtankarna och kringgjutningen som tekniska barriärer,
- en silo som har tekniska barriärer både av en betongkonstruktion och en bentonitfyllnad mellan betongkonstruktionen och bergväggen av silon

SKB ställer inget absolut inneslutningskrav på de tekniska barriärerna i SFR, utan anger att dessa har till syfte att förhindra eller fördröja utsläpp av radionuklider till omgivningen.

I nuläget fokuserar SKB arbete gällande teknikutveckling mycket på att kartlägga och utvärdera de brister som förekommit i de tekniska barriärerna i olika delar av SFR-anläggningen. För de brister som identifierats har SKB tagit fram planer för att utreda åtgärdsmetoder.

I betongsilon har kontaminerat grundvatten påvisats i ett antal fack. SKB:s experimentella undersökningar har visat att gjutningsbruket separerar om vatten finns i facket vid kringgjutning, vilket leder till bildning av ett cementrikt skikt i övre delen och ett ballastrikt skikt i nedre delen av brukspelaren. SKB:s åtgärdsmetod inbegriper att studera de hydrologiska egenskaperna hos det cementrika skiktet.

I BMA har det förekommit skador orsakade av armeringskorrosion, såväl på de tekniska barriärerna som på andra konstruktionsdelar, t.ex. fundament. Utöver de skador som är orsakade av korrosion av ingjutet stål upptäcktes även genomgående sprickor i betongkonstruktionerna.

För de genomgående sprickorna i betongkonstruktionerna har SKB utrett åtgärdsmetoden med borrning med efterföljande injektering med ett finkornigt bruk. SKB anser dock att möjligheterna att kontrollera åtgärdsresultaten är begränsade.

För de skador som är orsakade av armeringskorrosion har SKB föreslagit åtgärdsmetoden att den skadade delen av betongen (och även en del av den friska) tas bort och ersätts med ett nytt tämligen tjockt pågjutet täckskikt av en tät betong. För att förebygga armeringskorrosion har en tunnelduk installerats i BMA för att ansamla kloridjoner som anses vara den huvudkomponent som orsakat korrosion.

SKB har undersökt möjligheten att använda silons kringgjutningsbruk även för kringgjutning i BMA, men studierna har visat att varken bruket eller metoden är lämplig. SKB planerar att utveckla ett nytt bruk och en appliceringsmetod för detta.

## Remissinstansers synpunkter

Miljörelsens kärnavfallssektariat (Milkas) noterar att det i SKB:s redogörelse inte finns några uppgifter om omfattningen av de skador som uppstått i bergsalen för medelaktivt avfall i SFR eller ens i vilken mån man lyckats lokalisera och identifiera alla de skador som finns.

Beträffande åtgärdandet av dessa skador anger SKB att

”Åtgärder för att upprätthålla säker drift bör genomföras i närtid, medan åtgärdande av skador som skulle kunna ha betydelse för den långsiktiga säkerheten kan utföras fram till dess att förvaret försluts”. Milkas konstaterar att det förefaller av detta uppenbart att förvarets långsiktiga säkerhet inte är en särskilt högt prioriterad fråga när det gäller inriktningen av SKB:s verksamhet.

Naturskyddsföreningen Uppsala län konstaterar att Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, MKG, uppmärksammade SSM i en skrivelse den 20 juni 2012 på att det kan finnas problem med korrosion i underjorden orsakad av läckströmmar. Detta kan påverka säkerheten i det befintliga slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall, SFR, samt för det planerade utbyggnaden av SFR samt det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle. Läckströmmarna kommer från elförbindelsen Fenno-Skan, som går mellan Finland och Forsmark i Sverige. De metallbehållare som finns i SFR och som kommer att finnas i de framtida slutförvaren skulle på grund av detta kunna få korrosionsproblem då de utsätts för väta.

Föreningen ser med oro på att skador redan nu förekommer i befintligt SFR. Det ger fog för att påstå att befintligt SFR har byggts utan tillräcklig säkerhet. Att detta ska kunna åtgärdas med ytterligare undersökningar och forskningsprogram, framgår inte helt tydligt.

Östhammars kommun konstaterar att det befintliga slutförvaret SFR konstruerades och togs i drift under 80-talet. Kravet då var att anläggningen skulle vara säker i 500 år. Sedan dess har säkerhetskraven förändrats och SFR ska nu vara säkert i 10 000 år. Kommunen ställer frågan hur SKB säkerställer att nuvarande SFR uppfyller de säkerhetskrav som gäller trots att tidsperspektivet förändrats avsevärt. Östhammars kommun önskar också en tydlig uppställning över hur kravbilderna för SFR förändrats med hänsyn till det ändrade tidsperspektivet.

De tekniska barriärerna i SFR har, under den senaste treårsperioden, varit föremål för olika utredningar och undersökningsprogram, vilket Östhammars kommun ser som positivt.

Ett antal utredningar med koppling till förekomsten av grundvatten i silon har genomförts. SKB har tidigare påträffat kontaminerat vatten i ett antal fack i betongsilon. Kommunen undrar vilken typ av kontaminering man har påträffat.

Kommunen konstaterar också att under det undersökningsprogram, som genomfördes av bergsalen för medelaktivt avfall, BMA, 2010-2011, upptäckte SKB genomgående sprickor. SKB fann att ”Dessa sprickor riskerar att kortsluta funktionen hos det permeabla materialet runt barriärfunktionerna och behöver åtgärdas innan förslutning.” Kommunen vill ha svar på frågan om hanteringen av de genomgående sprickorna i BMA kan vara en kritisk punkt för den långsiktiga säkerheten.

### **SSM:s bedömning**

Föranlett av de problem som har identifierats har ett utvecklingsarbete genomförts gällande såväl reparation av befintliga betongbarriärer som utformningen av betongbarriärerna i den planerade utbyggnaden. Med hänsyn tagen till driftsäkerhet, långsiktig säkerhet, radiologiska egenskaper av olika typer av avfall, är det angeläget med ett systematiskt angreppssätt att, utifrån krav på barriärfunktionerna i olika förvarsdelar av SFR, verifiera och kontrollera status i barriärernas egenskaper och betydelsen av den planerade förlängda drifttiden av anläggningen. SSM ser därför positivt på att SKB har initierat ett arbete med att utreda brister och oklarheter i olika delar i den befintliga SFR-anläggningen samt att ta fram olika åtgärdsmetoder för de upptäckta bristerna, liksom åtgärder för att förbättra miljön i förvaret (t.ex. installation av tunnelduk och avfuktare).

Vad det gäller identifierade skador på betongbarriären i BMA anser SSM att SKB:s analys av orsaker till skador är ändamålsenliga och de föreslagna orsakerna för skadorna i betongbarriären i befintligt BMA bedöms som trovärdiga. Vidare har provtagning av bentonitleran runt betongbarriären i silon genomförts i syfte att närmare bestämma lerans sammansättning.

SSM har inom ramen för pågående granskning av ansökan om kärnbränsleförvaret begärt att SKB ska inkomma med redovisning av eventuell påverkan av läckströmmar från Fenno-Skan-kabeln. SSM kommer inom ramen för pågående granskning av ansökan om kärnbränsleförvaret och kommande granskning av utbyggnaden av SFR att bedöma denna fråga.

SSM ser positivt på de försök som har genomförts i syfte att såväl utreda om kringgjutning av avfallskollin har skett när det stått vatten i silo, som att utvärdera de eventuella konsekvenserna om så har skett.

SSM anser att SKB i mer detaljer bör studera funktionen för de sandfyllda gasledningsrören i locket för silon i SFR. Ytterligare bedömningar framförs även i avsnitt 6.6 i denna granskningsrapport.



## 4.5.2 Teknisk utveckling för utbyggnad av SFR av låg- och medelaktivt kortlivat avfall (SFR-utbyggnad)

### SKB:s redovisning

SKB redoviar att i ett utbyggt SFR planeras att bygga

- fyra bergssalar för lågaktivt avfall (2-5BLA),
- en bergssal för hela reaktortankar (BRT),
- en bergssal för medelaktivt avfall (2MBA).

Ett flertal alternativ har utretts av SKB sedan Fud-program 2010 kring val av barriärutformning för det lågaktiva avfallet i bergssalar 2-5MLA. Avfallet utgörs främst av massor från nedmontering och rivning av kärnreaktorer i form av stål, betong och sand. Utredningsarbetet har ännu inte slutfört. Ett av alternativen är dagens lösning för 1BLA med utformningar liknande dem i 1BLA. Ett annat alternativ är en 1BMA-liknande konstruktion, vilket för med sig ett antal tekniska utmaningar för att utformningarna ska kunna motstå ett ensidigt vattentryck. Det tredje alternativet är att fylla avfallsbehållarna med cementbruk. SKB pekar på att olika alternativa utformningar var och en har sina fördelar och utmaningar.

I utvecklingen av de tekniska barriärerna i 2BMA för medelaktivt avfall, har SKB tagit tillvara erfarenheter från det undersökningsprogram som genomförts i den befintliga SFR-anläggningen. Ett flertal förbättringsåtgärder har utretts för att undvika sprickbildning i betongkonstruktionerna. Ett av dem är att uppföra de tekniska barriärerna i form av kassuner av fristående betongkonstruktioner i begränsad dimension som är gjutna med oarmerad betong.

SKB anser att denna tekniska utveckling kräver noggranna förberedelser och planerar att utföra den förslagna konstruktionen av kassuner i stor skala där metod, utförande och resultat verifieras. Dessutom kommer SKB att klargöra om lösningen kan bli en framtida utredning samt att klarlägga kravspecifikation för utformningen.

I bergsalen BRT kommer hela BWR-reaktortankar att deponeras. Betonggjutningen kring reaktortankarna utgör den tekniska barriären. Utrymmet mellan kringgjutningen och bergsalen fylls med ett genomsläppligt material såsom makadam.

### Remissinstansers synpunkter

Miljörörelsens kärnavfallssektariat (Milkas) konstaterar att i Fud-rapporten nämns att orsaken till att olika typer av reaktortankar ska hanteras olika beror på att PWR-tankarna har ett högre innehåll av långlivade aktiveringsprodukter än BWR-tankarna. Hur stor skillnaden är sägs inte, och Milkas frågar sig om skillnaden är tillräckligt stor för att rättfärdiga att BWR-tankarna placeras i SFR – ett förvar avsett endast för kortlivat avfall.

Milkas konstaterar vidare att BWR-tankarna garanterat kommer att innehålla förhållandevis höga aktiviteter av långlivade aktiveringsprodukter. Milkas uppfattning är att långlivade radionuklider inte hör hemma i en deponi avsedd endast för ämnen med kort avklingningstid, varför Milkas motsätter sig att BWR-tankarna deponeras i SFR.

### **SSM:s bedömning**

SSM är positiv till att SKB har utrett alternativa utformningstekniker för att undvika sprickbildning och andra brister i tekniska barriärer i ett utbyggt SFR. SSM vill dock framföra samma budskap om systematiskt och helhetsomfattande angreppssätt i teknisk utveckling som gjorts i avsnitt 4.5.1. Desutom anser SSM att SKB bör fokusera på att ta fram kravspecifikationer för de tekniska barriärerna i det utbyggda SFR samt utreda mognadsgraden av gjutteknik utan armering.

## **4.5.3 Teknisk utveckling för slutförvar av låg- och medelaktivt långlivat avfall (SFL)**

### **SKB:s redovisning**

SKB:s teknikutveckling av barriärerna för SFL är fortfarande i konceptstudieskedet. SKB har utvecklat flera barriärkoncept för att kunna utvärdera deras långsiktiga säkerhetsfunktion, miljöpåverkan, tekniska genomförbarhet och kostnad. Fyra olika koncept redovisas i Fud-program 2013, där tre utgör enskilda barriärer av betong, bentonit respektive bergkross/grus, och den fjärde är en kombination av de tre barriärerna till en teknisk multibarriär. Utifrån utfallet av konceptstudierna planerar SKB att mellan 2014 och 2016 vidare utvärdera de koncept som har goda förutsättningar att uppfylla säkerhetskrav, med avseende på långsiktig säkerhet.

I Fud-program 2013 presenteras konceptet för utformningar av olika avfallsbehållare för fyra standardkokiller, för 16 stycken 200-litersfat på fatbricka, för 16 fat placerade i 280-liters skyddsfat, samt skärmd behållare för hårdkomponenter och långtidsbeständig skärmd behållare för hårdkomponenter. Dessutom redovisas metoder och procedurer för stapling av avfallsbehållarna, hanteringsutrustning för hårdkomponenter samt metoder för segmentering av styrtavarna.

### **SSM:s bedömning**

SSM ställer sig positivt till att SKB har genomfört konceptstudier för teknikutvecklingen och andra studier såsom långsiktig säkerhet för SFL. SSM anser att det är angeläget att arbetet följs upp när avveckling av Barsebäck-reaktorerna har inletts, eftersom strategier och metoder för avvecklingen och mellanlagring av SFL-avfall i ett utbyggt SFR kan behöva ta hänsyn till utformning och tekniska barriärer i SFR. Därutöver anser SSM att SKB bör fokusera på de konceptuella studierna och teknikutvecklingen av SFL.

## 4.6. Ansvar, planering och teknik för avveckling av kärntekniska anläggningar

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på kapitel 9, ansvar, planering och teknik för avveckling av kärntekniska anläggningar, i SKB:s Fud-program 2013.

### 4.6.1. SSM:s synpunkter på Fud-program 2010

SSM ansåg vid granskningen av Fud-program 2010 att reaktorinnehavarna genom SKB 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 avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar. SSM:s bedömde att reaktorinnehavarna i Fud-program 2013 borde redovisa planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken samt Ågesta kraftvärmeverk mer utförligt och på en mer detaljerad nivå än i Fud-program 2010. SSM angav att redovisningen borde inkludera en tydlig beskrivning av vilka uppgifter reaktorinnehavarna delegerat till SKB i fråga om planering och genomförande av de olika åtgärder som krävs för att uppfylla 10 § kärntekniklagen. SSM framförde även att en mer fullständig redovisning borde 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.

SSM ansåg vidare att det i Fud-program 2013 borde ingå en beskrivning av hur och i vilken omfattning kärnkraftsföretagens redovisningsskyldigheter enligt 12 § kärntekniklagen delegerats till SKB.

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

Med utgångspunkt i SSM:s synpunkter beslutade regeringen att SKB och kärnkraftsbolagen skulle samråda med SSM i frågor rörande avvecklingsplaner och rivningsstudier inför Fud 2013.

### 4.6.2. Ansvarsfördelning och SKB:s mandat

#### SKB:s redovisning

SKB anger i sin redovisning vilka tillståndshavare som är ansvariga för avvecklingen av de olika anläggningar som ingår programmet för omhändertagande av kärnavfall och kärnämne från de svenska kärnkraftverken. SKB anger vidare att de har i uppdrag att *bistå* tillståndshavarna i deras arbete med att fullgöra skyldigheter som åligger dem enligt 11 § kärntekniklagen. Enligt SKB ingår det i detta uppdrag att SKB ska *delta* i planering

och genomförande av kommande avveckling av kärnkraftverken och i huvudsak *samordna* användandet av generella metoder och rutiner för avvecklingsarbete.

Enligt förordet till det av SKB redovisade Fud-programmet har tillståndshavarna genom avtal delegerat till SKB att för deras räkning lämna in programmet till SSM. Enligt förordet har programmet också tagits fram i samverkan med kärnkraftsföretagen.

### **Remissinstansers synpunkter**

Inga remissynpunkter har lämnats i denna del.

### **SSM:s bedömning**

SKB:s beskrivning av ansvarsfördelningen är relativt kortfattad. SKB hänvisar till 11 § kärntekniklagen (dvs. krav på allsidig forskning och utveckling).. SKB menar att det i deras uppdrag att uppfylla 11 § kärntekniklagen ingår ett uppdrag att delta i planering och genomförande av avveckling. När det gäller förberedande åtgärder för avveckling anger SKB att de arbetar med beräkning av avfallsvolymer, radionuklidinventarium och kostnader. På vilket sätt SKB ska delta i genomförande av avveckling framgår inte. Det framgår inte heller vad som avses med samordning av metoder och rutiner för avvecklingsarbete, annat än att det inkluderar olika typer av beräkningar. Utifrån den givna beskrivningen bedömer SSM att det finns risk att viktiga frågor inte fångas upp på ett tillräckligt tidigt stadium.

SSM vill i detta sammanhang poängtera att det är väsentligt att kärnkraftsföretagen aktivt deltar i utarbetandet av de delar av programmet som gäller avveckling av kärnkraftverken, eftersom detta omfattar åtgärder som, enligt vad SSM har uppfattat i andra sammanhang, huvudsakligen planeras att genomföras under ledning och styrning av respektive kärnkraftsföretag, och inte i gemensam SKB-regi såsom är fallet för de flesta övriga åtgärder som omfattas av Fud-programmet.

SSM bedömer liksom tidigare att det är angeläget att fördelningen av uppgifter och samordningen av dessa mellan SKB och reaktorbolagen tydliggörs så att SSM kan bedöma hur kärnkraftbolagen tar sitt ansvar för planering, förberedande åtgärder och genomförande av avveckling. Redovisningen i Fud-programmet bör därför förtydligas så att det framgår vilka delar av de åtgärder som krävs enligt 10 § kärntekniklagen som kärnkraftbolagen avser att planera, förbereda och genomföra i egen regi och vilka delar man avser att uppdra åt SKB eller andra entreprenörer att planera, förbereda och/eller genomföra. Exempel på åtgärder är nedmontering och rivning av komponenter och anläggningsdelar samt behandling, transporter och mellanlagring av radioaktivt avfall.

### 4.6.3. SKB:s och kärnkraftföretagens strategier och planer

#### SKB:s och kärnkraftföretagens redovisning

SKB anger att de har som målsättning att kunna ta hand om det radioaktiva avfallet från nedmontering och rivning av de kärntekniska anläggningarna i överensstämmelse med deras avvecklingsplaner. SKB anger att avvecklingen av kärnkraftverken i huvudsak ska genomföras kort tid efter slutlig avställning, men att detta inte blir ”helt applicerbart” för kärnkraftverken i Barsebäck och Ågesta. SKB anger i diagramform en ”referenstidsplan” för avveckling av de kärntekniska anläggningar som omfattas av Fud-programmet (figur 9-2). Av diagrammet framgår planerad tidsåtgång för olika moment (förberedelser, avställningsdrift, servicedrift, nedmontering och rivning samt lagring av PWR-tankar vid Ringhals). Vad som ingår i nedmontering och rivning anges inte, men en jämförelse med avvecklingsplanen för Forsmark (FKA 2013) visar att även så kallad konventionell rivning ingår (dvs. rivning efter friklassning av byggnader).

Fud-programmet innehåller därefter separata underkapitel för respektive kärnkraftverk, vilka, enligt vad som framförts i de regeringsföreskrivna samråden med SSM, är framtagna i samarbete med respektive tillståndshavare.

SKB anger att studier för avveckling färdigställts för kärnkraftverken. Av sammanhanget framgår att dessa studier motsvarar det som i tidigare Fud-program och i andra sammanhang kallats ”rivningsstudier”. SKB anger inte närmare hur dessa studier förhåller sig till avvecklingsplaner och avvecklingsstrategier.

Vilka avfallsmängder som beräknas uppkomma till följd av nedmontering och rivning av kärnkraftverken redovisas delvis på annan plats i Fud-programmet. Av avsnitt 5.2.2 framgår att mängden kortlivat avfall från nedmontering och rivning beräknas till cirka 84 000 kubikmeter. Av avsnitt 5.2.5 framgår att den största volym långlivat avfall från kärnkraftverken som kan behöva mellanlagras i avvaktan på konstruktion, uppförande och drift av SFL preliminärt bedöms vara cirka 2 800 kubikmeter. Av avsnitt 1.5.1 och 4.2.2 framgår att SKB planerar för att kunna mellanlagra långlivat avfall i det utbyggda SFR eller på annan plats.

SKB anger även (avsnitt 2.2) att cirka hälften av det kortlivade lågaktiva avfallet från nedmontering och rivning av kärnkraftverken i Forsmark, Oskarshamn och Ringhals skulle kunna slutförvaras i markförvar i stället för i SFR.

Någon närmare beskrivning av hur transport av avfall ska ske i samband med nedmontering och rivning ges inte. Den enda information som ges är att transportsystemet för låg- och medelaktivt avfall består av fartyget m/s Sigrid, specialfordon och olika typer av transportbehållare (avsnitt 1.5.1).

### **Barsebäck**

SKB anger inledningsvis att BKAB utreder möjligheterna för att inleda nedmonteringen av Barsebäcksverket utan tillgång till ett utbyggt SFR. Detta förutsätter att ett mellanlager för avfallet etableras. Ingen närmare beskrivning ges av utredningen eller vilka alternativ som utreds. Enligt referenstidplanen pågår nedmontering och rivning under en period av ca 7 år med start 2023.

Vidtagna och planerade åtgärder för att begränsa doser till rivningspersonal och för att uppnå en smidig logistik beskrivs översiktligt. För att optimera hanteringen och hålla nere dosbelastningen avser BKAB att inte behandla det uppkomna radioaktiva avfallet i någon större omfattning på Barsebäcksverket utan istället montera ner radioaktiva delar och transportera bort dem i större enheter. Friklassningsåtgärder såsom dekontaminering avses endast utföras ”när ett rimligt värde för återvinning kan identifieras”. Långlivat avfall avses mellanlagras tills SFL är driftsatt och det framgår implicit av texten att lagringen inledningsvis planeras ske vid Barsebäck och därefter i ett utbyggt SFR. I planeringen ingår även att nedmontera reaktortankarna i ett stycke och deponera dem hela. Markförvar för lågaktivt avfall kommer enligt beskrivningen inte att etableras på Barsebäcksverket.

Mängden kortlivat radioaktivt avfall till SFR uppskattas till 18 000 ton. Den totala mängden avfall som behöver kontrolleras inför friklassning har inte uppskattats.

BKAB:s projekt för segmentering och paketering av interndelar samt lagring av dessa i en planerad lagerbyggnad vid Barsebäck i avvaktan på transport till ett utbyggt SFR beskrivs översiktligt. Delar av avfallet planeras i framtiden att slutdeponeras i det planerade slutförvaret SFL.

Genomförda, pågående och planerade studier och utredningar beskrivs kortfattat, liksom vilka fora BKAB deltar i. Inget sägs om pågående faktiska åtgärder vid Barsebäck, såsom omhändertagande av lagrat driftavfall.

Slutligen framhålls behovet av en fastställd kravbild för friklassning av anläggningen, för att klarställa de radiologiska kriterierna för friklassning av mark och friklassningsprocessen vid nedmontering och rivning.

### **Forsmark**

SKB anger att FKA:s ambition är att tidsåtgången för avveckling ska minimeras så långt det är möjligt. Förstudier och detaljprojektering måste därför genomföras i god tid innan elproduktionen upphör. Avställningsdrift planeras pågå ca 1 år, varvid borttransport av bränsle, segmentering av interndelar och systemdekontamineringar genomförs. Därefter påbörjas nedmontering och rivning av den övriga anläggningen. Enligt referenstidplanen pågår nedmontering och rivning under en period av ca 6 år efter slutlig avställning av Forsmark 1 respektive 2 (ca 7,5 år för Forsmark 3). Enligt avvecklingsplanen för Forsmark (FKA 2013) ingår ca 2 års konventionell rivning i denna tidsplanering.

Planerad tidpunkt för slutlig avställning enligt referenstidsplanen i Fud-programmet stämmer inte med den senaste avvecklingsplanen för Forsmark, daterad maj 2013, där driftstiden för reaktorerna antas bli 50 år.

Markförvar ska enligt FKA finnas tillgängligt och reaktortankarna transporteras och slutförvaras hela. Målet är att återställa anläggningen till friklassad anläggning som ska kunna användas för annan industriell verksamhet. Att anläggningarna drivs 60 år anges som planeringsförutsättning. Rapporten *Avveckling och rivning av kärnkraftblock* framhålls, vilken enligt FKA utgör samsyn mellan FKA, OKG och Ringhals AB och fungerar som vägledning för fortsatt planering inom teknik metoder och organisation.

FKA:s planering fokuserar på att upprätthålla och utveckla kompetens, hålla avvecklingsplanen aktuell och bygga förtroende internt och externt genom att delge information kring pågående och planerat arbete. Avvecklingsplanen ska vid varje tidpunkt vara optimal och kostnadseffektiv.

#### **Oskarshamn**

SKB anger att OKG framhåller den erfarenhet som finns från systemdekontaminering av ASEA BWR-reaktorer. 60 års drift antas. Avveckling kommer att pågå under en tjugofemårsperiod. Upphandling av leverantörer görs i god tid före avveckling. Exempel på aktiviteter under avställningsdrift är borttransport av bränsle, segmentering och borttransport av interndelar samt systemdekontaminering. OKG planerar för att markförvar finns tillgängligt. Enligt referenstidsplanen pågår nedmontering och rivning under en period av ca 4,5 år efter slutlig avställning av Oskarshamn 1 respektive 2 (ca 7 år för Oskarshamn 3). Enligt avvecklingsplanen för Oskarshamn (OKG 2013) ingår 1-2 års konventionell rivning i denna tidsplanering.

SKB anger att OKG avser att fortsätta samverka med övriga tillståndshavare och SKB för att diskutera avvecklingsfrågor. OKG kommer även att följa avvecklingen av Barsebäck för att ta del av lärdomar och erfarenheter. OKG avser vidare att både genomföra egna och närvara vid andras systemdekontamineringar under kommande Fud-period.

#### **Ringhals**

SKB anger att Ringhals planerar för 50 års drift av R1/R2 och 60 års drift av R3/R4. Målet med avveckling är att avlägsna radioaktivt material och återställa platsen för annan industriell verksamhet. Avvecklingsplanen ska vid varje tidpunkt vara optimal. Ringhals anger att beslut fattas i så god tid före slutlig avställning att detaljerad planering kan ske under driften fram till avställningen. Ringhals anger att det ska finnas en 3D-modell av anläggningen vid slutlig avställning. Även en detaljerad aktivitetsinventering ska finnas sammanställd för respektive anläggning vid slutlig avställning. Avveckling av respektive reaktor sker i projektform, i huvudsak av externa entreprenörer.

Enligt referenstidsplanen pågår nedmontering och rivning under en period av ca 4,5 år efter slutlig avställning av Ringhals 2, 3 och 4 (ca 5 år för Ringhals 1). Enligt avveckl-

ingsplanen för Ringhals (Ringhals 2013) sker nedmontering av aktiva system under hela denna tidsperiod.

SKB anger att Ringhals avser att fylla igen håligheter med massor och att markförvar kommer att finnas tillgängligt. Samtidigt anger SKB att SFR dimensioneras för att kunna ta emot allt kortlivat rivningsavfall. Allt bränsle tas bort från anläggningen inom ett år efter slutlig avställning. Enligt referenstidsplanen planeras lagring av PWR-reaktortankar vid Ringhals fram till 2045, men detta beskrivs inte närmare i det aktuella avsnittet. Slutligen beskriver Ringhals huvudsakliga planerade åtgärder under kommande Fud-period.

Av Fud-programmets kapitel 3, som handlar om flexibilitet vid ändrade förutsättningar, framgår att det i Ringhals finns ett särskilt förråd, kallat kokillförrådet, för mellanlagring av kortlivat och långlivat driftavfall. Förrådet har en kapacitet på cirka 10 000 kubikmeter. Enligt företagets bedömning har förrådet kapacitet för att mellanlagra reaktortanken från Ringhals 1 och stora komponenter som uppstår vid nedmontering och rivning av Ringhals anläggningar. I Ringhals finns även en byggnad där uttjänta ånggeneratorer har förvarats. I denna byggnad är det planerat att reaktortankarna från tryckvattenreaktorerna (PWR) ska mellanlagras i väntan på att SFL tas i drift. Alternativ för hantering och konditionering av PWR-tankar beskrivs i avsnitt 6.2. Av redovisningen framgår att Ringhals planering utgår från att reaktortankarna i framtiden ska kunna direktdeponeras i SFL med hårdkomponenter och interndelar kvar i tanken.

### **Ågesta**

SKB beskriver kortfattat statusen vid Ågesta samt förberedelsearbete som pågår inför framtida nedmontering och rivning, som planeras starta före utgången av 2020. Målet är att avlägsna allt radioaktivt avfall och få anläggningen friklassad. Reaktortanken planeras preliminärt att segmenteras, men en heltanklösning kommer att utredas. Enligt redovisningen kan det vara ett alternativ att lagra det radioaktiva avfallet på annan plats i avvaktan på att SFR blir tillgängligt. Enligt referenstidplanen beräknas nedmontering och rivning ta 5 år. SKB anger att avvecklingen av Ågesta behöver analyseras med avseende på eventuella andra större avvecklingsprojekt och deras påverkan på resurstillgången. Fördjupade studier planeras för hantering av reaktortank, transporter, logistik och optimering av avfallsflöden. En radiologisk kartläggning planeras inom de närmaste åren, liksom utveckling av dokumentations- och visualiseringsverktyg.

Det framgår att AB SVAFO har Vattenfall AB:s uppdrag att sköta den pågående service-driften och arbeta med avvecklingsplanering. Att SVAFO ansökt om att överta tillståndet för Ågesta nämns inte. Enligt vad som beskrivits ovan har SKB inget uppdrag av Vattenfall AB att utarbeta denna del lav Fud-programmet.



### **SKB:s kärntekniska anläggningar**

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 konstaterar att redovisningen utvecklats på ett positivt sätt i förhållande till tidigare Fud-program. Det är tydligt att redovisningen denna gång tagits fram i närmare samarbete med respektive tillståndshavare. Det förefaller som att varje tillståndshavare skrivit sin egen del, även om detta inte anges explicit. Redovisningen är något utförligare än tidigare men på flera punkter uppfylls ändå inte de förväntningar på programmet som SSM framfört i flera tidigare granskningar och därefter poängterat i de samråd som hållits inför Fud-program 2013.

SSM anser att SKB bör tydliggöra hur studier för avveckling (tidigare benämnda ”rivningsstudier”) förhåller sig till avvecklingsplaner och avvecklingsstrategier.

SSM konstaterar att det finns stora likheter mellan de beskrivningar som ges av avvecklingen av de kärnkraftsreaktorer som ännu är i drift. SSM noterar att de planer som beskrivs är mycket ambitiösa, både vid jämförelse med planerna för nedmontering och rivning av Barsebäck och i ett internationellt perspektiv. SSM konstaterar att planerna förutsätter att förberedelserna för avveckling genomförs med god framförhållning, så att nedmontering och rivning kan inledas inom kort tid efter slutlig avställning. Enligt vad som framgår nedan bedömer SSM att det kan finnas praktiska och administrativa hinder för detta, vilket bör utredas närmare.

En mer grundläggande svaghet i planeringen är enligt SSM att tillståndshavarnas planering i alltför hög grad utgår ifrån att tidpunkten för slutlig avställning är känd långt i förväg. SSM bedömer att planerna därmed är känsliga för förändrade förutsättningar, såsom slutlig avställning vid en tidigare tidpunkt än planerat eller brist på externa resurser för avveckling till följd av att flera parallella avvecklingsprojekt pågår samtidigt (se nedan). Kärnkraftföretagen bör därför närmare utreda hur olika typer av störningar kan komma att påverka genomförandet av avveckling och planera för hur störningarna kan hanteras.

För de kärnkraftsreaktorer som ännu är i drift anges att segmentering av interndelar planeras genomföras redan innan bränslet avlägsnats från anläggningen. SSM konstaterar att detta genomförts vid anläggningar i drift och således är tekniskt och säkerhetsmässigt möjligt. SSM vill dock framhålla att segmentering av interndelar utgör en del i nedmonteringen av anläggningen, för vilken det krävs såväl tillstånd enligt miljöbalken som en av SSM godkänd säkerhetsredovisning. Dessutom krävs en av EU-kommissionen godtagen redovisning enligt Euratomfördragets artikel 37. Dessa godkännanden och prövningar behöver baseras på en välgrundad beskrivning av aktivitetsinnehållet i anläggningen efter

den slutliga avställningen, vilket förmodligen gör det administrativt svårt att inleda nedmonteringen redan under det första året efter slutlig avställning.

SSM konstaterar att avvecklingsplaneringen för de kärnkraftsreaktorer som ännu är i drift förutsätter att omfattande förberedelser görs under de sista driftåren. SSM bedömer att tiden mellan beslut om avställning och slutligt avställd reaktor innebär särskilda utmaningar när det gäller att upprätthålla organisationens kompetens, personalens motivation och en god säkerhetskultur. SSM bedömer att det innebär ytterligare en utmaning att under denna tid parallellt med reaktordriften genomföra omfattande förberedelser för den kommande nedmonteringen och rivningen. Tillståndshavarna bör därför särskilt analysera resursbehovet för denna fas och i sina avvecklingsplaner redovisa hur organisationen kan anpassas till den förutsedda situationen.

SSM konstaterar att det inte framgår av Fud-programmet hur nedmonteringen och rivningen av övriga delar av anläggningarna planeras gå till. Avfallslogistiken beskrivs inte och lagring av avfall på plats berörs i mycket liten utsträckning. Inte heller omhändertagande av driftavfall berörs, trots att det vid Barsebäck visat sig att detta kan påverka genomförandet av avvecklingen. Detta har poängterats av SSM vid möten med SKB inför Fud-program 2013.

SSM anser att SKB och kärnkraftföretagen bör analysera orsakerna till de förseningar som drabbat nedmontering och rivning av Barsebäck och Ågesta, för att klargöra vad som kan göras för att undvika liknande förseningar i framtiden.

Angivna drifttider stämmer inte helt med avvecklingsplanerna enligt SSMFS 2008:1. Detta kan bero på att SKB inte hunnit inkludera den senaste informationen från FKA, men även om FKA:s plan är daterad i maj 2013 borde planeringsförutsättningarna ha varit klara sedan en längre tid.

I redovisningen för Ågesta anges att avvecklingen behöver analyseras med avseende på eventuella andra större avvecklingsprojekt och deras påverkan på resurstillgången samt att fördjupade studier behövs för hantering av reaktortank, transporter, logistik och optimering av avfallsflöden. SSM bedömer att detta generellt är viktiga frågor som bör utredas noga av samtliga kärnkraftföretag. SSM bedömer att det i detta sammanhang är angeläget att tillståndshavarna även uppskattar vilka materialmängder som behöver genomgå kontroll och bedömning inför friklassning.

SSM ifrågasätter att tillgången till markförvar ses som en *förutsättning* för genomförande av nedmontering och rivning. Enligt nuvarande planering av SKB dimensioneras SFR för att ta emot allt kortlivat avfall från nedmontering och rivning, vilket skulle innebära att det inte fanns något behov av markförvar vid nedmontering och rivning. SSM bedömer att det finns utrymme för ytterligare samordning mellan SKB:s och kärnkraftföretagens planering när det gäller omhändertagande av mycket lågaktivt avfall. SSM ser positivt på

att arbete pågår kring detta, i enlighet med kommentarer vid flera tidigare myndighetsgranskningar.

När det gäller SKB:s redovisning av planer och strategier för avveckling av SKB:s egna anläggningar saknar SSM liksom vid granskningen av Fud-program 2010 en översiktlig beskrivning av hur avvecklingen av Clab/Clink planeras att genomföras och vilka avfallsmängder som förväntas uppkomma vid avvecklingen.

SSM noterar att i figuren med översikt över SSM:s krav gällande avveckling (figur 9-1) saknas kravet på godkännande av SAR inför nedmontering och rivning. Kravet på inarbetning av avvecklingsplanen i SAR har upphört att gälla den 1 november 2012. När det gäller krav under drift av en anläggning saknas 3 kap 1 § SSMFS 2008:1.

#### **4.6.4. SKB:s och kärnkraftföretagens planer för forskning och utveckling av metoder inför avveckling**

##### **SKB:s och kärnkraftbolagens redovisning**

SKB framhåller att det ur nationell synvinkel behövs en samordning av avvecklingsfrågorna mellan de olika anläggningarna. För att säkerställa optimering av systemet behövs enligt SKB ytterligare samordning. SKB beskriver att detta sedan ca 10 år sker i en arbetsgrupp som fokuserar på teknik- och logistikfrågor och som diskuterar val av olika tekniska lösningar. Grupperingarna kommer enligt SKB att ses över inom de närmaste åren för att skilja mellan informativa och beslutsfattande forum.

Exempel på gemensamma frågor under kommande Fud-period är behållare, acceptanskriterier och typbeskrivningar för avfall, markförvaring, kravbild för avveckling, guide för avvecklingsplaner och friklassningsprocess vid avveckling. SKB poängterar särskilt betydelsen av en väletablerad friklassningsprocess och beskriver att arbete pågår för att uppnå detta genom att utveckla en branschgemensam handbok, som komplement till den befintliga handboken för friklassning.

Friklassning, och framförallt friklassning av mark, är identifierat som en utmaning, men redovisningen är kortfattad när det gäller hur metodutveckling kan bidra till att lösa utmaningar.

I redovisningen beskrivs vilka internationella fora som SKB bevakar och deltar i när det gäller avveckling (NEA/WPDD och IAEA/IDN).

SKB redovisar inget specifikt arbete med forskning och utveckling inför avveckling av sina egna anläggningar. Det enda som framgår är att en ny avvecklingsplan har tagits fram för Clink, i syfte att ge underlag till utbyggnaden av SFR gällande avfallsinventarium samt som kostnadsuppskattning för Plan 2013.

Vidare redovisar varje kärnkraftbolag sitt eget arbete med forskning och utveckling inför avveckling med olika grad detalj.

#### BKAB

- Beskrivning av vissa genomförda studier men ingen redovisning av resultat eller deras betydelser för genomförande av avveckling.
- Beskrivning av vissa projektutvecklingsaktiviteter (förstudier & förprojekteringen) som pågår och som är planerade för kommande treårsperioden. BKAB anger att resultaten från förprojekteringen kommer att bilda underlag till projekteringen inför kommande nedmontering och rivning.

#### FKA

- Ingen redovisning av arbete med forskning och utveckling inför avveckling förutom samverkan med övriga kraftbolag samt SKB.

#### OKG

- OKG redovisar utveckling av systemdekontaminering och samarbete med kärnkraftverken i Barsebäck och Forsmark kring detta. OKG avser att genomföra systemdekontamineringar i sina anläggningar och närvara vid systemdekontamineringar vid Ringhals och på bassängerna i Clab under kommande Fud-period. Erfarenheter från dessa aktiviteter kommer enligt OKG att tas tillvara i avvecklingsplaneringen. I övrigt ges ingen redovisning av övriga aktiviteter kring forskning och utveckling inför avveckling, förutom samverkan med övriga kraftbolag och SKB.

#### Ringhals

- Ingen beskrivning av genomförda studier.
- Planerat utvecklingsarbete under kommande treårsperiod beskrivs summariskt (kompetenssäkring och kompetensuppbyggnad; anläggningsinventering; aktivitetsinventarium vid nedmontering och rivning; friklassning; typbeskrivningar; deponering av hela tankar med interndelar; markdeponering av avfall från nedmontering och rivning; förutsättningarna för avklingningslagring dels av medelaktivt avfall som befinner sig nära gränsvärdet för omklassning till lågaktivt, dels av lågaktivt avfall som befinner sig nära gränsvärdet för markförvaring).

#### Ågesta

- Vattenfall AB varken nämner eller redovisar genomförda studier.
- Vissa förstudie- och planeringsarbeten är identifierade (en fördjupad studie av hanteringen av reaktortanken; logistikstudier; friklassning; radiologisk kartläggning; utveckling av dokumentations- och visualiseringsverktyg) samt samverkan med SKB:s rivningsgrupp och deltar därigenom i det branschgemensamma utvecklingsarbetet som rör avvecklingsfrågor.

## **Remissinstansers synpunkter**

Boverket konstaterar att SKB i avsnitt 1.4 redovisar hur finansieringen sker av kärnavfallsprogrammet. Där framgår väldigt lite hur kostnaderna uppskattats och inget om internationella erfarenheter har tagits till vara. Om inte erfarenheterna samlats in från utländsk nedmontering av kärntekniska anläggningar bör det enligt Boverkets uppfattning göras.

Föreningarna anser vidare att det är otydligt hur rivningen av de svenska reaktorerna ska gå till i relation till hur rivning sker i andra länder. Föreningarna anser att ett svenskt arbete måste inledas för att avgöra vad som är miljömässigt bästa teknik eftersom det i miljöprövningen kommer att krävas att denna är vald. Det räcker inte att kraftindustrin gör en egen utredning, utredningen måste göras i samråd med myndigheter och andra organisationer. Dessutom måste internationell erfarenhet tas in i utredningen.

Föreningarna har uppmärksammat att de uppskattade kostnaderna för att riva en svensk kärnkraftreaktor är mycket mindre än den erfarenhetsmässiga kostnaden i andra länder. Föreningarna anser att det måste visas att de lägre kostnadsuppskattningarna inte beror på en planerad användning av sämre teknik.

## **SSM:s bedömning**

SSM konstaterar att det inte bara behövs en samordnad beskrivning av avvecklingsfrågorna på nationell nivå, utan att detta också är ett krav enligt 12 § kärntekniklagen, enligt vilken samtliga reaktorinnehavare är skyldiga att i samråd upprätta eller låta upprätta ett program för de åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar. Reaktorinnehavarna är också enligt 11 § kärntekniklagen skyldiga att svara för att den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet bedrivs som behövs för detta.

SSM ser positivt på att kärnkraftbolagen och SKB samarbetar kring olika teknikfrågor, främst vad gäller avfallshantering och friklassning. SSM bedömer att det finns utrymme för ytterligare samordning av forsknings- och utvecklingsverksamhet för att genomföra avveckling. SSM ser därför positivt på att samarbetsformerna ses över. SSM förväntar sig att samarbetsformerna beskrivs på ett tydligt sätt i kommande Fud-program och att det även framgår hur kärnkraftbolagen och SKB samordnar och kvalitetssäkrar den information som ges i Fud-programmet.

SSM saknar en beskrivning av kärnkraftbolagens strategier för den forskning och utveckling som bedöms behövas för att genomföra avveckling av anläggningar. Både respektive tillståndshavares egna strategier och strategier och de gemensamma frågor som hanteras av SKB behöver redovisas tydligare för att SSM ska kunna bedöma Fud-programmet på denna punkt. Av redovisningen bör även framgå vilken forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att hantera kvarstående utmaningar.

SSM saknar även en tydlig redovisning av genomförd forskning och utveckling sedan förra Fud-programmet, hur resultatet påverkar avvecklingsplanering, samt vilken ytterligare forskning och utveckling som planeras under kommande Fud-period.

#### **4.6.5. SSM:s sammanfattande bedömning**

SSM bedömer liksom tidigare att det är angeläget att redovisningen av fördelningen av uppgifter och samordningen av dessa mellan kärnkraftbolagen och SKB förtydligas så att SSM kan bedöma hur kärnkraftbolagen tar sitt ansvar för planering, förberedande åtgärder och genomförande av avveckling.

Redovisningen av åtgärder som kan bli nödvändiga för att avveckla kärnkraftverken och SKB:s anläggningar har förbättrats i förhållande till tidigare Fud-program, men är ändå på flera punkter inte tillräckligt utförlig för att möjliggöra en granskning, till exempel vad gäller metoder för nedmontering och rivning och avfallslogistik och omhändertagande av driftavfall. När det gäller omhändertagande av mycket lågaktivt avfall bedömer SSM att det finns utrymme för ytterligare samordning mellan SKB:s och kärnkraftföretagens planering.

Tidplanerna för avveckling av kärnkraftverken är i flera fall mycket ambitiösa, vilket i sig är positivt, men SSM bedömer att planerna bygger på förutsättningar som mycket väl kan komma att ändras. Känsligheten för förändrade förutsättningar bör därför utredas och planeringen anpassas så att sådana kan hanteras. I detta sammanhang bör orsakerna till försenad avveckling av Barsebäck och Ågesta analyseras.

SSM ser positivt på att reaktorinnehavarna och SKB samarbetar kring olika frågor gällande avveckling, Fud-programmet bör dock innehålla en tydligare redovisning av genomförd och planerad forskning och utveckling, inklusive tydliga strategier för den forskning och utveckling som bedöms behövas för att genomföra avveckling av anläggningar.

## 5. Använt kärnbränsle

### 5.1. Översikt

I detta avsnitt kommenterar SSM SKB:s översikt kring teknikutveckling som behövs som stöd för att kunna projektera, uppföra och driva slutförvarssystemet för använt kärnbränsle (kapitel 10). SKB:s redovisning utgår från den referensutförning som ingår som underlag (SKB 2011a, c) i pågående granskning av inlämnade ansökningar för att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle (dvs. kärnbränsleförvaret och Clink).

#### **SKB:s redovisning**

Inledningsvis redogör SKB i avsnitt 10.1 för att del III av Fud-program 2013 fokuserar på den teknikutveckling som behövs för att kunna projektera, uppföra och driva slutförvarssystemet för använt kärnbränsle. SKB refererar till den fastställda referensutförning för KBS-3 som utgör underlag för inlämnade ansökningar för Kärnbränsleförvaret och Clink. Särskilt fokus ligger på hur teknikutvecklingen styrs för att säkerställa att teknik som uppfyller

ställda krav levereras i takt med behoven under projektering, uppförande och driftsättning av slutförvarssystemets anläggningar.

SKB beskriver (avsnitt 10.2) tre huvudsakliga utgångspunkter för identifiering av behov för teknikutveckling i sitt slutförvarssystem: 1) en revidering av de konstruktionsförutsättningar som redovisades i de respektive ansökningarna, 2) aktiviteter med anknytning till kvalitetsstyrning och kontroll, samt 3) genomförande av SKB:s leveransstyrmodell för att slutligen driftsätta anläggningarna för inkapsling och slutförvaring.

SKB identifierar behov och strukturerar milstolpar associerade med teknikutveckling enligt de olika så kallad produktionslinjerna som presenterades i tidigare Fud program (2007 och 2010) och vilka ligger till grund för specificering av konstruktionsförutsättningarna i de aktuella tillståndsansökningarna. Dessa produktionslinjer innefattar krav i samband med: 1) hantering av bränsle, 2) teknikutveckling kopplad till kapseln, 3) teknikutveckling kopplad till buffert, återfyllning och förslutning, 4) teknikutveckling kopplad till detaljundersökning samt projektering, byggande och underhåll av kärnbränsleförvarets undermarksutrymmen, 5) teknikutveckling av maskiner, utrustning och processer för hantering av kapslar, buffert- och återfyllningsmaterial vid drift av båda Clink och kärnbränsleförvaret. I avsnitt 10.4 sammanfattar och exemplifierar SKB det identifierade behovet för teknikutveckling i olika steg av projektering, baserade på mer detaljerade redovisningar som anges i kapitel 11-15.

Dessutom sammanfattar SKB ytterligare två områden för teknikutveckling som inte specifikt omfattas av produktionslinjer, nämligen frågan av eventuellt återtag av deponerade kapslar (avsnitt 10.3.2) och horisontell deponering som alternativ till vertikal deponering (avsnitt 10.3.3). Det senare redovisas i mer detalj i kapitel 16, men det finns ingen mer detaljerad redovisning av den förra i programmet.

### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att det finns behov av teknikutveckling för att kunna visa att det går att återta deponerade kopparkapslar i ett slutförvar byggt enligt KBS-metoden. Föreningarna anser att tillståndsansökan för använt kärnbränsle inte kan börja prövas i sak innan ett fullgott återtagsprojekt är genomfört.

Östhammars kommun efterfrågar information om vid vilka olika scenarier ett återtag för omkapsling kan bli aktuellt.

### **SSM:s bedömning**

SKB:s redovisning avseende konstruktionsförutsättningar, kvalitetsstyrning och kontroll samt genomförande av SKB:s leveransstyrmodell är central i SKB:s ansökningar. Redovisningen motsvarar i allt väsentligt redovisning som SSM granskar inom ramen för pågående prövning av SKB:s ansökningar och som SSM kommer att bedöma i yttranden över ansökningarna till regeringen. SSM föregriper i detta avsnitt inte bedömningen av sådana kritiska granskningsfrågor som hanteras i granskningen av SKB:s ansökningar.

Myndigheten vill i sammanhanget betona att det inte finns något formellt krav på att återtag av deponerade kapslar ska kunna göras, utöver krav på att hanteringsprocessen för deponering av kapslar ska medge att processen reverseras om det skulle krävas. Det ska alltså vara möjligt att hantera situationer då någon typ av operativa problem kan uppstå och en pågående deponeringsprocess avbryts.

SSM lämnar vissa synpunkter på SKB:s planer för teknikutveckling inom varje produktionslinje, samt utredningen av horisontell deponering, i de följande avsnitten.

## **5.2. Teknikutveckling bränslehantering**

SKB redogör i kapitel 11 för den teknikutveckling som planeras för hantering av använt bränsle inför slutförvaring. SKB:s redovisning utgår från den s.k. bränslerapporten (SKB 2010d) som ingår som underlag för ansökningarna för kärnbränsleförvaret. SKB:s anger att programmet avseende hantering av bränsle omfattar flera delar, från krav på information om bränslets egenskaper innan de används i bränslecykeln till att utforma ett program för kärnämneskontroll som är internationellt godkänt.



SKB anger att utvecklingsarbete under kommande Fud-period kommer att fokusera på resteffektsbestämning och kriticitetsverifieringar för samtliga anläggningar och transporter som ingår i KBS-3-systemet liksom utveckling av kärnämneskontroll i nära samarbete med internationella organ. SKB redogör i särskilda underkapitel för utvecklingen inom specifika delområden.

SKB lyfter i avsnitt 11.3 fram att man ska utreda och ta fram processer för att hantera udda och skadat bränsle som kräver särskild hantering. När det gäller dokumentation av använt bränsle planerar SKB (avsnitt 11.4) att utvärdera nuvarande databas (Pluto) och antingen uppgradera databasen så att den motsvarar moderna krav eller byta ut mot en ny databas.

I avsnitt 11.6 redogörs för att SKB avser att fortsätta att använda samma beräkningsmetoder som använts tidigare för strålskydd och dosuppskattningar och applicera dem i ökad detaljeringsgrad.

Vidare redogörs för i avsnitt 11.7 att kalorimetriska mätningar av resteffekten genomförts på Clab. SKB planerar att fortsätta utveckla mätningar av resteffekten genom användning av högupplöst gammasppektrometri och komplettera med neutronmätningar.

När det gäller källstyrkor och källtermer redovisar SKB i avsnitt 11.5 att man tagit fram en företagsgemensam rapport med som redovisar nukleära egenskaper för generella bränsletyper med olika utbränningar och avklingningstider. SKB planerar för att genomföra en uppgradering och förbättra kvaliteten i materialet under 2013.

SKB redogör i avsnitt 11.8 för att två metoder för bränsletorkning, vakuumtorkning och torkning med varmluft, har bedömts uppfylla ställda krav. SKB redogör vidare för planerat arbete för att åstadkomma bättre metoder för att torka skadat bränsle.

I avsnitt 11 redogör SKB övergripande för hur man adresserat kriticitetsaspekter samt hur man avser att arbeta med fortsatt utveckling inom området. SKB anger att utveckling av metodiken och valideringen av beräkningsprogram ska vara i enlighet med internationellt accepterade standards och krav. SKB betonar att man ska säkerställa att kompetens avseende kriticitetsfrågor ska finnas tillgängligt och redogör också mer i detalj för framtida fokusområden.

SKB redogör (avsnitt 11.11) för området kärnämneskontroll, och att området kopplar till viss annan redovisning i SKB:s rapport (källstyrkor, källtermer, resteffekt och kriticitet). SKB:s redovisning omfattar alla steg i kedjan från mellanlagring till slutförvaring och omfattar fler aspekter än tidigare Fud-program SKB redovisar att man har inlett ett samarbete med Euratom och US Departement of Energy för att utreda verifieringsmetoder av det använda bränslet. Metoderna kan vara baserade på gammamätningar eller neutron-

mätningar och skulle även kunna användas för mätningar av resteffekt. SKB redovisar också att man för en dialog med IAEA och Euratom om utveckling av metoder och utrustning för hantering verifisering och logistik för kärnämneskontrollen, och att man tagit fram en första version av preliminära beskrivningar av anläggningarna som ingår i slutförvarssystemet. SKB redovisar också mer specifika detaljer i det fortsatta programmet för kärnämneskontroll.

### **Remissinstansers synpunkter**

Östhammars kommun påtalar vikten av att beakta att visst bränsle som planeras att slutförvaras har egenskaper som kräver speciell hantering, bland annat med avseende på risk för kriticitet och bränsleskador och efterfrågar en redovisning av hur sådant bränsle kommer att hanteras. Kommunen efterfrågar särskilt information om hur skadat bränsle kommer att hanteras om det inte kommer att kunna slutförvaras inom KBS-3-systemet.

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) efterfrågar information om effekter av en förhöjd utbränning av bränsleelementen från 40 MWd/kgU till 60 MWd/kgU. Utöver eventuell påverkan på resteffekt och eventuell förhöjd frekvens för bränsleskador efterfrågar föreningen information om eventuell påverkan avseende packningsgrad i Clab och inverkan på rangordning för att använda bränslen. SERO efterfrågar också information om huruvida vätet i kapseln kommer att påverka kapselmaterialet, hur gammastrålning i kombination med väte kommer att påverka materialet och hur mycket koppar skiljer sig från olegerat stål alternativt Alloy 22 avseende påverkan av vätgas och joniserande strålning.

Uppsala universitet konstaterar att kärnämneskontrollen belysts på ett, i stora stycken, adekvat sätt. Universitetet noterar särskilt att SKB uppmärksammar kopplingen mellan frågeställningar inom kärnämneskontrollen och restvärmeprojektet något som i hög grad förväntas effektivisera arbetet. Universitetet framhåller i sammanhanget att det finns ett betydande forsknings- och utvecklingsarbete kvar att göra samtidigt som det råder brist på forskningspersonal som universitetet menar är betingat av SSM:s policy att forskare som finansieras av SSM inte får ha eller ha haft kopplingar till SKB-finansierad forskning. Universitetet anser att SKB därför bör utreda lämpligt sätt att avhjälpa denna situation.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har beslutat att hantera det skadade och udda bränslet separat med särskilda hanteringsprocesser. Myndigheten bedömer att utfallet av SKB:s planerade aktiviteter borde bidra till att ge Östhammars kommun den information som efterfrågas. SSM vill i sammanhanget betona att det är viktigt att SKB i arbetet beaktar hur krav på kärnämneskontroll kommer att uppfyllas.

SSM anser det är angeläget att dokumentationen av bränslet är tillförlitlig och innehåller den information som är nödvändig för bl.a. kriticitet, resteffekt och kärnämneskontroll. SSM anser att det är bra att SKB utvärderar nuvarande databashantering för dokumentation av använt kärnbränsle för att identifiera vilka uppdateringsbehov och förbättringsbehov som föreligger. SSM kommer att beakta frågor kopplade till dokumentation av använt bränsle inom ramen för pågående beredning av SKB:s ansökningar

SSM anser att det är bra att SKB avser att utveckla samt anpassa existerande beräkningsmodeller till SKB:s förutsättningar och applicera dem i ökad detaljeringsgrad för beräkning av dosrater och dosbelastningar.

SSM bedömer det som positivt att SKB har för avsikt att utveckla och förbättra existerande beräknings- och mätningmetoder för att bestämma resteffekt i det använda bränslet. SSM bedömer också att det är bra att SKB kompletterar med de föreslagna neutronmätningarna som också kan utnyttjas för kärnämneskontroll och bedömningar av kriticitetssäkerhet.

SSM bedömer vidare att det är positivt att SKB har för avsikt att utveckla och förbättra olika beräknings- och mätningmetoder för att bestämma stråldos och resteffekt i allmänhet, och att komplettera mätningssystem med neutronmätningar i synnerhet.

SSM bedömer att SKB:s hanteringsprogram för torkning av bränsle är ändamålsenligt. SSM instämmer med SKB att vidare utvecklingen bör fokusera på torkning av det skadade bränslet.

SSM bedömer att det är bra att SKB säkerställer att det finns kompetens för kriticitetsfrågor. SSM bedömer också att det är bra att SKB validerar de beräkningsverktyg som SKB använder och beskriver den metodik och de principer som används för utbränningskreditering och att det sker i enlighet med moderna internationella accepterade standarder och krav.

SSM:s bedömning är att utvecklingen av mätmetoder för kärnämneskontroll gör att SKB har förutsättningar att möta dagens och eventuellt kommande stärkta internationella krav på verifiering av bränslet. SSM anser att SKB bör medverka i arbetet med att ta fram metoder för att bevara det som ibland kallas "Continuity of Knowledge", d.v.s. övervakningsutrustning, sigill eller andra system som möjliggör en automatisk avläsning utan att internationella inspektörer är närvarande.

En viktig komponent i den internationella kärnämneskontrollen är att anläggningar byggs i enlighet med godkända ritningar. Detta görs för att kontrollorganen ska kunna förvissa sig om att det inte finns andra vägar ut från anläggningen eller utrymmen där man beskriver annan verksamhet. SSM anser därför att det är viktigt att SKB tar fram procedurer för

att kunna visa att man uppfyller kraven på kärnämneskontroll för ett slutförvar under uppförande.

SSM bedömer att kärnämneskontroll av ett slutförvar för använt kärnbränsle kommer att fortsätta i någon form även efter det att förvaret har förslutits. SSM betonar att det ännu inte finns någon internationell standard för en kontroll av ett förslutet kärnbränsleförvar. Även om frågan ligger långt fram i tiden anser SSM att SKB bör delta i det internationella arbetet med att ta fram metoder för kärnämneskontroll efter förslutning.

SSM vill avslutningsvis klargöra att ett tillstånd som medges för kärnteknisk verksamhet kommer att förenas med tydliga villkor för tillståndets omfattning. Tillstånd för deponering i slutförvaret kommer endast att tillåtas för sådant material som uppfyller fastställda acceptanskriterier.

### **5.3. Teknikutveckling kapsel**

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 12, teknikutveckling kapsel, i FUD program 2013.

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 i Clink och i slutförvarsanläggningen. 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 tillsammans med det finska företaget Posiva bedrivs arbete med att ytterligare vidareutveckla referensutformningen, tillverkningsteknik för koppar-kapselns olika delar och insats av segjärn.

SKB redogör i kapitel 12.1 för arbete med att precisera konstruktionsförutsättningarna för kapseln och att de konstruktionsförutsättningar som ingår i underlaget ansökningarna för Kärnbränsleförvaret (SKB 2010e, kapitel 2) kommer att revideras. I kapitel 12.2 redovisas en övergripande sammanfattning av SSM:s kommentarer på redovisning av teknikutveckling av kapseln i Fud-program 2010, det aktuella läget och SKB:s program för kommande Fud-period.

I kapitel 12.3 redogör SKB närmare i detalj för arbete med utformning och analyser av kapseln, vilka syftar till att utgöra underlag för den uppdaterade designanalys som SKB

planerar för att redovisa i den preliminära säkerhetsredovisning (PSAR) som SKB behöver ta fram inför ett framtida medgivande om att påbörja själva uppförandet av Kärnbränsleförvaret.

Kapitel 12.4 omfattar en redogörelse för SKB:s aktiviteter inom området tillverkning och provning av insatser. SKB beskriver att arbetet inriktas på att få de mekaniska egenskaperna i hela insatsen att motsvara SKB:s egen kravbild. SKB anger att fortsatt utvecklingen inriktas på att öka förståelsen för såväl gjutparametrar och materialets mikrostruktur som kopplingen till mekaniska egenskaper och att pågående arbete med att uppdatera och verifiera gjutprocessen kommer att slutföras.

Vad gäller provning av insatsen innehåll av defekter har SKB arbetat med ultraljudsmodellering såväl som olika ultraljudstekniker för att studera olika metoder möjlighet att detektera defekter. SKB kommer under kommande period att inrikta sitt arbete mot att utveckla teknik för på ett kontrollerat sätt tillverka provobjekt med relevanta defekter i segjärn. Med utgångspunkt från dess provobjekt kommer därefter utvecklingen av provmetoder att fortsätta.

I kapitel 12.5 redogör SKB för tillverkning och provning av komponenter i koppar. SKB anser att referensmetoden för tillverkning av kopparrör (extrusion) är robust och uppfyller ställda krav. SKB redogör i sammanhanget för att man dels har genomfört en utredning med avseende på tillverkningsparametrar och kopplingar till förekomst av stråk med förhöjd kornstorlek, dels initierat en studie om huruvida förhöjd ljuddämpning till följd av större kornstorlek påverkar förmågan att detektera defekter. Under kommande Fud-period ämnar SKB att vidareutveckla dornpressning till att utgöra en alternativ referensmetod för kopparrörstillverkning. SKB anger också att man kommer att fortsätta att utveckla provningsmetoder för kopparkomponenter, särskilt inverkan av varierande ljuddämpning på detekteringsförmågan för ultraljudsprovning.

Kapitel 12.6 omfattar en redogörelse för SKB:s aktiviteter avseende förslutning med friktionsomrörningssvetsning (FSW) och provning av svetsen sedan redovisningen i Fud-program 2010. SKB redovisar att den mest uppenbara svetsdefekten, foglinjeböjning, håller på att utredas med avseende på svetsparametrar. SKB redovisar vidare att ett forskningsprogram genomförts med ett nytt inert gasskydd för att undvika oxidinneslutningar men att oxidinneslutningar kvarstår vid starthålet och överlappsområdet. Under kommande treårsperiod avser SKB att fortsätta studera foglinjeböjningens utbredning och inverkan av syrehalten på innehållet av oxidpartiklar i svetsen. SKB kommer också att arbeta vidare med utveckling av olika metoder (ultraljudsprovning, röntgenundersökning, virvelströmsteknik) för oförstörande provning av svetsen.

### **Remissinstansers synpunkter**

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) anser att med hänvisning till den långa lagringstiden för kapseln bör minst två i branschen kända alternativa kapselmaterial redovisas. Dessa bör enligt SERO vara olegerat stål och legerat rostfritt Alloy 22 av den sort som var tänkt i Yucca Mountain.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB i huvudsak tagit till sig SSM:s synpunkter på redovisningen i Fud-program 2010 och att detta återspeglas i SKB:s pågående och planerade arbete. Givet de antaganden som SKB tagit fasta på som grund för fortsatt verksamhet bedömer SSM SKB:s planer som rimligt ändamålsenliga.

SSM anser att arbetet med olika gjutprocesser och dess påverkan på mekaniska egenskaper i tillräcklig grad behöver beakta gjutprocessers stokastiska natur eftersom olika gjutprocesser och gjutparametrar kan resultera i varierande mekaniska egenskaper. SSM anser också det som rimligt att SKB fortsätter att utveckla arbetet med insatser för PWR-bränsle till motsvarande nivå som för insatser för BWR-bränsle.

SSM vill i generell mening betona vikten av att SKB uppnår rätt kvalitet när det gäller provningssystemets förmåga att detektera, karakterisera och storleksbestämma defekter, och att provningssystemets kapacitet i det avseendet behöver verifieras genom praktiska demonstrationer på testblock med verkliga alternativt simulerade defekter i ogynnsamma och varierande positioner.

SSM bedömer att SKB:s prioriteringar med att utveckla och kvalitetssäkra kontroll och provning av ingående kapselkomponenter till att innefatta verkliga defekter är lämpliga och att programmet för kommande period är ändamålsenligt.

## **5.4. Teknikutveckling buffert, återfyllnad och förslutning**

### **SKB:s redovisning**

SKB:s redogör i kapitel 13 för arbete med tillverkning, hantering, installation och kontroll av buffert, återfyllning och pluggar för deponeringstunnlar, samt arbete att ta fram den konceptuella utformningen av förslutningen av slutförvaret.

SKB redogör i kapitel 13.1 och 13.2 för den teknikutveckling som planeras avseende buffert, återfyllnad och förslutning. SKB:s redovisning utgår från linjerapporter för bufferten (SKB 2010f), återfyllning (SKB 2010g) och förslutning (SKB 2010h) som ingår som underlag för ansökningarna för kärnbränsleförvaret. SKB redovisar särskilt att man arbetar med att precisera konstruktionsförutsättningarna för de olika komponenterna.

SKB redovisar att man under senaste treårsperioden har fortsatt att arbeta med utveckling av koncept för förslutning av slutförvaret. Bland annat har utredningar och utvecklingsinsatser genomförts om alternativa referensutformningar i syfte att utvärdera möjligheterna till optimerad utformning av buffert och återfyllning. Successiv utveckling av referensutformningen avseende återfyllningen av deponeringstunnlar pågår också. SKB redogör för att man under kommande tre år kommer att påbörja aktiviteter avseende kvalitetsstyrning och kontroll. SKB redogör i särskilda underkapitel för utvecklingen inom specifika delområden.

SKB redogör i avsnitt 13.3 för nuläge och program för studier av bentonit med fokus på materialsammansättning och egenskaper. Inventering av bentonitleverantörer kommer att göras, kvaliteten på deras bentonit analyseras och deras kvalitetssäkringssystem kommer att gås igenom. SKB berör i kapitel 13.5 hantering och utveckling avseende transport av bentonitleveranser från leverantör och transporter av buffert och återfyllning inom slutförvarsanläggningen.

I avsnitt 13.4 redogör SKB för nuläge och program för produktion av buffert och återfyllningskomponenter och i avsnitt 13.6 för installation av buffert och återfyllning. SKB redovisar läget för utveckling av metoder för pressning av såväl bentonitblock (buffert) samt återfyllningsblock och pelletar samt detaljer kring fortsatt utveckling av anpassade lösningar. SKB redogör i avsnitt 13.7 särskilt för att man under kommande period kommer att utveckla kvalitetsarbete och kvalitetsstyrning för buffert och återfyllning.

SKB redogör i kapitel 13.8 för nuläge och program för utvecklingsarbete avseende pluggning av deponeringstunnlar och särskilt för pågående fullskale-försök vid Äspö-laboratoriet. I avsnitt 13.9 redovisas arbetet med utveckling av koncept för förslutning av kärnbränsleförvaret. Förslutning innefattar insatser för att försegla alla delar i kärnbränsleförvaret utöver deponeringstunnlarna, d.v.s. återfyllning av stamtunnlarna och centralområdet samt toppförslutning av rampen och schakterna.

I avsnitt 13.10 redogör SKB för att utvecklingen av komponenter, metoder och utrustning kommer att testas i steg. Redovisade referensutformningar utgör resultat från en sådan stegvis process och utgör basen för fortsatt utveckling. SKB planerar för att i ett kommande steg genomföra integrerade tester av installation av buffert och återfyllning. I ett senare skede planeras för fullskaliga installationstester (integrationstester).

SKB redogör särskilt i avsnitt 13.11 för nuläge och program för det så kallade prototypförvaret i Äspö-laboratoriet. SKB redovisar det preliminära utfallet från analyser av brytningen av den yttre delen av förvaret. Den inre delen planeras att brytas om ytterligare ca 8 år.

## **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) har uppmärksammat att det har använts smörjmedel vid produktion av olika lerdelar som använts i försök i berglaboratoriet under Äspö och att smörjmedlet inte finns med som en komponent i säkerhetsanalysen. Föreningarna anser att det måste visas att lerkomponenter kan produceras utan smörjmedel och att detta måste göras innan slutförvarsansökningarna för använt kärnbränsle kan prövas i sak.

Östhammars kommun noterar att SKB redovisar att pluggar är en tänkbar framtida kontrollpunkt för t.ex. registrering av vattenflöde fram till dess att bentonit att bentonittätningen är vattenmättad. Kommunen anser frågan om kontroll av processer i den förslutna deponeringstunneln behöver behandlas ytterligare och förväntar sig en fördjupad beskrivning av vilka mätningar SKB planerar att genomföra samt en ytterligare beskrivning av dränagerören. När det gäller brytningen av den yttre delen av prototypförvaret så undrar kommunen om resultatet (ingen skada på berget i deponeringshålet) kan förväntas vara representativt också för berget i Forsmark trots de betydligt högre bergspänningarna där.

## **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB i huvudsak tagit till sig SSM:s synpunkter på redovisningen i Fud-program 2010 och att detta återspeglas i SKB:s pågående och planerade arbete. Givet de antaganden som SKB tagit fasta på som grund för fortsatt verksamhet bedömer SSM att SKB:s planer är rimligt ändamålsenliga.

SSM anser att det är bra att SKB strävar efter en förståelse för de aspekter som ligger till grund för framtagande av konstruktionsförutsättningar för de olika komponenterna. SSM anser att det är viktigt att SKB:s metodik tar beaktar att inflödet av vatten kan komma att variera i olika delar av systemet.

SSM anser att det är bra att SKB fortsätter att arbeta med metodutveckling för tillverkning av buffert och återfyllningskomponenter. SSM betonar att mycket utvecklingsarbete återstår innan fullt ut fungerande koncept kommer att finnas tillgängliga för implementering. SSM vill i generell mening betona vikten av att SKB redovisar tydligare samband mellan teoretiska studier/modeller och teknikutveckling.

SSM noterar att SKB verkar ha tagit till sig myndighetens synpunkter på föregående Fud-program avseende genomförbarhet och tagit fram en förenklad utformning för förslutning. SSM vill i generell mening betona vikten av att SKB fortsätter arbetet med att utveckla och konkretisera konceptet.

När det gäller prototypförvaret bedömer SSM att SKB:s arbete är ändamålsenligt. SSM anser - liksom Östhammars kommun - att SKB på ett tydligare sätt bör redogöra för i



vilken omfattning som resultaten från Äspö-laboratoriet kan anses vara representativa också för en plats med en berggrund som motsvaras av berget i Forsmark.

## 5.5. Teknikutveckling berg

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på SKB:s program för teknikutveckling berg (kapitel 14 i Fud-program 2013). SKB redovisar de nuläge och program för krav och förutsättningar för Kärnbränsleförvarets undermarksutrymmen (underkapitel 14.1-2) samt SKB's huvuduppgifter och mål för teknikutvecklingsprogrammet för berg, vilka delas in i bergprojektering (underkapitel 14.3), detaljundersökning (underkapitel 14.4) samt utförandemetoder och byggnadsmaterial (underkapitel 14.5).

### SKB:s redovisning

SKB redogör i kapitel 14.1 och 14.2 övergripande för den teknikutveckling som planeras avseende detaljundersökningar, projektering, byggande och underhåll av kärnbränsleförvarets undermarksutrymmen. Redovisning utgår från berglinjerapporten (SKB 2010i, kapitel 2) som ingår som underlag för ansökningarna för kärnbränsleförvaret.

När det gäller *metodik för bergprojektering* redogör SKB i underkapitel 14.3 bland annat för att man tillämpat observatoriemetoden vid planeringen och styrningen av injektionsarbetet under utbyggnaden av Äspölaboratoriet. SKB redogör vidare för att man inlett en processkartläggning av projekteringsprocessen och dess verifiering. SKB lyfter fram implementerandet av Eurokodens terminologi och styrning som en viktig del i vidareutvecklingen av bergprojekteringsmetodiken. På sikt kommer processkartläggning av projektering samt verifiering av konstruktioner resultera i kvalitetsplaner för styrning av planering och uppförande av Kärnbränsleförvarets tillfarter.

I underkapitel 14.4 redogör SKB för genomförandet av ett projekt för vidareutveckling av det ramprogram för *detaljundersökningar* som tagits fram (SKB R-10-08). Projektet omfattar vidareutveckling av metoder, verktyg och program för detaljundersökningar med tillhörande modellering. En viktig uppgift för detaljundersökningarna är att under den stegvisa utbyggnaden av ett deponeringsområde bidra med karakteriseringsresultat som ligger till grund för beslut om placering och realisering av deponeringstunnlar och deponeringshål.

När det gäller *undersökningar och modelleringar* redogör SKB (underkapitel 14.4.2) för att man har utvecklat en borrhålsmetod (SLITS) för bestämning av bergspänningarnas orientering samt tagit fram en LVDT-cell (Linear Variable Differential Transducer) för bergspänningsmätning i tunnlar. SKB har också utvecklat ett skräddarsytt fotogrammetri-baserat tunnelkarteringssystem vilket med framgång har använts vid utbyggnaden av nya experimenttunnlar i Äspölaboratoriet. Utvecklingsinsatserna inom modelleringsmetodi-

ken fokuserar på ökad integration med geologisk och hydrogeologisk information. Planer redovisas också för att etablera ett lokalt seismiskt grid i Fortsmark.

I underkapitel 14.4.4. anger SKB att man avser att vidareutveckla eller införskaffa flera olika datasystem, bland annat för grundvattenmonitoring och för påverkananalys. Befintliga program för bergmekanisk-, geologisk-, geokemisk-, och grundvattenflödesmodellering ska vidareutvecklas eller vid behov bytas ut.

SKB anger i underkapitel 14.4.3 att det ännu inte finns någon utarbetad metodik för att med säkerhet bestämma storleken på stora sprickor som har utgör potentiella rörelseplan vid en seismisk händelse och att. Det så kallade FPI-kriteriet (Full Perimeter Intersection) som SKB använder för identifieringen och lokaliseringen av sprickor eller sprickzoner, av storleksordningen en tunneldiameter eller mer, utgörs av Full Perimeter Intersection (FPI) Criterion respektive Extended Full Perimeter Criterion (EFPC). SKB bedömer FPI/EFPC-kriteriet som ett konservativt mått på diskriminerande sprickplan vid acceptansen av deponeringshål. SKB för fram att det därför finns anledning att försöka vidareutveckla metodiken för att identifiera och karakterisera stora sprickor så att deras inverkan på deponering i högre utsträckning kan baseras på verkliga egenskaper och i mindre grad på FPI/EFPC-kriteriet.

Metodiken för identifieringen av exkluderande sprickplan med avseende på deponeringshål kommer att studeras genom fältundersökningar i Äspölaboratoriet. Programet för stora sprickor syftar i förlängningen på att deponeringshålens position i högre grad ska baseras på sprickplanens verkliga storlek och egenskaper än av det konservativa FPI/EFPC-kriteriet.

SKB redogör i avsnitt 14.5 för planer gällande injektering, bergguttar, bergförstärkning samt användning av material med lågt pH.

Inom området *injektering* redogörs i underavsnitt 14.5.1 för utfallet från framgångarna med fintättningsprojektet som visar att tunnlar kan tätas så att kraven på begränsat inflöde och tryckavsänkning kan uppfyllas. Conceptet "Real Time Grouting Control" (RTGC) kommer att utvecklas vilket möjliggör kontroll av hydraulisk vidgning samt propagering av sprickor i berg genom efteranalys av injekteringsdata.

SKB redogör i underkapitel 14.5.2 för att man arbetar med att utvärdera erfarenheterna med entreprenaderna för utbyggnad av Äspölaboratoriet för att använda vid framtagande av förfrågningsunderlag där krav för *bergguttar* är anpassade till Kärnbränsleförvaret. SKB fokuserar i nuläget på kravformulering, kontrollmetoder samt verifieringsverktyg för sprängskadezonen. Högfrekvent markradar och geoelektriska metoder ligger i fokus såsom metoder för hydraulisk karakterisering och modellering av skadezonen. Utveckl-

ingen inom andra metoder än borrhning och sprängning, d.v.s. tunnelborrmaskin (TBM) samt diamantvajersågning för att erhålla jämnare sula i tunnlarna bevakas.

I underkapitel 14.5.3 redovisas att SKB bevakar utvecklingen av systematisk *bergförstärkning* med t.ex. maskinellt nätning mot spänningsinducerad spjälkning samt blockfall. Användning av låg-pH-bruk till ingjutning samt injektering ska fortsatt studeras, särskilt för frågeställningar gällande accelerationer och långa härdningstider samt pH-utveckling med tiden.

### **Remissinstansers synpunkter**

Statens geotekniska institut (SGI) noterar att observationsmetoden avses tillämpas som metod vid bergprojektering men att omfattningen inte är tydlig. SGI framför att om observationsmetoden avses tillämpas som grund i all bergprojektering bör programmet också innefatta tester och utveckling av projekteringsmetodiken för dessa delar.

SGI framför vidare att det finns begränsad branchkunskap när det gäller injektering inför och passage av högtransmissiva zoner. SGI rekommenderar SKB att utreda hur passage av en sådan zon ska kunna utföras på ett säkert sätt med hänsyn till ekonomi och omgivningspåverkan, särskilt om låg-pH bruk måste användas.

SGI påpekar också att det finns begränsad erfarenhet av brytning av vertikala schakt i Sverige och speciellt i förhållande till drivning genom högtransmissiva zoner med krav på begränsat inläckage. SGI rekommenderar SKB att utreda och demonstrera hur nedåtdrivna schakt ska kunna utföras på ett säkert sätt med hänsyn till ekonomi och omgivningspåverkan.

Uppsala universitet ser positivt på den planerade etableringen av ett lokalt seismiskt nät i Forsmark. Universitetet påpekar vikten av att ett sådant nät utformas så att mycket små seismiska händelser kan detekteras för att medge att tillräcklig stor datamängd insamlas för att kunna tolkas. Universitetet framför vidare att en mer detaljerad seismisk tredimensionell hastighetsmodell för området bör utvecklas för att förbättra precisionen i uppskattningarna av de observerade mikroskalvens position. Universitetet anser att SKB bör utreda om gruvverksamheten i närbelägna Dannemora kan användas för att få ytterligare relevant data och att datautbyte mellan det lokala nätet och det svenska nationella seismiska nätet (SNSN) bör ingå i planerna.

Östhammars kommun konstaterar att SKB nämner att bergsförhållanden som råder i Onkalo (den tänkta slutförvarsplatsen i Finland) och i Forsmark är mycket lika. Östhammars kommun vill att SKB exemplifierar likheter och olikheter.

Östhammars kommun undrar om SKB:s planer för att vidareutveckla metodiken för att avgöra huruvida en spricka enligt FPI-kriteriet innebär att SKB kommer att bli mindre konservativ i sina bedömningar om man närmar sig de verkliga egenskaperna.

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) framför att man av flera olika skäl anser att SKB valt fel plats (berg) för kärnbränsleförvaret. Förutom förekomst av höga bergspänningar att berget i Forsmark menar SERO att det tilltänkta slutförvaret ligger alldeles för nära reaktorerna i Forsmark. SERO framför vidare att utsprängning av tunnlar i kombination med närheten till Östersjön innebär ökad risk för att stora mängder radioaktivitet okontrollerat ska läcka ut i havet. SERO framför att dessa problem skulle undvikas om SKB valde en annan lokalisering för förvaret, t.ex. Hultsfred.

SERO anser att SKB presenterar ett ambitiöst program och påpekar att svårigheten för genomförandet består i att utgångsvärderna hela tiden ändras i takt med att planerad byggnation fortskrider och betonar att detaljprojekteringen behöver få ta den tid som behövs. SERO ger också uttryck för en farhåga att säkerheten i form av BAT (Best Available Technique) nedprioriteras i förhållande till kostnadsoptimering. SERO lyfter också fram SSM:s roll som kontrollerande myndighet i samband med uppförandet.

SERO framför att observationsmetoden förefaller vara den effektivaste metoden att driva tunnelbyggen och borrhål vidare. SERO för också ett hypotetiskt resonemang om ett scenario där icke-uppfyllnad av kriterier för tunnelbyggande resulterar i att slutförvarsbygget i Forsmark måste avbrytas och i stället genomföras någon annanstans, t.ex. Hultsfred.

SERO framför också att tillräcklig tätning av tunnlar och deponeringshål är ett besvärligt problem som måste lösas. SERO framför vidare att för injektering med betongbaserad tätningsmassa utgör åldring ett stort problem. SERO påpekar att uppgifter om kemisk sammansättning och åldringsegenskaper för tätningsmedlet Silica Sol krävs för att man skall kunna göra en bedömning av lämpligheten som tätningsmedel.

### **SSM:s bedömning**

SSM bedömer i ett generellt perspektiv att det återstår visst arbete för att utveckla observationsmetodens användning för projektering, dimensionering, kontroll och avvikelshantering. SSM bedömer att tillämpningen av metoden särskilt behöver utvecklas och kopplas starkare till geologiska karteringar och sprickmodeller.

Myndigheten hade också gärna sett en redovisning av aspekter som kopplar till entreprenadsformer och entreprenadjuridik: SSM bedömer det som viktigt att SKB arbetar och utvecklar också dessa aspekter av verksamheten. Detta är särskilt viktigt med hänsyn till de speciella förutsättningar som gäller för kärnteknisk verksamhet och med avseende på externa uppdragstagare som anlitas av SKB för genomförandet av aktiviteter.

SSM ser positivt på att SKB arbetar med att utveckla metodik för att göra tillförlitliga bergspänningsmätningar. SSM bedömer i det sammanhanget utvecklingen av LVDT-cellen som intressant men bedömer att visst arbete med kvalitetssäkring återstår innan metoden kan bedömas vara tillräckligt tillförlitlig.

SSM tycker det är bra att SKB utvecklar ett skräddarsytt tunnelkarteringssystem. SSM betonar i generell mening vikten av att noggrannheten i systemet motsvarar de krav som kärnteknisk verksamheten ställer på kärnbränsleförvaret.

Myndigheten bedömer SKB:s planer för att utveckla metoder för bestämning av sprickstorleken baserat på geofysiska och hydrauliska mätningar utöver EFPC-metoden, som ändamålsenliga. SSM anser att SKB behöver demonstrera metodens tillförlitlighet ytterligare och bedömer att de integrerade tester som aviseras att genomföras i Äspö-laboratoriet är ett viktigt arbete i den riktningen.

Myndigheten ser också positivt på SKB:s program för att förvalta och förnya de datasystem som används för beräkningar inom forskning, projektering samt utvärdering av plats-specifika mätningar kopplade till kärnbränsleförvaret. SSM anser att säkerställande av stabiliteten i tunnlar är centrala i samband med uppförande av undermarksanläggningar. Emellertid finns det inga inrapporterande studier om vertikal schaktningsteknik samt geovetenskapliga undersökningar och modelleringar kopplade till den.

SSM instämmer i SKB:s slutsatser att programmet för området injektering behöver utvecklas i linje med vad SKB aviserar, det vill säga med avseende på a) karakterisering av bergets hydrauliska egenskaper, b) studier om homogenitet för brukets sammansättning, och c) modeller för erosion och återflöde.

SSM bedömer också det kan vara befogat att genomföra ytterligare studier avseende omfattningen för hydraulisk vidgning och propagering av sprickor runt tunnelkonturen p.g.a. injekteringsarbeten.

SSM bedömer vidare att det är viktigt att SKB koordinerar insatser för att karaktärisera bergmassan ur en sprängteknisk synpunkt med insatser för att karaktärisera bergmassan med avseende på platsanpassningen av en undermarksanläggning. SSM önskar också tydligare redovisning av strategier för att åtgärda avvikelser från fastställda krav gällande t.ex. injektering, förekomsten av sprängskadezonen och avvikande geometri hos tunnlar.

## 5.6. Tekniska system

### SKB:s redovisning

Kapitel 15 i Fud-program 2013 omfattar teknikutveckling av maskiner, utrustning och processer för hantering av kapslar, buffert- och återfyllningsmaterial, etc vid drift av Kärnbränsleförvaret och Clink. Redovisningen utgår från den fastställda referensutformning för KBS-3 som utgör underlag för inlämnade ansökningarna för Kärnbränsleförvaret och Clink.

SKB redogör i kapitel 15.1 för de krav och förutsättningar för som ligger till grund för projekteringen av Kärnbränsleförvaret. SKB redogör i avsnitt 15.1.1 för att arbetet befinner sig i systemprojekteringskedet och utförs som en sammanhållen projektering som omfattar hela Kärnbränsleförvaret. Systemprojekteringen inkluderar omfattande logistikstudier för att analysera trånga sektorer i verksamheten och eventuella problemområden och ligger till grund för Kärnbränsleförvarets framtida överordnade produktionssystem, i vilket olika planerings- och logistikprogram är viktiga verktyg.

SKB redovisar i avsnitt 15.1.2 en allmän beskrivning av arbetet med framtagning av maskiner och tekniska system som i stor omfattning kan betecknas som specifika för SKB. Den stegvisa teknikutvecklingsmodell som man avser att tillämpa för utveckling och industrialisering av de maskiner och tekniska system som krävs omfattar följande faser; Koncept, Design och utveckling, Tillverkning, Installation, Drift och Avveckling.

SKB anger i avsnitt 15.1.3 att det krävs ett väl utvecklat produktionssystem för Kärnbränsleförvaret för att kunna genomföra verksamheten på ett effektivt och säkert sätt, och redovisar principerna för utveckling av ett sådant. För att skapa en överblick och även kunna dokumentera behoven har en databas upprättats där maskiner och utrustningar har inordnats i systemgrupper i enlighet med praxis inom kärnkraftsindustrin.

I avsnitt 15.1.4 anger SKB för att utveckling av SKB-specifika system görs stegvis under flera år, vilket gör att teknikutvecklingen behöver starta långt innan utrustningen behöver finnas på plats. Hänsyn behöver tas till att det inte går att bedriva teknikutveckling för alla system och utrustningar samtidigt utan behöver genomföras enligt en väl utvecklad plan med tydligt definierade mål. SKB redogör också översiktligt för strategier och aktiviteter för att nå uppsatta mål.

SKB redovisar i avsnitt 15.2 att merparten av teknikutvecklingen behöver vara genomförd inför fastställande av deponeringssekvens och att i de fall det behövs prototyper måste de finnas framme och deras funktion ha verifierats. SKB redovisar också de viktigaste aktiviteterna under kommande period (fortsatta logistikstudier; fortsatta design och utveckling av bufferthanteringsutrustning, återfyllningsutrustning samt transportsystemet

för buffert och återfyllning, utveckla produktionskontrollsystemet och förbereda och påbörja integrationstester).

SKB redogör i avsnitt 15.2.1 mer i detalj för genomförda logistikstudier. Resultaten från logistikstudierna kommer att användas som underlag under systemprojekteringsskedet och efterföljande detaljprojektering. SKB redogör också för att man anskaffat ett planeringsverktyg som har anpassats till Kärnbränsleförvaret. I de efterföljande avsnitten redogör SKB för nuläge och program för utveckling av SKB-specifik tekniska system: rampfordon, deponeringsmaskin, transportsystemet för buffert och återfyllnad, system för navigering och maskinkontroll, produktionskontroll samt produktionsbyggnad för buffert och återfyllnadmaterial.

### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) framför att det behövs omfattande utveckling av tekniska system innan det kan visas att alla led i genomförandet av KBS-3- metoden på ett kvalitetssäkrat sätt verifierats. Föreningarna anser att forskningsprogrammet måste utvecklas betydligt och dessutom genomföras innan slutförvarsansökningarna för använt kärnbränsle kan prövas i sak.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) framför att det i redovisningen i Fud-programmet generellt saknas övergripande forskning om automatiserade mätningar av långsiktiga förändringar i slutförvaret. SP noterar att detta naturligtvis redan kan ha diskuterats och behandlats utanför detta dokument.

SP anser att det finns behov av att utveckla bättre kunskap om bränder i fordon som transporteras i t.ex. ramper, särskilt med avseende på effekter på kapslarna. SP lyfter fram vikten av utveckling av speciellt anpassade branddetektions- och släcksystem till dessa speciella fordon och anläggningar.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser i generell mening positivt på SKB:s redovisning. Givet de antaganden som SKB tagit fasta på som grund för fortsatt verksamhet bedömer SSM SKB:s planer som rimligt ändamålsenliga. SSM kommer att i yttrande över SKB:s ansökningar för Kärnbränsleförvaret och Clink att mer i detalj bedöma SKB:s arbete och program för teknikutveckling av maskiner, utrustning och processer för genomförandet av slutförvaring av använt bränsle.

## 5.7. Horisontell deponering - KBS-3H

### **SKB:s redovisning**

I kapitel 16 redogör SKB för pågående arbete med att utreda om horisontell deponering (KBS-3H) kan utgöra ett alternativ till vertikal deponering (KBS-3V) inom ramen för KBS-3-metoden. SKB anger pågående arbete kommer att utvärderas efter 2016 och att beslut kommer att fattas därefter om SKB ska gå vidare KBS-3H.

### **Remissinstansers synpunkter**

*Östhammars kommun* konstaterar att i kapitel 16 presenterar SKB den forskning som bedrivs för horisontell deponering, KBS-3H, i samarbete med Posiva.. Kommunen undrar över varför det krävs bevätning av bufferten vid KBS-3H men inte vid KBS-3V och om det ställs andra krav på berget vid KBS-3H än vid KBS-3V

### **SSM:s bedömning**

Givet de antaganden som SKB tagit fasta på som grund för fortsatt verksamhet bedömer SSM SKB:s planer som rimligt ändamålsenliga. SSM kommer att i yttrande över SKB:s ansökningar för Kärnbränsleförvaret att mer i detalj bedöma SKB:s redovisning om alternativa utformningar för genomförandet av slutförvaring av använt bränsle.



## 6. Forskning för analys av långsiktig säkerhet

### 6.1. Översikt – forskning för analys av långsiktig säkerhet

I detta avsnitt kommenterar SSM SKB:s översikt kring forskning om långsiktig säkerhet i Fud-program 2013 (kapitel 17). Kapitlet innehåller översiktlig information kring forskning kopplat till slutförvar för använt kärnbränsle samt slutförvar för kortlivat och långlivat låg- och medelaktivt avfall.

#### **SKB:s redovisning**

SKB anger tre huvudsakliga syften med sin forskning nämligen; 1) att lösa de specifika problem som identifieras inom säkerhetsanalysarbetet 2) att följa den vetenskapliga utvecklingen inom relevanta områden, samt 3) att uppehålla och utveckla kompetens.

I kapitel 17 sammanfattar och exemplifierar SKB forskningsbehov i sina huvudområden som är; 1) säkerhetsanalys, 2) klimatutveckling, 3) kortlivat låg- och medelaktivt avfall, 4) långlivat låg- och medelaktivt avfall, 5) använt kärnbränsle, 6) betongbarriärer, 7) kapsel, 8) buffert och återfyllning, 9) geosfär, och 10) ytnära ekosystem. SKB redovisar i grafisk form i Tabell 17-1 och 17-2 sina prioriteringar i form av storleken på redan vidtagna respektive planerade insatser för olika typer av processer och analyser.

#### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser beträffande forskning vid Äspölaboratoriet att försökspaket S2 i det s.k. LOT-projektet som SKB genomför i berglaboratoriet i Äspö vid Oskarshamns kärnkraftverk ska tas upp och analyseras. LOT-projektet har som mål att undersöka hur koppar och lera beter sig i en slutförvarsmiljö.

Föreningarna har noterat att SKB ”enligt plan” tänker ta upp och analysera försökspaketet LOT S2 mot slutet av 2010-talet. Det innebär att planen är att ta upp försökspaket efter ungefär 20 år. Försökspaketet installerades år 2000 med den ursprungliga planen att ta upp paketet efter drygt 5 år.

Huvudskälet till att föreningarna vill se ett upptag av paket LOT S2 är att det finns både ett centralt kopparrör och särskilda kopparkuptioner i försöket som kan undersökas för att förstå hur koppar beter sig i en syrgasfri slutförvarsmiljö. Försökspaketet A2 – som till skillnad från paket S2 utsatts för en högre temperatur än det är tänkt i slutförvaret – togs

upp i januari 2006 efter att ha varit utsatt för en slutförvarliknande miljö i ungefär fem år.

Vad gäller observerad oväntad stor kopparkorrosionen i försökspaketet A2 blev förklaringen från SKB att det stängts in syre i försökspaketet som sedan tagit sig fram till kopparytan på centralröret. Denna förklaring menar föreningarna helt saknar vetenskapligt stöd. Den kunskap som nu finns om hur snabbt syre förbrukas i ett försökspaket av den typ som LOT innehåller är att det endast tar månader innan försökspaketet är syrgasfritt. Därmed är nästan all den korrosion som skett i LOT-paketen syrgasfri.

Huvudargumentet som SKB anger för att inte ta upp paketet S2 är att LOT-projektet inte är tänkt för studier av kopparkorrosion. Föreningarna anser att påståendet är felaktigt eftersom det i varje LOT-paket finns kopparkuponger som är speciellt ditplacerade för att studera kopparkorrosion. Men dessutom är centralröret ett utmärkt försöksobjekt för att studera kopparkorrosion om sökanden bara vill. Längs röret finns det en temperaturgradient som gör att korrosionen kan kopplas till temperatur på kopparytan. Dessutom går det att studera transporten av koppar in i leran.

Föreningarna noterar att det aldrig har publicerats några metallurgiska tvärsnittundersökningar av kopparytor från något upptaget försökspaket i LOT-projektet. Eftersom det i metallurgiska tvärsnittundersökningar finns tydliga tecken på gropfrätning på koppar vid upptaget av kapsel 5 och 6 i prototypförsöket så vore det av vikt att även kupongerna från det redan upptagna A2-paketet undersöktes vetenskapligt med avseende på gropfrätning. Dessutom måste metallurgiska tvärsnitt från själva kapselytorna för kapsel 5 och 6 i prototypförsöket redovisas.

Naturskyddsföreningen Uppsala län noterar att SKB redovisar att slutförvar för använt kärnbränsle har som säkerhetsprincip att innesluta avfallet tills radioaktiviteten avklingat till ofarlig nivå. Slutförvaren för kort- och långlivat, låg- och medelaktivt avfall, SFR respektive SFL, har däremot enligt SKB som säkerhetsprincip att fördröja utsläpp av radioaktivitet.

Naturskyddsföreningen Uppsala län anser också att säkerhetsprincipen att fördröja utsläpp av radioaktivitet från låg- och medelaktivt avfall inte är tillräcklig, det behövs även inneslutning av avfallet tills avfallet avklingat till ofarlig nivå.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring (Oss) kan konstatera att det finns uppenbara behov av mer forskning med koppling till den långsiktiga säkerheten vilket enligt Oss uppfattning är allvarligt. Det sätter fingret på den avgörande frågan om de förslagna avfallslösningarna verkligen är mogna och färdigutvecklade för en tillståndsprovning. Oss menar att så inte är fallet.

Oss saknar en överskådlig redovisning av vilken nödvändig forskning som återstår för den kommande treårsperioden.

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) anser att eftersom provkapslarna i utförda försök i Äspölaboratoriet inte har varit laddade med radioaktivt material ger detta ett otillfredsställande och intetsägande resultat avseende långsiktig säkerhet.

Östhammars kommun ser positivt på att arbetet inom ämnesområdet geologi kommer till stånd, men anser att det är viktigt att resultaten från de utfördaseismiska mätningarna kopplas till något annat mätsystem med längre tidsserier.

Östhammars kommun har inom området yttre ekosystem, inom ramen för prövningen av slutförvarsansökan, tagit del av kritik mot att SKB inte behandlar ovanliga spridningsvägar för radionuklider, till exempel eldning av torv. Kommunen vill ha svar på frågan hur SKB hanterar ”ovanliga spridningssätt” och i anslutning till den frågan vill Östhammars kommun få en beskrivning av hur synpunkter från granskningen av slutförvaret för använt kärnbränsle samt den framtida ansökan om utbyggnad av SFR kommer att inkluderas i forskningsprogrammet.

### **SSM:s bedömning**

SSM har inga stora invändningar mot SKB:s beskrivning av forskningsbehoven och konstaterar att SKB:s övergripande prioriteringar verkar rimliga. Samtidigt bör det påpekas att inriktningen på SKB:s kommande forskning kommer att behöva påverkas av utfallet av kommande granskningar av säkerhetsanalyserna SR-Site och SR-PSU och självfallet av det generella utfallet av den pågående prövningsprocessen för det planerade kärnbränsleförvaret.

Vad gäller forskning kring långsiktig säkerhet för ett KBS-3 förvar så återspeglar de kompletteringsbegäran som SSM tagit fram som en del av prövningsprocessen ganska väl SSM:s syn avseende de mest angelägna behoven. Även om ny information delvis redan tagits fram inom ramen för prövningsprocessen finns för dessa frågor också ett långsiktigt forskningsbehov för utförligare och mera grundvetenskaplig kunskap till stöd för bedömning av långsiktig säkerhet. Det kan även finnas helt andra forskningsbehov som bara SKB kan bedöma t.ex. behov som uppstår till följd av en justering och vidareutveckling av KBS-3 konceptet. Vid ett eventuellt bifall till SKB:s ansökan behöver SKB sannolikt redovisa program med verifierande mätningar och tester som skall genomföras under en uppförandefas. Ett sådant program behöver omfatta inhämtning av ny information som kan tas fram om berggrundens egenskaper under uppförandefasen.

Annan information som kan användas för att bedöma slutförvarets barriärfunktioner kan också komma att efterfrågas. Tiden fram till ansökan om drifttagande av ett slutförvar behöver utnyttjas effektivt för en kontinuerlig informationsinsamling till stöd för denna

beslutspunkt. I målsättningen med ett mätprogram kan behöva ingå att på ett mera otvetydigt sätt verifiera redan uppnådda forskningsresultat med avseende på förvarets säkerhetsfunktioner. Det kan vara frågan om noggrannare mätningar eller försök som pågår under längre tid och/eller genomförs i större skala under förutsättningar som med större säkerhet kan sägas representera en realistisk slutförvarsmiljö och dess spännvidd. Sådana mätningar och försök behöver vara väl genomtänkta och genomförs i tillräckligt stort antal och på ett tillräckligt kontrollerat sätt. Risker kopplade till en oacceptabelt stor påverkan av artefakter behöver beaktas liksom att information ger ett missvisande underlag för förnyade bedömningar kring långsiktig säkerhet.

SSM ser ett behov av att modernisera och uppdatera metodik och vissa verktyg inom säkerhetsanalysområdet (kvantifiering av radionuklidtransport och risk).

SKB:s tabell 17-1 i Fud-program 2013 överensstämmer i grova drag med SSM:s hit-tillsvarande bedömningar från erfarenheter under tillståndsprövningen. Processer som har ett stort genomslag på resultaten i säkerhetsanalysen behöver fortsatt hög prioritering även fortsättningsvis så som bränsleupplösning, deformation och korrosion av kopparkapslar, samt erosion och omvandling av bentonitbufferten. Även om en tillräcklig kunskapsnivå kanske har uppnåtts för en viss process för det specifika sammanhanget av en särskild säkerhetsanalys visar erfarenheten att säkerhetsbetydelsen i vissa fall kan behöva förändras till en följd av ny kunskap inom angränsande områden. Redan väl undersökta processer kan därför behöva adresseras i nya sammanhang.

SSM har i processen med kompletteringsbegäran identifierat betydelsen vissa processer som inte finns direkt representerad i säkerhetsanalysberäkningarna men som skulle kunna ha en stor betydelse för kapselns isolerande förmåga t.ex. spänningskorrosion av koppar. Frågan kring de långa återmätningstiderna behöver också uppmärksammas vidare med tanke på att buffertens alla säkerhetsfunktioner inte kan säkerställas under de första 1000 åren.

SSM anser att den grundvattenkemiska utvecklingen samt därtill kopplade mikrobiella processer kan behöva en något högre prioriteringsnivå jämfört med SKB:s grafiska representation i tabell 17-1. Detta beror dels på att den grundvattenkemiska utvecklingen är styrande för i hur många deponeringshål som kan påverkas av buffererosion, dels på att mikrobiella processer och grundvattenkemi har en stor betydelse för förutsättningarna för kopparkorrosion. Mera detaljerade bedömningar för olika avfallstyper, tekniska barriärer samt geosfär och biosfär finns längre fram i detta kapitel.

SSM har något svårare att bedöma prioriteringar avseende låg- och medelaktivt avfall som avspeglas i Tabell 17-2 eftersom det är länge sedan den långsiktiga säkerheten för slutförvaring av dessa avfallstyper var föremål för en sammanhållen analys. Prioriteringar kopplade till behov av ny kunskap beror i mångt och mycket på värdering av säkerhets-

funktioner inom säkerhetsanalys samt på den bakomliggande argumentationen. SSM återkommer längre fram i detta kapitel med specifika kommentarer kopplat till barriärfunktioner för cement och bentonit. Efter att granskningen av SR-PSU(SFR) samt SKB:s koncept för slutförvaring av långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL) har avslutats finns anledning att återkomma till frågan om forskningsprioriteringar inom området.

## 6.2. Säkerhetsanalys

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 18, säkerhetsanalys, i Fud-program 2013.

### SKB:s redovisning

SKB anger att utveckling av metodik för långsiktigsäkerhetsanalyser har skett och sker inom ramen för ansökningarna om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle och en utbyggnad av det befintliga slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall. Det anges vidare att fullständiga redovisningar av metoder och tillämpningar ges i rapporterna vilka ligger som underlag till de respektive säkerhetsanalyserna och därmed att fokus i Fud-programmet är pågående metodutveckling och relaterade frågor.

SKB konstaterar att behov och mål för metodutveckling hos säkerhetsanalys härstammar i betydande utsträckning från myndighetens granskningar av, och synpunkter på, de inlämnade ansökningarna och tidigare publicerade säkerhetsanalyser. Samtidigt redovisas det att målet med säkerhetsanalys är inte bara att göra riskberäkningar för att jämföra med det kvantitativa kriteriet som anges i SSM:s föreskrifter utan även att ge återkoppling till Fud-programmet i allmänhet (t.ex. genom att identifiera och pröva möjliga förbättringar i ett förvars utformning).

SKB anger en kort sammanfattning av hur synpunkter i granskningen av Fud-program 2010 har hanterats, med särskilt avseende på de kunskaper och erfarenheter som krävs för att säkerställa fortsatt kompetens inom säkerhetsanalysområdet samt rutiner för kvalitets-säkring av säkerhetsanalys. Det noteras vidare att SKB:s verktyg för beräkningar kopplade till radionuklidtransport (vilket var föremål för särskilt kommentar i SSM:s synpunkter på Fud-program 2010) har utvecklats ytterligare och använts i säkerhetsanalyserna som stödjer slutförvarsansökningen.

Med avseende på metoder som användas i samband med analysen av kärnbränsleförvarets långsiktiga strålsäkerhet beskriver SKB hur tidigare synpunkter (till exempel i kommentar från SKI och SSI inom ramen för samråd under platsundersökningsskedet) har tagits om hand i den efterföljande analysen (SR-Site) som ligger till grund för ansökan som lämnas in i 2011. SKB anser att ytterligare utveckling av metodiken för säkerhetsanalys kan på ett liknande sätt motiveras av SSM:s synpunkter från den pågående tillståndsprovningen.

När det gäller långsiktig säkerhetsanalys för den planerade utbyggnaden hos SFR beskriver SKB hur tidigare metoder och modeller har uppdaterats, i första hand genom anpassning av den metod som används i SR-Site men också genom tillämpning av mer detaljerade metoder för känslighetsanalys. Själva metoderna och processerna kommer att redovisas i den kommande tillståndsansökan.

Det enda exemplet på nyvunnen kunskap som beskrivs i SKB:s redovisning är utveckling av verktyg för känslighetsanalys och tillämpning av en relaterad (och fritt tillgänglig) metod för att grafiskt redovisa känsligheter för osäkra indata. Ingen ytterligare redovisning ges av SKB:s övergripande mål och strategi för metodutveckling inom ramen för säkerhetsanalys annat än att indikera att det är beroende av framtida kommentarer från SSM.

### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen Uppsala län konstaterar att SKB:s forskning och arbete med säkerhetsanalys för låg- och medelaktivt kortlivat avfall hamnat i skuggan av uppmärksamheten kring säkerhetsfrågor kring slutförvaring av det använda kärnbränslet. Exempelvis gjordes undersökningsprogrammet i SFR av statusen hos betongkonstruktionerna i BMA först under 2011 och 2012. SKB:s undersökningsprogram visade att det förekom skador orsakade av armeringskorrosion och att skadorna uppträdde såväl på de tekniska barriärerna som på andra konstruktionsdelar där ståldetaljer gjutits in i betong. Dessutom noterades genomgående sprickor i konstruktionerna.

Föreningen framhåller att SKB har ett stort arbete i att kunna visa att en utbyggnad av SFR uppfyller kraven på långsiktig säkerhet. Att detta arbete i sina viktigaste delar kan vara klart då ansökan planeras att bli inlämnad våren 2014 förefaller enligt föreningens uppfattning inte trovärdigt.

### **SSM:s bedömning**

SSM kommer att yttra sig över SKB:s metoder för långsiktigsäkerhetsanalys i sin bedömning inför regeringens beslut om tillstånd för de planerade slutförvarsanläggningarna. I detta avseende är det inte lämpligt att bedöma vid granskning och utvärdering av Fud-program 2013 de aspekter som har relevans vid en bedömning av kravuppfyllelse med hänsyn till tillståndsansökningarna. Fokus här är därför mer övergripande aspekter av Fud-programmet på vilka slutsatser kan dras från redovisningen i kapitel 18.

SSM ser positivt på att SKB har utvecklat sina metoder för säkerhetsanalys inom ramen för den planerade utbyggnaden av SFR, i den utsträckning som de bör nu bättre återspegla en ambition att ligga i framkant inom detta område. Det är dock klart att den aktuella statusen inte kan bekräftas förrän myndigheten har sett den kommande ansökan och sitt underlag.

Myndigheten instämmer i att säkerhetsanalysen bidrar till en bedömning mot krav på långsiktig säkerhet. Vad gäller SKB:s beskrivning av riskkriteriet i SSM:s föreskrifter som ”det primära kravet” menar dock SSM att kvantitativa metoder för att genomföra en analys över hela systemets långsiktiga prestation är en viktig del av säkerhetsredovisningen. Tilltron till säkerheten beror till stor del på olika sätt att undersöka och redovisa viktiga osäkerheter och hur de hanteras genom val rörande systemets utformning. Detta är en viktig åtskillnad, eftersom en metod som drivs främst av ett fokus på att tillfredsställa en viss ”riskgräns” kan misslyckas med att leverera resultat som på rätt sätt kan vägleda beslutsfattande. SSM är medveten om att SKB:s metodik innefattar en bredare analys än den som antyds av citatet ovan, men vill ändå understryka att säkerhetsanalys inte handlar bara om modeller och koder utan en logistisk strategi för att identifiera och hantera viktiga osäkerheter, och att mata tillbaka dessa i syftet att fastställa en tillräckligt robust hanteringsmetod.

Med detta i åtanke bedömer SSM att en omfattande metodik för säkerhetsanalys bör innefatta inte bara verktyg för att göra beräkningar utan tydliga processer och rutiner för att se till att modeller används på ett giltigt, ändamålsenligt sätt. Oavsett kommentarer som kan uppstå i samband med myndighetens granskning av SKB:s ansökningar, anser SSM att SKB bör definiera ett utvecklingsprogram för säkerhetsanalys som omfattar frågor såsom:

- Identifiering och implementering av beräkningsfall som speglar tydligt angivna mål (till exempel att undersöka robusthet till rimliga variationer i initialtillståndet eller andra antaganden),
- Att identifiera och motivera lämplig användning av en viss modell i ett särskilt sammanhang, inklusive underliggande antaganden som rör valet av parametrar samt vilka parametrar som behandlas som fasta eller som variabla. Till exempel, är de förhållanden som kan stödja användningen av tätt kopplade modeller för transport i geosfär och biosfär samt dosberäkningar i biosfären (för SR-PSU) lika giltiga för uppdatering av SR-Site beräkningar?
- Att skilja mellan kvalitetssäkring av rådata som samlats från (t.ex.) fältmätningar och validering av modell indata som speglar bearbetning av rådata för att härleda parametrar inom ett specifikt beräkningsfall,
- Att se till att metoder för att genomföra probabilistiska beräkningar tar tillräcklig hänsyn till eventuella korrelationer mellan variabla parametrar.

## 6.3. Klimatutveckling

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på SKB:s program för studier av klimatutvecklingen (kapitel 19 i Fud-program 2013). Programmet syftar till att ta fram vetenskapligt underbyggda klimatutvecklingar vilka är av vital betydelse vid säkerhetsanalyserna för slutförvaret av radioaktivt avfall. SKB:s redovisning är uppdelad i sju underkapitel: i) klimatscenarier i SKB:s säkerhetsanalyser, ii) inlandsisdynamik och glacial hydrologi, iii) denudation, iv) isostasi, eustasi och strandlinjeförskjutning, v) permafrost, vi) klimat och klimatvariationer samt vii) SKB:s projekt på Grönland, Greenland Analog Project (GAP).

### Remissinstansers synpunkter

Statens geotekniska institut (SGI) rekommenderar, mot bakgrund av de klimatrappporter som presenterats av FN:s klimatpanel, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), en översyn av hur klimatet kan påverka såväl bygg- som driftskedet av samtliga anläggningar som SKB kommer att uppföra. Klimatet påverkar markens förutsättningar som byggnadsgrund och den pågående klimatförändringen (50-100 år) skapar nya förutsättningar för byggande av infrastruktur och byggnader. SGI konstaterar att av Fud-programmet framstår det som att SKB endast bedömer förändringar i klimat som något som berör mycket långsiktig säkerhet.

### 6.3.1. Inlandsisdynamik, glacial hydrologi och denudation

#### SKB:s redovisning

SKB redovisar kopplingarna mellan klimatprogrammet och programmet för termiska, hydrauliska och mekaniska (THM) processer samt programmet för hydrogeologi, genom att klimatscenariorna används som randvillkor vid THM och hydrogeologiska studier. Sen Fud-program 2010 har ytterligare paleoklimatologiska studier av Weichselglaciationens tidiga utveckling gjorts. SKB:s inlandsisrekonstruktion av Weichselnedisningen (UMISM) har utvärderats i två glacial isostatiska modellstudier, vilka involverar Uppsala universitet och University of Calgary. I detta arbete har SKB:s rekonstruktion av Weichselisens utveckling jämförts mot inlandsisrekonstruktioner gjorda med modellerna ANU (Lambeck et al. 2010) och ICE-5G (Peltier 1994). En litteraturstudie över glacialhydrologiska fältobservationer har genomförts, men dessa har till övervägande del genomförts på dalglaciärer. För att öka den konceptuella förståelsen för glacialhydrologiska processer vid inlandsisar har SKB sen 2008 utfört fältobservationer vid den befintliga inlandsisen vid västra Grönland (GAP).

Under den kommande treårsperioden kommer SKB att avrapportera och fortsätta paleoklimatologi studierna i norra Finland. Evalueringen av SKB:s rekonstruktion av Weichselisens utveckling (UMISM) kommer drivas vidare och avrapporteras och SKB



planerar att utföra en kompletterande studie med avseende på den maximala istjockleken i Forsmarksområdet under Saale-nedisningen. Inom ramen för GAP projektet genomför SKB flera hydrologiska studier relaterade till en inlandsis, däribland studier om hydrologi under och vid inlandsisar. Resultaten från GAP projektet kommer planeras att komma in under slutrapporten som bedöms vara klar i slutet på 2014. Slutrapporteringen av GAP förväntas vara klar i slutet av 2014, inkluderande flera doktorandprojekt med anknytning till glacialhydrologiska processer. För att klargöra osäkerheten i den uppskattade glaciala erosionen kring Forsmark planerar SKB en GIS-baserad studie över flera platser på jorden, inkluderande Forsmarksområdet och studieområdet för GAP.

### **Remissinstansers synpunkter**

Stockholms universitet betonar att nyare forskning (isborrkärnor, marina och terrestra arkiv) visar att kortvariga (<1000 år) klimatförändringarna har ägt rum både under mellanistider (värmestider) och under den senaste istidscykeln och att temperaturhöjningen mellan en kallare och en varmare fas kunde ske på mindre än 10 år.

Universitetet anser vidare att det är angeläget att utföra fortsatta studier kring glacial erosion, och framförallt få en kvantifiering av vittring och erosion som kan förväntas ske i områden kring Forsmark och Oskarshamn.

Universitetet konstaterar också att SKB har initierat ett projekt för att studera dessa kortvariga klimatförändringar och deras miljöpåverkan för perioden mellan sista glaciala maximum och början av den nuvarande värmestiden. Det är enligt universitetets uppfattning av vikt att denna information används inom permafrost- och hydrologisk och hydrogeologisk modellering.

Universitetet påpekar att glacialgeologiska data för t.ex. den Skandinaviska inlandsisen och från Antarktis visar på snabba förändringar i isströmmarnas dynamik. Det är oklart på vilket sätt SKB tar hänsyn till isdynamiska förändringar som kan ske på mindre än 100 år och hur – ifall Forsmark eller Oskarshamn är istäckta – dessa påverkar området.

Universitetet anser att simuleringen av den Skandinaviska inlandsisen som visas i Figur 19-2 för 18 000 år före nu inte stämmer överens med glacialgeologiska data för södra Skandinavien (se t.ex. publicerade data från Houmark Nielsen och Kjaer) som visar på en mycket mindre inlandsis vid

18 000 år och även på en mycket mer dynamisk inlandsis än simuleringen.

De paleoklimatiska förhållandena under Weichseltiden rekonstrueras av SKB genom multi-proxy analyser av Sokliborrkärnan från norra Finland. Det är enligt universitetets uppfattning tveksamt om Sokli är en representativ lokal för klimatutvecklingen under hela Weichseltiden och om klimat- och miljöutvecklingen som beskrivs för Sokli är re-

representativ för området kring Forsmark och Oskarshamn. Enbart delar av Weichseltiden finns bevarade i Sokli (t.ex. enbart den varmaste delen av isotopstadiet 3). Sokli ligger i norra Finland, medan Forsmark och Oskarshamn ligger i en annan klimatzon i mellersta, respektive södra Sverige. Universitetet anser att SKB borde ta del av pågående forskning vid andra universitet för att utöka kunskaperna om Weichseltidens klimat- och miljöutveckling i tid och rum, speciellt med hänsyn till kortvariga klimatförändringar och deras snabba växlingar.

### **SSM:s bedömning**

SSM noterar att SKB har bemött kommentarerna som myndigheten framförde i granskningen av Fud-program 2010. SSM ser positivt på att SKB planerar att vidare analysera Weichsels och Saales glaciala historia. Myndigheten anser att detta är angeläget för att ytterligare belysa osäkerheterna beträffande den nu gällande referensutvecklingen baserad på upprepningen av Weichselglaciationen och den maximala istjockleken över Forsmark baserad på Saaleglaciationen. I säkerhetsanalyserna för Kärnbränsleförvaret och SFL bör även konsekvenserna av dessa osäkerheter redovisas. Myndigheten ser positivt på SKB:s glacialhydrologiska arbete inom GAP projektet, samt integreringen av den erhållna kunskapen med Fennoskandiska förhållanden. SKB:s planering av kompletterande studier kring glacial erosion ses positivt av SSM.

## **6.3.2. Isostasi, eustasi och strandlinjeförskjutning**

### **SKB:s redovisning**

SKB har genomfört två litteraturstudier relaterade till havsyteförändringar vilka kommer att rapporteras inom ramen för SR-PSU. SKB framhåller att osäkerheterna vid nuvarande prognostiseringar av havsyteförändringar är behäftade med stora osäkerheter och revideringar av prognoserna är att vänta.

SKB:s pågående arbete med att rekonstruera Weichselglaciationen utveckling via olika glacial isostatiska modeller (avsnitt 6.3.2) kommer även ge viktig information till modelleringen av framtida isostatiska förändringar i Skandinavien. Denna information kommer användas tillsammans med fortsatt granskning av ny kunskap kring kommande havsnivåförändringar, med syftet att utvärdera vilka effekter förskjutningar av strandlinjen har på Kärnbränsleförvaret och SFR under de följande tiotusentals åren.

### **Remissinstansers synpunkter**

Stockholms universitet anser att det är viktigt att få en bättre uppskattning om framtida havsnivåförändringar utifrån den senast publicerade IPCC-rapporten.

Östhammars kommun vill veta vad det innebär att nedfarten till SFR kan komma att ligga under havsytan om 100 år, givet ett scenario med maximal global havsyttehöjning runt plus tre meter för Forsmark, och vilka konsekvenser det skulle det få för anläggningen.

SKB framför att de inte kommer att behandla något klimatscenario med permafrost på försvarsdjup i den kommande ansökan om att bygga ut SFR, då en ny istid i Forsmark inte antas inträffa under de kommande 10 000 åren, som SFR ska vara säkert. Kommunen vill veta om det innebär att hänsyn tas till risken för permafrost vid lokaliseringen av ett utbyggt SFR, exempelvis vid val av försvarsdjup.

Kommunen undrar vidare om landhöjningen, som idag pågår i Forsmarksområdet, som medför att SFR är ett markförvar om ca 3 000 år, kan innebära ökade risker för att effekter uppstår när det gäller radionuklidtransport i grundvatten.

### **SSM:s bedömning**

SSM instämmer med SKB:s syn på att den nuvarande uppskattningen av den framtida havsnivåutvecklingen under de kommande hundra till tiotusentals åren är behäftade med stora osäkerheter. Myndigheten är positivt till SKB:s fortsatta bevakning av nya vetenskapliga publikationer kring havsyttehöjningar vid Forsmark samt den glacial isostatiska utvärderingen (avsnitt 6.3.2) som kan förbättra den nuvarande prognosen över den långsiktiga förändringen av strandlinjen vid Forsmark.

### **6.3.3. Permafrost**

#### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar två permafrostsimuleringar som genomförts och avrapporterats sedan Fud program 2010 presenterades. Modellstudierna visar att permafrost skulle kunna bildas i Forsmarksområdet redan om 17 000 år och under gynnsamma förhållanden för permafrosttillväxt kan den nå ner till 390 meters djup under de kommande 115 000 åren.

SKB planerar att utvärdera sina permafrostmodeller genom att tillämpa modellerna på studieområdet för projektet GAP på västra Grönland, där permafrosten sträcker sig ner till 350 meters djup. Vidare planerar SKB en borrhålstemperaturstudie där resultaten bland annat kommer användas för ytterligare utvärdering av osäkerheten av den paleotemperaturkurva för Weichselperioden som SKB använt för bland annat modellering av permafrost för säkerhetsanalysen SR-Site.

## **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) anser att arbetet med att undersöka hur djupt permafrost kan nå under glaciation behöver utredas ytterligare och av fler instanser. Allt arbete med att modellera permafrostdjup är gjorda av en begränsad grupp forskare med lång och nära anknytning till SKB. Föreningarna anser att bolaget måste kvalitetssäkra arbetet genom att låta utföra fler modelleringar utförda av forskare som är oberoende av bolaget.

Föreningarna saknar resultat rörande permafrost från delprojekt C i Greenland Analogue Projekt, GAP. Detta trots att projektet avslutats under sensommaren 2012. Det anges att projektet ska slutrapporteras i slutet av 2014. Föreningarna anser att slutförvarsansökningarna för använt kärnbränsle inte kan prövas i sak förrän resultaten från GAP-projektet rapporterats och förts in i säkerhetsanalysen i ansökan.

Stockholms universitet noterar att i kapitel 19.5 – Permafrost beskrivs simuleringar för att uppskatta utvecklingen av permafrost kring Forsmark och dess påverkan på berget, hydrologin och förvaret. Universitetet anser att eftersom talikar (isfria områden) kan bildas i permafrostområden på Grönland inom ett tidsintervall på 500 år (se kapitel 19.7) borde SKB lägga mycket mer fokus på att förstå vilka miljöförändringar som kan förväntas inom ett kortare tidsperspektiv och i ett scenario med mycket snabba och kraftiga klimatsvängningar.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB planerar att utvärdera permafrostmodellernas tillförlitlighet genom att använda sig av informationen från GAP projektet. Likaså ser myndigheten positivt på att studier planeras för att evaluera SKB:s paleotemperaturkurva för Weichselperioden.

## **6.3.4. Klimat och klimatvariationer**

### **SKB:s redovisning**

Sedan Fud 2007 har SKB genomfört två litteraturstudier som fokuserar på klimatets utveckling från en värmeperiod (Eem) till kalla glaciala förhållanden (Weichsel). Den ena studien inkluderar även en utvärdering av SKB:s rekonstruktion av klimatförhållandena vid Sokli för omkring 50 000 år sedan. Klimatmodelleringar har genomförts där fokus legat på potentialen för ett kallt klimat och permafrosttillväxt i Forsmarkområdet under de kommande 60 000 åren. Modelleringarna har i huvudsak brukat sig av den förenklade klimatmodellen Loveclim, vilket introducerar stora osäkerheter i de erhållna resultaten. SKB redovisar att det är möjligt för permafrosttillväxt vid de framtida solinstrålningsminimum som beräknas inträffa om ca 17 000 och 54 000 år.

SKB paleoklimatologiska studier baserat på sedimentkärnor från Sokli kommer att fortsätta och avslutas under den kommande Fud-perioden. Som en del av en planerad studie omfattande övergångar mellan olika klimattillstånd bedriver SKB ett doktorand projekt som fokuserar på tiden från det senaste glaciala maximum till inledningen av Holocen.

### **SSM:s bedömning**

SSM noterar att SKB har bemött kommentarerna som myndigheten framförde i granskningen av Fud-program 2010. Myndigheten ser positivt på SKB:s program för paleoklimatologiska studier.

SSM ser positivt på att SKB har genomfört klimatologiska modellstudier för de kommande 60 000 åren. Myndigheten anser dock att ytterligare analyser är befogade eftersom klimatsimuleringarna är behäftade med stora osäkerheter. Koldioxidnivåerna har stor betydelse vid modellsimuleringarna av det framtida klimatet. I den redovisade modelleringen utgår SKB från att koldioxidnivåerna kommer vara fortsatt höga under de första 10 000 åren. Antagandet om eftersläpande höga koldioxidnivåer 10 000 år i framtiden baseras inte på reella klimatologiska data utan bör tolkas mer kritiskt eftersom det finns flera osäkerheter relaterade till framtida atmosfärskoncentrationer av koldioxid, som storleksordningen av de framtida antropogena koldioxidutsläppen och klimatsystemets förmåga att ta upp det antropogena tillskottet av koldioxid. Således anser SSM att SKB bör ta dessa osäkerheter i beaktande och inkludera de första 10 000 åren i sina klimatmodelleringar som görs för säkerhetsanalysen SR-PSU.

## **6.3.5. Greenland Analog Projekt (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. GAP projektet är inne i avrapporteringsfasen där informationen erhållen från fältundersökningar mellan 2008-2012 nu processeras och tolkas. Slutrapporteringen av GAP planeras att ske under slutet av 2014.

### **Remissinstansers synpunkter**

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) finner att SKB:s redovisning tydligt påvisar komplexiteten i relevanta frågeställningar samt behovet av ytterligare kunskapsinhämtning och forskning. KVA menar att detta är tydligt inte minst från redovisningen av resultaten från Greenland Analogue Project, som nu är inne i en avrapporteringsfas. KVA anser vidare att SKB:s forskningsprogram förefaller generellt sett vara väl förankrat i den internationella forskningen inom området.

Stockholms universitet anser att det är viktigt att alla nya data inom Greenland Analogue Project avseende glaciala förhållanden, permafrost, hydrologi, berggrundens respons och mikrobiologi utvärderas noggrant med hänsyn till Forsmark och Oskarshamn, samt att övervakningen (monitering) fortsätter för att få längre tidsserier och data som möjliggör en uppskattning av variabiliteten och osäkerheten.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på det arbete som pågår inom GAP och studien (avsnitt 6.3.2) att överföra den glacialhydrologiska kunskapen erhållen från GAP till skandinaviska förhållanden så att den framtagna informationen blir relevant för säkerhetsanalyserna för de befintliga och planerade slutförvarsanläggningarna.

## **6.4. Kortlivat låg- och medelaktivt avfall**

Granskningen i detta avsnitt avser kapitel 20 och 21 i Fud-program 2013 som beskriver SKB:s naturvetenskapliga forskning rörande det kort- och långlivade låg- och medelaktiva avfallet.

### **6.4.1. Initialtillstånd i avfallet**

#### **SKB:s redovisning**

SKB listar i sin redovisning de variabler som beskriver tillståndet hos avfallet vid förslutning av förvaret, d.v.s. initialtillståndet av avfallet. De variabler som anges är; geometri, strålningsdensitet, temperatur, hydrovariabler, mekaniska spänningar, totalt radionuklidinventarium, materialsammansättning, vattensammansättning och gasvariabler.

SSM väljer att av dessa lyfta fram:

#### **Geometri – svällning av avfall**

SKB redogör övergripande för vilken betydelse som hålrum i avfallskollin eller mellan avfallsbehållare och barriärer kan ha. SSM ställde sig i Fud-program 2010 tveksam till påståendet att expansionsvolymen i silon skulle vara tillräcklig och att en uppdatering av kunskapsläget skulle vara önskvärd. I redovisningen hänvisar SKB till nya beräkningar för såväl BMA som silon rörande svällning av avfallskollin innehållande bitumeninjuten jonbytarmassa. Enligt beräkningarna, som gjorts som en del av framtagandet av SR-PSU, är den expansionsvolym mellan avfallsbehållarna nödvändig för att betongbarriären i BMA. För silon visade motsvarande beräkningar att trycket mot silons yttre väggar inte var skadligt, även för det fall att endast expansionsvolymen inom respektive avfallspaket var tillgänglig. Någon referens till de genomförda beräkningarna ges inte.

### **Hydrovariabler**

SKB redogör att randvillkoren som styr vattenflödet genom avfallet ges av det omgivande tryckfältet i modellen. Då SFR dränagepumpas under drifttiden förekommer inte vattenflöden i avfallet under detta skede.

SKB har sedan Fud-program 2010 genomförd metodutveckling för beräkningar av vattenflöden på förvarsskala som en del av SR-PSU. SKB redovisar att inom SR-PSU kan forskningsbehov rörande avfallets hydrauliska egenskaper komma att identifieras.

### **Radionuklidinventarium**

I granskningen av Fud-program 2010 uppmuntrade SSM den inventering av osäkerheterna i mät- och beräkningsmetoder som SKB avsåg att göra och i synnerhet utveckling av alternativ till den metodik som baseras på korrelation mellan lätt- och svårsmätbara nuklider. I Fud-program 2013 hänvisar SKB till det arbete som genomförts inom ramen för SR-PSU. Ett viktigt undantag gäller kol-14, där SKB refererar till den utredning gällande kärnkraftverken som har tagits fram och som har presenterats för SSM. Efter Fud-programmet lämnades in har även en studie av kol-14-innehållet i avfall från Studsvik Nuclear AB färdigställts och lämnats till SSM. SKB hänvisar vidare till det arbete som gjorts för att bestämma vissa svårsmätbara nuklider som kan frigöras vid mottagningsstationen i Clab, samt det arbete som gjorts inom ramen för framtagna, blockvisa avvecklingsstudier. Det senare arbetet kommer att fortsätta i den kommande 3-årsperioden.

SKB avser även att utvärdera behov av mätningar av kol-14 som finns i avfall med inducerad aktivitet. För vissa andra svårsmätbara nuklider avser SKB att undersöka möjligheterna att bestämma avfallets innehåll genom masspektrometriska metoder.

Avfallet som avses deponeras i slutförvaret för långlivat avfall (SFL) utgörs främst av interndelar från kärnkraftsreaktorerna, samt historiskt avfall som hanteras av SVAFO. För avfallet från kärnkraftverken kommer SKB systematiskt utvärdera beräkningsmetodik och modeller för bestämning av aktivitetsinnehållet. En del i detta arbete är att jämföra resultat från olika modeller med uppmätt aktivitet. Vidare kommer SKB att bevaka SVAFO:s arbete med karaktärisering av det historiska avfallet.

### **Materialsammansättning**

SKB redogör för den nyvunna kunskapen sedan Fud-program 2010. SKB beskriver i sin redovisning att en inventering av mängden inaktiva joner som teoretiskt kan tänkas deponeras i SFR via jonbytarmassor har genomförts. SKB redovisar vidare att genomförd studie visar att stora mängder inaktiva korrosionsprodukter deponeras i SFR utifrån det pessimistiska antagandet att korrosionsprodukter som bildas upptas fullständigt på jonbytarmassorna.

SKB redovisar att det utvecklingsarbete som beskrevs i Fud-program 2010 angående utvecklingen av ett nytt rengöringsmedel nu är avslutade. SKB redovisar vidare att i anslutning till detta har SKB skärpt sina riktlinjer för användandet av komplexbildare för den verksamhet som kan generera avfall som kommer att deponeras i SFR.

SKB redovisar att man sedan den senaste säkerhetsredovisningen för SFR, SAR-08 (SKB 2008a) inventerat och uppskattat mängden organiska komplexbildare, där nedbrytningsprodukter från cellulosa inkluderas, som förväntas deponeras i SFR. Den genomförda inventeringen ingår som bakgrundsmaterial i SR-PSU.

### **Vattensammansättning**

SKB redovisar att porvattensammansättningen påverkas av och inverkar på de kemiska processerna i avfallet och delvis av sammansättningen hos det inträngande grundvattnet. SKB redovisar vidare att vattnet i förvaret kort tid efter förslutning kommer att bli anoxiskt (ref Duro *et al.* TR-12-12)

SKB redovisar att utveckling av närzonsmodeller kommer att fortsätta och om möjligt koppla dessa till kemiska reaktioner i avfallet.

### **SSM:s bedömning**

#### **Geometri - Svällning av avfall**

Frågan om svällning av avfallet efter förslutning har uppmärksammats i samband med myndighetens granskning av SKB:s förslutningsplan för SFR. I granskningen har SSM pekat på den avvägning som behöver göras mellan säkerställande att tillräckligt utrymme för svällning finns tillgängligt och den betydelse som kringgjutning av avfallet har för att reducera vattenflödet runt avfallsbehållarna. Detta är av särskild betydelse för förvarsdelen BMA. SSM har i granskningen efterlyst ytterligare belysning av frågeställningen i den kommande granskningen av SR-PSU. SSM bedömer att SKB, med utgångspunkt från skillnader i avfallets egenskaper i de olika facken i BMA, behöver överväga om olika strategier för de olika facken kan vara lämpliga.

SSM ser positivt på de analyser som ska vara genomförda för silon. De ännu opublicerade analyserna kommer att granskas inom ramen för SR-PSU. Svällning av avfall är en process som potentiellt kan påverka förvarets långsiktiga funktion. SKB bör därför fortsättningsvis utreda om det kan finnas skäl att vidta sådana åtgärder som kan minska effekterna, t.ex. genom förändringar av mängden jonbytarmassa i bitumenkonditionerat avfall, en övergång till cementkonditionering av jonbytarmassor, ändringar av deponeringsstrategin av avfallet i de olika förvarsdelarna i SFR.

#### **Hydrovariabler**

Vattenflödet i förvaret är en viktig faktor då den utgör en drivkraft för såväl degradering-



en av de tekniska barriärerna, inklusive avfallet, som uttransporten av radioaktiva ämnen från förvaret. SSM ser därför positivt på den förfining av modelleringen som SKB aviserar, men då inga resultat eller referenser presenteras, har SSM svårt att ta ställning till programmet.

#### **Radionuklidinventarium –SFR**

SSM ser positivt på det arbete som SKB och avfallsproducenterna har genomfört rörande studier av kol-14 under senare år. Området har historiskt sett varit eftersatt och kunskapen om vilka mängder kol-14 som förts till slutförvar har varit förenat med stora osäkerheter. SSM anser att det arbete som genomförts för att karaktärisera avgången av kol-14 i samband med torkning och ingjutning av jonbytmassor ger viktig information. Av redovisningen framgår det dock inte om arbetet avses fortsätta framgent, vilket SSM bedömer som angeläget.

I Fud-program 2010 efterfrågade SSM en internationell utblick för att se hur de svenska resultaten förhåller sig till andra program. Några resultat från det internationella samarbete som SKB deltar i presenteras inte. SSM bedömer att det är angeläget att SKB genomför den efterfrågade utblicken, inte bara i frågor kopplade till produktion, spridning och upptag av kol-14 i avfall samt konditionering av avfall från kärnkraftsproduktion, utan även i frågor kopplade till frigörelse- och transportmekanismer i geologiska slutförvar.

Bakgrunden till den utredning gällande kol-14 i avfall som omhändertas av Studsvik Nuclear AB står att finna i Staten strålskyddsinstututs beslut per den 19 mars 2008 (SSI dnr 2006/6-257). Enligt denna granskning fanns det oklarheter i den hantering som redovisats för myndigheten och därigenom osäkerheter i det redovisade inventariet. SSM ser därför positivt på det arbete som har genomförts och avser att återkomma efter genomförd granskning av underlaget.

SSM kan konstatera att redovisningen gällande vilket arbete som bedrivs kring andra betydelsefulla radionuklider än kol-14 är vag och därför svårgranskad. SSM kan konstatera att den aviserade genomgången och uppdateringen av de metoder som tillämpas för att bestämma avfallets innehåll av radioaktiva ämnen genom reaktorvatten- och bassängvattenanalyser inte förefaller ha genomförts. De planerade insatser som anges gällande klor-36 och jod-129 kan ge viktig information, men ytterligare arbete kan vara motiverat. SSM bedömer därför att det är angeläget att insatserna fortskrider och kompetensuppbyggnaden utvecklas även för andra långlivade radioaktiva ämnen än kol-14.

Vidare presenteras inte heller några resultat från planerade utredningarna av betydelsen av avklingningen av den s.k. ”nyckelnukliden” kobolt-60 i samband med mellanlagring av avfall. Kobolt-60 är en viktig nuklid då den genom indirekta metoder används för att uppskatta avfallets innehåll av långlivade radionuklider. SSM har tidigare påpekat att det

föreligger metodfel i de metoder som tillämpas för att bestämma inventariet av hur transuraner fördelas mellan de olika förvarsdelarna i SFR. SSM bedömer, liksom tidigare, att det är angeläget att SKB och avfallsproducenterna fortsätter att utveckla de metoder som tillämpas i detta avseende i syfte att säkerställa att det dokumenterade inventariet av radioaktiva ämnen överensstämmer med det faktiska.

### **Radionuklidinventarium – SFL**

Vad det gäller arbetet med att karaktärisera det avfall från kärnkraftverken som planeras att deponeras i SFL är planerna återigen vaga och består huvudsakligen av en beskrivning av den metodik som kommer att tillämpas.

SSM bedömer att den metodik som avses tillämpas i grunden förefaller vara ändamålsenlig, men ställer sig frågande till att inte mer resultat och mer utvecklade resonemang har kunnat presenteras från det genomförda arbetet. Enligt SSM:s bedömning hade det varit klargörande att få presenterat vilken inriktning utvecklingsarbetet har, t.ex. för vilka radionuklider som SKB och avfallsproducenterna riktar särskild uppmärksamhet mot. Ett flertal av de radionuklider som enligt tidigare genomförda analyser bidrar till den beräknade dosen/risken är rent mättekniskt relativt svårbestämda och det hade mot denna bakgrund varit berättigat med en beskrivning av programmets inriktning.

Det historiska avfallet som faller inom SVAFO:s ansvar är i grunden bristfälligt karaktäriserat och det har under senare år även visat sig att det dessutom kan finnas direkta felaktigheter i upprättade register m.m. Det avfall som faller inom SVAFO:s ansvar omfattas inte specifikt av redovisningskravet enligt 12 § kärntekniklagen. Eftersom det samtidigt finns ett avtal mellan SKB och SVAFO som möjliggör deponering av historiskt avfall i SKB:s anläggningar anser SSM att redovisningen kunde ha innehållit en mer omfattande beskrivning av det arbete som planeras att genomföras, inte bara av SVAFO, utan även av det arbete som SKB behöver genomföra. I detta arbete ingår bland annat framtagande av acceptanskriterier för avfallets innehåll av radioaktiva ämnen, krav på karaktärisering och en strategi för att hantera såväl eventuella avvikelser och osäkerheter i uppfyllelse av framtagna kriterier.

### **Materialsammansättning**

Liksom uppföljning av radionuklidinventariet, har SKB:s och avfallsproducenternas uppföljning av avfallets materialsammansättning historiskt varit bristfällig. Frågeställningarna gäller såväl avfallets innehåll av metaller, och deras geometri, som innehåll av olika typer av kemikalier som kan påverka förvarets funktion.

SSM bedömer att de initiativ som tas för att successivt minska mängden organiska komplexbildare är lovvärda. En viktig del i detta arbete behöver genomföras hos avfallsproducenterna där användandet av potentiella starka komplexbildare så långt som möjligt

behöver undvikas och helst ersättas med svagare ämnen. SSM hade önskat en mer utförlig redovisning av det arbete som för närvarande genomförs.

#### **Vattensammansättningen**

I granskningen av SKB:s senaste säkerhetsanalyser för SFR har SSM angett att SKB:s argumentation för att det även på lång sikt kan förväntas råda reducerande förhållanden på försvarsdjup behöver underbyggas bättre. Av redovisningen framgår att studier har genomförts i området, men den utredning som SKB refererar till (Duro et al. 2012a) är ännu inte tillgänglig. Av redovisningen framgår att SKB även fortsättningsvis kommer att utveckla närzonsmodelleringen i området, vilket SSM bedömer är nödvändigt.

### **6.4.2. Processer**

#### **SKB:s redovisning**

SKB listar i sin redovisning de processer som påverkar förhållandena i avfallet och dess behållare. Processerna grupperas i sex olika klasser där strålningsrelaterade processer, termiska processer, hydrauliska processer, mekaniska processer, kemiska processer och radionuklidtransport utgör huvudprocesserna.

SSM väljer att av dessa lyfta fram:

#### **Strålningsinducerad nedbrytning av organiskt material**

SKB redovisar att sulfat och oxalat kan bildas vid radiolytisk nedbrytning av jonbyttarmassor. SKB redovisar vidare att sulfat antas bilda ettringit vid reaktion med cement och betong medan oxalat påverkar sorptionen av metaller vid neutrala till sura förhållanden.

Sedan Fud-program 2010 har den vetenskapliga litteraturen gått igenom av experter och resultat från denna genomgång presenteras i processrapporterna inom SR-PSU.

#### **Fasändring/frysning**

SKB har sedan Fud-2010 genomfört ett par studier rörande fasförändring/frysning av de tekniska betongbarriärerna. SKB har inte gjort någon motsvarande forskning kring påverkan på avfallet, men utgår från att resultaten rörande barriärsdegraderingen är relevanta inom området.

#### **Vattenupptag/svällning**

SKB redovisar att när avfallet, framförallt jonbyttarmassor, tar upp vatten ökar det i volym vilket medför att hela avfallsmatrisen sväller.

SKB redovisar vidare att en litteraturgenomgång har utförts inom ramen för SR-PSU. Genomgången har resulterat i en sammanställning av data vilken beskriver förhållandet mellan svälltryck och tillgänglig expansionsvolym för bitumenstabiliserat avfall i SFR.

### **Mikrobiella processer**

SKB redovisar att det organiska materialet (framförallt cellulosa) i avfallet i bergsalen för lågaktivt avfall (BLA) utgör en möjlig energi- och näringskälla för mikroorganismer. Den nyvunna kunskapen som SKB har erhållit sedan Fud-program 2010 återfinns i den processrapport som tagits fram inom SR-PSU. SKB har inlett ett samarbete med TVO (Teollisuuden Voima Oyj) i Finland och avser att genomföra experiment där mikrober från ett SFR-likande förvar används i laboratoriemässiga experiment. Några närmare detaljer återges inte för detta experiment.

### **Sorption**

SKB redovisar att inom SR-PSU arbetas en datarapport fram vilken hanterar  $K_d$ -värdernas osäkerhet på ett formellt sätt.

SKB redovisar vidare att studier har startat kring sorption kring radionuklider på cement och även studier som ska utvärdera sorptionsegenskaperna hos åldrad cement.

SKB redovisar att gällande studier där nedbrytningsprodukter från filterhjälpmedlet UP2 studeras utifrån dess inverkan av sorptionen av cesium, kobolt och europium är avslutade (Holgersson *et al*, Duro *et al*). Enligt studierna har filterhjälpmedlet ingen signifikant påverkan på sorptionen i den laboratoriemässiga miljö där de har genomförts.

SKB beskriver även framtagandet av en modell för att bedöma påverkan av organiska komplexbildare på sorptionen av radionuklider i cementbaserade material. Modellen tar hänsyn till speciering och löslighet i närvaro av organiska ämnen (ligander).

### **Kemisk degradering av organiska ämnen**

SKB redovisar det arbete som skett vid Chalmers tekniska högskola för att studera nedbrytningen av cellulosa. SKB redovisar även att ett arbete har bedrivits för att kvantifiera mängden cellulosa som kommer att finnas i avfallet vid förslutning.

SKB beskriver att i Äspölaboratoriet har betongcylindrar med bland annat jonbytarmassa placerats. Dessa studier ska studera nedbrytningen av avfallet och hur nedbrytningsprodukterna transporteras i betongmaterialet.

### **Remissinstansers synpunkter**

Stockholms universitet noterar SKB beskriver i mycket kortfattat form mikrobiella processer, mest relaterat till organiska ämnen i lågradioaktivt avfall (cellulosa). Universitetet vill framhålla att mikrobiologi är ett snabbt växande ämne med mycket nyvunnen kunskap som SKB borde ta mer del av. Idag vet man t.ex. att ”grävningen” av tunnlar i djupt berg kan leda till en blomning av mikroorganismer som i sin tur kan angripa radioaktivt avfall, behållare, barriärer, betong och berggrund. Universitetet anser att Fud-programmet innehåller alldeles för lite forskning kring hur mikrobiella processer kan förändra,

angripa och interagera med avfallet och skyddet runt avfallet både i kortare och längre tidsperspektiv.

## **SSM:s bedömning**

### **Mikrobiella processer**

Enligt SSM:s bedömning förefaller SKB:s forskning vara ändamålsenlig exempelvis för försvardelen BMA, där såväl cellulosa finns som högt pH råder. SSM ser också positivt till det samarbete med TVO och det försök som planeras, men det saknas detaljer som gör det svårt att bedöma hur väl förhållandena också representerar olika förvarsdelar i SFR. SSM ställer sig dock delvis frågande till huruvida SKB:s redovisning är fullständig, dels då den förefaller begränsad till att organiskt material, som kan utgöra en energi- och näringskälla för mikrober, inte bara förekommer i försvardelen BLA, dels då resonemangen utgår från att miljön där organiskt material förekommer initialt är alkalisk med pH 12,5. SSM bedömer, liksom Stockholms universitet, att det fortsatta arbetet behöver ha en sådan bredd att det täcker de förhållanden som råder i samtliga förvarsdelar i SFR

### **Sorption och nedbrytning av organiskt material**

SSM konstaterar att de studier som SKB redovisade som pågående i Fud-program 2010 gällande studier där nedbrytningsprodukter från filterhjälpmedelet UP2 studeras utifrån dess inverkan av sorptionen av cesium, kobolt och europium nu är avslutade (Holgerson *et al*, Duro *et al*). SSM bedömer att försöken är väl genomförda och dokumenterade. SSM saknar dock en redovisning som visar att resultaten från försöken är direkt applicerbara i den mer komplexa miljö som råder i SFR. SSM saknar även den i Fud-program 2010 efterfrågade analysen kring betydelsen av tidigare använda filterhjälpmedel. SSM bedömer att SKB behöver intensifiera insatserna inom detta område.

Vad det gäller den framtagana modellen för att bedöma påverkan av organiska komplexbildare på cementbaserade material saknar SSM en redovisning av resultaten från modelleringen. Det framgår inte heller om den modell som har tagits fram även inkluderar betydelsen av korrosionsprodukter för sorptionen. Enligt SSM:s bedömning bör dessa processer hanteras i en integrerad modell. SSM bedömer att SKB kan behöva genomföra modelleringar i syfte att få klarlagt i vilken utsträckning som sorption på korrosionsprodukter kan ha betydelse för uttransport av radioaktiva ämnen från förvaret.

SSM ser positivt på de försök som planeras med betongcylindrar i Äspölaboratoriet, men anser att försöken så långt som möjligt bör utformas för att erhålla resultat som kan användas för en kvantitativ ansats i kommande säkerhetsanalyser. SSM anser även att försöken bör kunna ge underlag för en verifiering av korrosionshastigheter av kolstål och rostfritt stål för att kunna användas vid säkerhetsanalysen för SFR.

### **Avfallets påverkan på betongbarriärer – betongdegradering (#kan behöver delas upp och delvis läggas till kap 22 – betongbarriärer)**

SSM anser att SKB behöver ett forskningsprogram för barriärfunktionen för cementmaterial i sammanhanget SFR och SFL. Med tanke på avsaknaden av ett specificerat förvarskoncept för SFL är det rimligt att för den närmaste tiden prioritera SFR istället för SFL specifika frågor. Många frågor kan dock förväntas vara gemensamma för de båda förvararna. SKB bör efter avslutad konceptutveckling och säkerhetsvärdering för SFL identifiera prioriterade forskningsfrågor för utvärdering av den långsiktiga säkerheten. Det finns skäl att tro att dessa delvis kommer beröra cement i perspektivet primär teknisk barriär i slutförvarssystem för låg- och medelaktivt avfall.

En gradvis vidareutveckling av karaktärisering av cement, fasomvandlingar i cement samt förbättrade koder för geokemisk modellering bör innebära förbättrademöjligheter att förutsäga cementdegradering i långa tidsskalor (NEA, 2012). Cementdegradering kan dels behöva utredas närmare för driftfasen (omättad miljö, tillgång till luftsyre), dels för den långa tidsperioden efter förvararens förslutning (mättade förhållanden, anoxisk kemisk miljö). SSM anser att SKB kan behöva vidareutveckla sin kompetens inom området liksom öka kapaciteten för att genomföra simuleringar av cementmaterialens långsiktiga utveckling. Modelleringen bör både ta fasta på förändringar av den kemiska miljön, och om möjligt på förändringar av cementens hållfasthet och långsiktiga fysikaliska egenskaper. Grundvattenflödet i det omgivande berget förväntas påverka säkerhetsbetydelsen för en fysikalisk degradering av cementkonstruktioner. Eftersom egenskaperna för cement är känsliga för variationer i sammansättning och struktur kan ytterligare insatser krävas för att karaktärisera cementmatrisens förväntade egenskaper för det initiala tillståndet efter förslutning. Modellering av den kemiska utvecklingen bör om så krävs även kunna innefatta interaktioner mellan avfallsmaterial och cement, samt interaktioner mellan cement och bentonitlera.

SSM anser även att SKB bör ha ett program för hur cementmiljö påverkar korrosion av metaller och radionuklidtransport. Nya resultat pekar på att korrosionshastigheten av järn och stål i cementmiljö avtar som funktion av tiden och kommer bli lägre än vad som tidigare har varit känt (Wickham, 2008). SKB kan behöva verifiera denna typ av försök, men behovet styrs av tillämpningen av nya resultat i SKB:s egna säkerhetsanalyser. Beträffande radionuklidtransport bör experimentella studier genomföras av radionuklidmigration via effektiv diffusion och advektion i cementmatriser. Experimentell metodik för sådana tester har förbättrats och resultaten förväntas öka tilltron till utvärdering av långsiktig säkerhet, i jämförelse med att enbart förlita sig på bestämning av Kd-värden med batchförsök (Evans, 2008; Hinchcliff m.fl., 2013). SKB:s har genomfört insatser för att minimera mängderna av cellulosa och annat organiskt material som kan generera komplexbildare, men det råder fortfarande viss osäkerhet kring betydelsen av organiska komplexbildare i perspektivet radionuklidtransport. SSM efterlyser verifierande tester för etablera representativa koncentrationer främst via bestämning av nedbrytningshastigheten av cel-

lulosa i representativ slutförvarsmiljö. Effekter på radionuklidtransport bör för några få radionuklider om möjligt verifieras experimentellt med utgångspunkt från rimliga koncentrationsintervall.

Med tanke på det begränsade förvarsdjupet för SFR bör frågor kopplade till frysning av cement/betong betraktas som betydelsefulla för långsiktig säkerhet. SSM anser att hittills redovisade resultat är tvetydiga, vilket bör föranleda ytterligare insatser. Cementkonstruktionernas långsiktiga barriärfunktioner påverkas i hög utsträckning av om cement sönderdelas på ett omfattande eller begränsat sätt. Vid omfattande sönderdelning begränsas barriärens säkerhetsfunktion till att upprätthålla gynnsamma kemiska betingelser för sorption av radionuklider.

Risken för oxiderande förhållanden i SFR behöver undersökas ytterligare. SKB har tidigare förutsatt att korroderande metaller upprätthåller reducerande betingelser. För att kunna verifiera detta krävs kännedom om korrosionshastighet av armeringsjärn och andra metalldelar under relevanta kemiska betingelser. För att kunna tillämpa dessa för beräkning av hur den kemiska miljön utvecklas som funktion av tiden krävs dessutom area för korroderande ytor liksom godstjocklekar för metalldelar. SSM anser att om en oxiderande miljö inte kan uteslutas behövs ytterligare insatser till för att undersöka effekterna på långsiktig säkerhet så som en större rörlighet av vissa redox-känsliga nuklider t.ex. teknetium. Det är positivt att SKB har genomfört en litteraturstudie kring korrosionshastighet för olika metaller (även om referens saknas i FUD-2013). SSM ser också positivt på planerade experiment i representativ slutförvarsmiljö. Experiment bör utformas så att de förutom kvalitativ om nedbrytningsprodukterna ger möjlighet att verifiera de korrosionshastigheter som används inom säkerhetsanalysen. Kännedom om hastighetsbestämmande steg för korrosionsprocesser krävs för att kunna extrapolera uppmätta korrosionshastigheter till långa tidsskalor.

## 6.5. Långlivat låg- och medelaktivt avfall

### SKB:s redovisning

SKB redogör i kapitel 21 i FUD 2013 för forskning kopplat till långlivat låg- och medelaktivt avfall dels avseende initialtillståndet i avfallen, dels avseende processer som kan förekomma i eller i anslutning till avfallet efter slutlig förslutning av SFL. Processerna delas in i olika kategorier beroende på om de avser strålningsrelaterade-, termiska-, hydrauliska-, mekaniska-, kemiska- eller transportprocesser.

### SSM:s bedömning

Myndigheten anser att SKB har tagit fram en väl strukturerad ansats för forskningen kopplat till långlivat låg- och medelaktivt avfall. Det är dock uppenbart från redovisningen att SKB:s forskning i mycket liten utsträckning är specifik för SFL. Mycket få resultat

eller konkreta planer finns redovisade inom detta avsnitt. Avsaknaden av konkreta forskningsresultat eller forskningsplaner inom området motiveras antingen genom att behov inte anses föreligga, eller genom att forskning samordnas med området kortlivat långlivat låg- och medelaktivt avfall och/eller betongbarriärer.

SKB:s program för uppförande av SFL befinner sig i ett tidigt konceptstadium med föreslagna försvarslösningar som liknar SFR (SKB TR-13-14). SSM anser därför att SKB:s samordning av forskningsfrågorna är rimlig i detta skede av processen. Ett lämpligt tillfälle att identifiera specifika forskningsbehov för SFL är efter den avslutade säkerhetsvärdering som beskrivs i FUD-2013.

## 6.6. Betongbarriärer

SKB tillskriver betongbarriärerna två säkerhetsfunktioner för att begränsa och fördröja utsläppet av radionuklider: a) begränsa advektiv transport och b) förse god sorption. Dessa säkerhetsfunktioner redovisas t.ex. i säkerhetsredovisningen SAR-08 för SFR-1. Säkerhetsfunktionernas verkan utgörs av utvalda parametrar som antingen karakteriserar barriären eller dess omgivande miljö.

Barriärernas egenskaper bestäms delvis av materialvalet och dess utförande men kan även förändras under anläggningens drift. Förändringen fortsätter efter anläggningens förslutning p.g.a. kemiska och fysikaliska processer som avfallet, berget, grundvattnet, klimatet och själva barriären påverkar under tiden. Därför är SKB:s redovisning uppdelat i två kapitel, Initialtillstånd och Processer.

### 6.6.1. Initialtillstånd

#### SKB:s redovisning

I säkerhetsredovisningarna antar SKB (t.ex. SR-PSU) vissa egenskaper för betongbarriären vid förslutning. Dessa egenskaper beror på materialval, utförande av konstruktionen samt dess underhåll under driften för anläggningen. SKB identifierar därför en lista med variabler som beskriver initialtillståndet (geometri, temperatur, hydrovariabler, mekaniska spänningar, materialsammansättning, vattensammansättning, gasvariabler).

#### SSM:s bedömning

Med hänsyn till de erfarenheterna SKB har samlat vid befintligt SFR samt andra anläggningar anser SSM att SKB bör utveckla sina program för:

1. Kvalitets- och acceptanskontroller av nyutförda betongkonstruktioner i slutförvaret. Upptäcka sprickbildningar i betongbarriärerna på grund av avsvälning och krypning som sker flera år efter utförda mottagningskontroller av utförandeentreprenaderna förändrar förutsättningarna för säkerhetsfunktionerna i säkerhetsredovisningar;



2. Statusbestämning vid initialtillstånd, provtagning, korttids- och långtidstester i laboratorium och/eller på plats för att ta fram en representativ databas av variabler som speglar tillståndet i hela slutförvarsanläggningen. Upptäckta bevis på korrosion, degradering eller omvandling i betongkonstruktioner och dess armeringar bör kartläggas så att representativt statistiskt underlag att tillgå för säkerhetsredovisningarna erhålls;
3. Utveckling av recept för sprickfri betong till oarmerade konstruktioner för SKB:s tekniska lösningar i utbyggnad av SFR samt för studierna om SFL. Med tanke på att utvecklingen av sprickfri oarmerad betong kan ta många år samtidigt som dess användning ingår i förutsättningarna för planerade anläggningar anser SSM att SKB:s program i detta avseende behöver utvecklas;
4. Uppmätning med ändamålsenlig precision och upplösning av bergutrymmenas och betongbarriärernas geometri saknas i programmet. Dessa mätningar behövs som att:
  - i) dokumentera anläggningen inför förslutningen med hänsyn till skador, sprickor och tillbyggnader samt reparationer, ii) bestämma återfyllandsmängder samt iii) verifiera konstruktionernas aktuella geometri, placering och tomrum.

SSM anser att SKB bör inkludera betongens och armeringens materialegenskaper (t.ex. hållfasthet) samt betongens vatten- och gastäthet vid förslutning i sin lista av variabler för beskrivning av initialtillstånd.

Trots att SKB identifierar betongens hydrauliska konduktivitet som nyckelparameter i advektionsprocesserna redovisas inget enhetligt program för utveckling av provtagning, karakterisering, superposition av effekten från olika orsaker, för just denna nyckelparameter. Kopplingen mellan betongens hydrauliska konduktivitet och dess vatten- och gastäthet är inte eller fullständig i SKB:s redovisning.

## 6.6.2. Processer

### SKB:s redovisning

Redovisningen täcker områden för utveckling av betongbarriärerna med avseende på termisk, hydraulisk och mekanisk utveckling samt radionuklidtransport. Hänvisning görs till andra delar i Fud-program 2013 som handlar om utveckling av kortlivad och/eller långlivad låg- och medelaktivt avfall samt dess konditionering och behållare. Särskild vikt anses ha processen för i) sprickbildning, ii) upplösning, utfällning samt omkristallisation i betongen, iii) metakorrosion och dess konsekvenser.

### Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun ställer frågan vilka konsekvenserna är av den höjda kloridhalten i betongbarriärerna i bergsalen för kortlivat medelaktivt radioaktivt avfall, BMA, i SFR och vilka åtgärder SKB kan komma att behöva vidta.

## SSM:s bedömning

Myndigheten tycker att kapitlet är svårläst p.g.a. upprepade hänvisningar till kapitel 20, 21 och till olika delar i kapitel 22. Redovisningen anger inte heller vilka scenarier olika processer är kopplade till och vilka processer som samexisterar inom samma scenario. Detaljeringsgraden samt tydligheten i redovisning av resultaten för genomförda projekt varierar avsevärt inom kapitlet. SKB bör inte referera till opublicerade resultat utan att utförlig redovisa dem i texten (t.ex. Thorsell, 2011, och Luping och Bager, 2013).

Kopplad till tydligheten är även avsaknaden av en bedömning i absoluta och relativa storleksordningar för förändringar av säkerhetsindikatorer p.g.a. olika processer som påverkar den, t.ex. i sprickbildning med avseende på hydraulisk konduktivitet, minskning av hållfasthet, ii) invändig tryckbildning från avfall, bentonit, gaser och is, iii) påverkan av betongens hållfasthet p.g.a. kontakten med bentoniten och iv) risk för väteförsprödning av armering p.g.a. anaeroba korrosionsprocesser. För de projekt som genomförts i samarbete med Nagra är det för SSM svårt att bedöma vilka slutsatser SKB skulle vilja tillämpa på betongbarriärer i sina befintliga och planerade anläggningar.

Angående effekten av frysning på betongens integritet och hållfasthet råder det oenighet mellan resultaten från Emborg (2007) och Thorsell (2011) å ena sidan och Luping och Bager (2013) och Pålbrink och Rydman (2013) å andra sidan (observera att flera av dessa referenser har SKB inte publicerade ännu). Sannolikt påverkar tvångsspänningarna möjligheten för isbildningen att åstadkomma skador på betong. Å andra sidan, om dessa tvångsspänningar är ojämna mot betongkonstruktionen skulle tillskottlaster kunna uppstå. Därför bör studier av isbildning i slutförvaret ta hänsyn till den faktiska geometrin för betongbarriären och dess omgivning, temperaturgradienter, vattentillgång samt förekomsten av gaser i slutförvaret.

SKB redovisar varken detaljer eller studier om funktionen för de sandfyllda gasledningsrören i locket för Silon i SFR. Ett utlåtande om motivering, omfattning och eventuell forskningsprogram för denna tekniska komponent hittas inte i SKB:s redovisning. En liknande frågeställning även finns angående gastransporten genom betongbarriärerna i SFL (se Fud-programmet 2013, avsnitt 8.2.1, s. 121). Dessa studier är nödvändiga för att bedöma de tekniska lösningarnas genomförbarhet och i sin tur SFR- och SFL-förvarens långsiktiga strålsäkerhet.

Från redovisningen går det inte att bedöma SKB:s ståndpunkt i fråga om samma typ av bergstabilitetsproblematik som redovisas i avsnitt 22.2.10 även gäller för utbyggnad av SFR och SFL som avser olika djup och bergvolym, t.ex. avseende

1. Mekanisk och hydraulisk belastning på betongbarriärerna p.g.a. en glacial cykel som kan förekomma under de första 100 000 åren efter förslutningen,
2. Mekanisk belastning på betongbarriärerna p.g.a. möjliga jordskalv som kan förekomma under de första 100 000 åren efter förslutningen.

## 6.7. Bränsle

SKB redovisar processerna i bränsle i kapitel 23 i Fud-program 2013.

### 6.7.1 Bränslets initialtillstånd

#### SKB:s redovisning

SKB redogör bränslets initialtillstånd i avsnitt 23.1. Redovisningen fokuserade främst på gapinventarium.

Sedan Fud-program 2010 har SKB utfört studien av frigörelse av segregerade radionuklider från bränsleelement genom lakning av PWR-bränslekutsar (Zwick m. fl., 2011). Fissionsgasfrigörelse (Fission gas release, FGR) har kompletterats med analyser av andra nuklider såsom cesium-137, jod-129 och selen-79 för att bestämma gapinventariet.

De data som erhållits i ett samarbete mellan Paul Scherrer Institut (PSI), Nagra och Studsvik Nuclear AB visade att porerna i utkanten av bränslekutsen inte bidrar till IFR. I dessa försök har bränsle av typ BWR, PWR och MOX med utbränning från 50-75 MWd/kg U har använts (Johnson m. fl., 2012). Det är också första gången att tillförlitlig data av det maximala värdet för IFR selen-79 bestämts.

SKB planerar att utvärderar FGR och IFR för bränslet med olika egenskapsmodifiering, såsom Adopt-bränsle (Advanced Doped Pellet Technology) från Westinghouse och kromdopat bränsle från Areva.

#### Remissinstansers synpunkter

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) ställer frågan beträffande gapinventarium hur kylkapaciteten och säkerheten i Clab påverkas av ökat effektuttag och ökad utbränning. Beträffande processer undrar organisationen över hur mycket termiska processer kommer att öka antalet bränsleskador.

#### SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB antingen har gjort egna utredningar eller har bevakat utvecklingen internationellt för frågan om gapinventarium i använt kärnbränsle med hög utbränning. SSM anser att SKB:s program är ändamålsenligt. Det är särskilt berömvärdt att inverkan av porstrukturen i utkanten av kutsen på IFR studerats.

SSM anser dock att, förutom gapinventariet såsom FGR och IFR, bör SKB vidare utreda fördelning av isotoper av tunga aktinider (som americium, curium, berkelium och californium) i porstrukturen i utkanten av bränslekutsen, med särskild hänsyn till de relativt långlivade alfastrålarna.

## 6.7.2 Inducerad fission - kriticitet

### SKB:s redovisning

De kriticitetsanalyser som genomfördes inför SR-Site visar att den effektiva multiplikationsfaktorn är under 0,95 inne i en vattenfylld kapsel för alla typer av använt bränsle om man använder utbränningskreditering. Vid vatteninträning kan insatsen deformeras samt aktinider transporteras och deponeras utanför kapseln. Risken 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.

I granskningen av Fud-program 2010 bedömde SSM att SKB behöver redovisa valideringen av ORIGIN-S samt uppskatta osäkerheten vid bestämningarna. SSM ansåg också att metoden för att tillgodoräkna utbränningskreditering behöver redovisas.

SKB, Posiva och Nagra har under perioden träffats två gånger inom ramen för en serie workshoppar angående analys av kriticitet i ett kärnbränsleförvar och rollen detta spelar i ett långsiktigt perspektiv. Den första workshopen hölls i Stockholm i december 2010 och den andra i Helsingfors i december 2011. Syftet med dessa möten var att informera och samordna insatser kring kriticitet i ett långsiktigt perspektiv, summera kunskapsläget samt identifiera osäkerheter och framtida utredningsbehov.

SKB:s program för kriticitetsanalyser, inklusive de som berör långsiktig säkerhet, kommer att drivas genom ett projekt kallat Kriticitetsanalys för SKB.

### SSM:s bedömning

SSM anser att metoden för att tillgodoräkna utbränningskreditering behöver redovisas. SSM bedömer att det är bra att SKB bedriver projektet Kriticitetsanalys för SKB.

## 6.7.3 Vattenradiolys

### SKB:s redovisning

SKB redovisar i Fud-program 2013 för strålskydd och dosuppskattningar i avsnitt 11.5, och för resteffekt i avsnitt 11.6.

SKB har jämfört och kommenterat på de experimentella och modellerings resultat om alfavattenradiolys i två publikationer (Pastina och LaVerne, 2001; Trummer och Jonsson, 2010).

SKB planerar att samarbeta med Institute for Transuranium Elements (ITU), Tyskland, för att genomföra mekanistiska studier av aktinidoxidtytor i kontakt med vatten och utsatta för olika typer av strålning.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har genomfört och även planerar att fortsätta göra mekanistiska studier av vattenradiolys. SSM anser att det är viktigt att komplettera experimentella studier med mekanistiska förståelser eftersom det är svårt att göra experiment som alltid kan vara representativa för omständigheterna av långsiktig säkerhet.

Ytligare bedömningar av studierna kommer att uttryckas inom ramen för SSM:s tillståndsprövningsprojekt.

## **6.7.4 Metallkorrosion**

### **SKB:s redovisning**

I Fud-program 2013, avsnitt 23.2.5, redovisar SKB om korrosion av metalliska material som förekommer i olika bränsle och styrstav design som används i Svenska reaktorer och ska slutförvara tillsammans.

SKB anser att lösligheten av zirkoniumdioxid i vatten är mycket låg. I SR site antas inte zirkonium-kapslingen ha någon skyddande funktion. SKB redovisar att det finns tillgängliga data som indikerar att det tar minst 100 000 år för kapslingsrören att korrodera helt.

SKB redovisar att frigörelsen av radionuklider som förekommer i Crud (Chalk River Unidentified Deposit; en oönskad avlagring på bränsledelarna som bildas i reaktorn) antas ske omedelbart då vatten kommer in i kapseln, samma som för silverlegeringen i de inkapslade styrstavarna.

SKB redovisar att lakning av styrstavar för PWR-bränsle ska undersökas under olika förhållanden med hänsyn till silverutsläpp.

### **SSM:s bedömning**

SSM inser att det är positivt att SKB tittar närmare på korrosionsprocesser av olika metaller och analyserar olika radionuklider som kan ha betydelse för scenarier som involverar tidiga haverier av tekniska barriärer, speciellt med hänsyn till silver108m.

SSM anser att Crud och radionukliderna som kan frigöras från Crud kan ha stor betydelse för aktivitetsutsläpp under processerna av bränslehantering och torkning innan inkapslingen som hanteras i Clink projektet. SSM anser vidare att processerna som tillkommer på grund av Crud måste fördjupas.

## 6.7.5 Bränsleupplösning

### SKB:s redovisning

I Fud-program 2013 redovisar SKB bränsleupplösning i avsnitt 23.2.6. SKB har sammanfattat antingen sina egna studier eller studier gjorda av andra forskare kring frågan om bränsleupplösning:

- inverkan av äkta (nollvärt) järn på reducering av upplöst uran i lösningen,
- den katalytiska effekten av epsilonpartiklar av 4-d metaller på väte aktivering på bränsleytan, samt det experimentella arbetet att karakterisera epsilonfasen,
- utfällning av uran vid experiment av bränslelakning i autoklavförsöket under vätegas,
- jämvikt av paret  $\text{CrO}_4^{2-}/\text{Cr}^{3+}$  som är överskjutet till det reducerande läget på bränsleytan under gammastrålningsfält,
- möjlig dissociering av väteperoxid katalytiskt på oxidtytor och i bulklösning, med syre och vatten som slutprodukter. Även dopade ämnen i gittret av urandioxid (exempelvis Yt) kan möjligen medföra väteperoxid sönderfall, på grund av att de ökar det dopade materialets motstånd till oxidation,
- sulfids reduktion av väteperoxid och uran(VI) under förhållandet av gammarradionlys. Även ädelmetallers (såsom Pd) inverkan av processen har utretts,
- vidare utveckling av modeller pågår,
- SKB deltar i olika EU-projekt för utvärdering av bränsleupplösning, såväl i Mincado (model uncertainty for the mechanism of dissolution of spent fuel in nuclear waste repository) som i Redupp projekten. I Redupp-projektet har faktorer av kristallplanens stabilitet samt grundvattnets betingelser utretts.

SKB planerar insatser för att ta fram data angående bränsleupplösning under slutförvarliknande förhållanden samt insatser för att belysa mekanismen för de olika processerna som bidrar till upplösningen.

### SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har påbörjat och kommer att fortsätta arbeta med att utreda mekanismen av bränsleupplösningen. SSM ser positivt på att SKB har undersökt och kommer vidare att undersöka upplösningen av nya typer av bränsle med olika dopningar med hög utbränning. Det är också berömvärdt att SKB har studerat många parametrar som påverkar bränsleupplösning.

SSM anser dock att förbättringspotential finns i SKB:s program. SKB bör mer systematiskt analysera experimentella eller modelleringsresultat, med tydligare gruppering och kategorisering av de faktorer som är avgörande för resultaten. Ett exempel kan vara att kartlägga strålningsfältets LET (Linear energy transfer) och tydligare belysa påverkan av LET på resultaten. Det är också viktigt att tydligt skilja mellan katalysen av oxidtytor

och/eller av ädelmetaller. Kemisk kinetik som är begränsad av masstransport behöver också beaktas i analysen.

SSM anser att en fördjupad förståelse av mekanismer bakom olika katalysprocesser är nödvändig för att de experimentella resultaten kan extrapoleras till och kan vara representativa för den förvarsmiljön under mycket långtid.

### **6.7.6 Speciering av radionuklider, kolloidbildning**

#### **SKB:s redovisning**

I ett scenario med en skadad kapsel har redox-förhållandet i närområdet en mycket stor betydelse. SKB redogör i avsnitt 23.2.7 för omfattning och innehåll i det forskningsprogram som sedan några år genomförs av SKB för att studera de redoxprocesser som förväntas ske i en skadad kapsel, speciellt deras kinetik.

#### **SSM:s bedömning**

Kolloider som bildas direkt från aktinider (möjligen även från andra radionuklider) har inte nämnts i Fud-program 2013. SSM anser att det möjligen kan vara en viktig process för transport av vissa radionuklider. SKB bör ytterligare utreda bildning av så kallade egen-kolloider, d.v.s. kolloider direkt från upplösningen av bränslet, som inte filtreras när bufferten är borteroderad. Dessa kolloidpartiklar kan möjligen transporteras snabbare från Kärnbränsleförvaret och därmed påverka radionuklidtransportberäkningarna.

SSM anser att SKB behöver analysera hur lösligheten för olika radioaktiva ämnen inklusive uran påverkas av erosion av bentonitbufferten. Även om processerna hanteras i huvudsak konservativt i Sr-Site finns anledning att undersöka retardationspotentialen i slutförvarets närområde. I fall bufferterrosion inte kan uteslutas genom ytterligare kunskap eller modifikationer i materialval eller utformning behövs mera kvalificerade metoder att undersöka spridningen av radionuklider från en erosionskavititet och en korrosionsskadad kapsel. Mekanismer för bildning och transport av radionuklidkolloider (egenkolloider) under sådana förhållanden är exempel på angelägna frågor. Ifall kolloider innehållande radionuklider av betydelse i dos eller risk sammanhang förblir stabila i närområdet behövs information om dess egenskaper även i fjärrområdet.

### **6.7.7 Kemisk omvandling av bränslematrisen**

#### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar avsnitt 23.2.9 information om kemisk omvandling av bränslematrisen. SKB:s litteraturstudie visar att omvandling av uraninit till koffinit har blivit bevisad i naturen i en silikatrik miljö och det tyder på att omvandlingen sker under låg temperatur

(<130 °C). Experimentella försök har dock inte lyckats att syntetisera koffinit i laboratorier.

SKB bedömde att området i dag inte kräva något ytterligare forskning.

### **SSM:s bedömning**

SSM bedömer att SKB:s litteraturstudie är ändamålsenlig. SSM delar dock inte SKB:s slutsats utan bedömer att området kräver ytterligare forskning. SSM anser att omvandlingsprocessen inte bara tidigt kan frigöra de inbäddade radionuklider i uranoxidmatrisen, utan också kan påverka den jämviktupplösligheten av fyrvärd uran, U(IV), vilket innebära att en fördjupad förståelse av processen har stor betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet. Svårigheten att syntetisera koffinit i laboratorier utgör inte ett tillräckligt starkt bevis på att processen möjligen inte kan ske i förvarsmiljön.

I det fall buffererosion inte kan uteslutas genom ytterligare kunskap eller modifikationer i materialval eller utformning anser SSM att det behövs experimentella studier kring hur buffertkolloider kan påverka uranmatrisens stabilitet med tanke på bortförel av U(IV) i löst och sorberad form.

## **6.8. Kapsel**

I detta kapitel framförs myndighetens synpunkter på kapitel 24.

### **6.8.1. Initialtillstånd**

I avsnitt 24.1 från Fud-program 2013 SKB redovisar viktigaste aspekterna gällande initialtillståndet för kapseln.

#### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar att initialtillståndet för kapseln beskrivs av de egenskaperna som kapselarna förväntas ha när den har placerats i deponeringshålet och inte kommer att hanteras mer i Kärnbränsleförvaret. Vid analysen av den långsiktiga säkerheten används ett antal variabler (geometri, strålningsintensitet, temperatur, mekanisk spänning, materialsammansättning) som alla varierar med tiden.

#### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har tagit till sig SSM:s bedömningar givna i Fud-program 2010. SSM anser att SKB bör fortsätta med utvecklingsarbetet och utvärdera hur tillverkningstekniska aspekter påverkar materialsammansättning för samtliga kapselkomponenter och speciellt utvärdera hur förändringarna i initiala materialsammansättningen påverkar analysen av den långsiktiga säkerheten.



## 6.8.2. Kapselprocesser

I avsnitt 24.2 från Fud-program 2013 SKB tar hänsyn till processer som identifierats som relevanta för den långsiktiga säkerheten.

### Remissinstansers synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) anser att riskerna för omfattande gasfaskorrosion och gränsskiktsskorrosion är mycket mindre vid förvaring av kärnkraftsavfallet i Oskarshamn än i Forsmark. Det samma gäller för problematiken rörande uppvärmning av bentoniten.

Föreningarna menar att kopparkapslarna kommer att utsättas för en mycket komplex korrosionsmiljö under såväl den initiala torra perioden om ca 1 000 år som under den efterföljande våta perioden innefattande ett flertal olika korrosionsmekanismer, vilka ofta samverkar. Den torra perioden kännetecknas dock av mycket hög luftfuktighet – närmare 100 %. Korrosionsmekanismerna kan också leda till mekanisk försprödning av kopparkapseln.

Föreningarna anser att det finns två förutsättningar för att en relevant sannolikhetsbedömning ska kunna göras av risken för att kopparkapslarna havererar före den erforderliga minimi-livslängden och utgöra grunden för en utvärdering av säkerheten hos slutförvaret:

– att det finns experimentella resultat från aktuell korrosionsmiljö genomförda under lång tid (många år), som fastställer vilka korrosionsmekanismer som är aktuella, eventuell samverkan mellan dessa, förekommande korrosionshastigheter (allmän korrosion och punktfrätning) samt risker för kopparförsprödning – att en teoretisk termodynamisk och kinetisk analys kan genomföras utgående från information om den aktuella korrosionsmiljön (sammansättning hos gas- och vätskefas, temperatur)

De experimentella resultaten och utfallet av den teoretiska analysen ska sedan jämföras med motsvarande arbeten internationellt.

Det är föreningarnas bedömning att det är helt omöjligt att i nuvarande läge utföra en relevant sannolikhetsbedömning av risken för haveri av kopparkapslarna och därigenom säkerheten hos slutförvaret då:

– inte ett enda relevant korrosionsförsök har gjorts på plats i Forsmark och i den miljön där kopparkapslarna är tänkta att placeras i berget och omgivna av bentonit. Korrosionsförsöken har hitintills enbart gjorts vid Äspö-laboratoriet i Oskarshamn,

– sammansättningen hos gasfasen i deponeringshålen är okänd. Det föreligger vidare en risk för anrikning av geogaser som metan och svavelväte i gasfasen i deponeringshålen och i direkt kontakt med kopparkapslarna,

– kopparkapslarna har en ytemperatur av upp till 100°C initialt under de första 1000 åren. Detta kommer att leda till förångning av grundvatten, utskiljning av salter på kopparkapslarna och i bentoniten resulterande i kraftigt ökad kopparkorrosion samt troligen även en förändring av bentonitens material- och funktionsegenskaper, och

– förångning av grundvatten kommer vidare att leda till anrikning av salter i det vatten som föreligger i deponeringshålen under den våta perioden, vilket också ökar korrosions-hastigheten hos koppar.

Det finns enligt föreningarna sålunda ett flertal kritiska faktorer och förhållanden direkt relaterade till den föreslagna slutförvarsmiljön i Forsmark som måste klarläggas innan en bedömning kan göras av livslängden hos kopparkapslarna och risken för att dessa havere-rar i förtid dvs. av säkerheten hos hela slutförvaret. SKB har genomfört vissa korrosions-försök i Äspö-laboratoriet av hela kopparkapslar under förhållanden som skulle ha varit relevanta om slutförvaret hade förlagts till Oskarshamn. Det är dock viktigt att betona att korrosionsförhållandena är helt olika mellan tänkta slutförvar i Oskarshamn och Fors-mark. Exempelvis är den torra perioden (innan bentoniten blir vattenmättad) endast några år i Oskarshamn men upp till 1 000 år i Forsmark.

Föreningarna anser att SKB måste visa experimentellt under vilka korrosionsförhållanden som kopparkapslarna kommer att exponeras under den inledande torra perioden på upp till 1 000 år i Forsmark samt under den efterföljande våta perioden.

I detta sammanhang anser föreningarna det utomordentligt viktigt att SKB även experi-mentellt fastställer om det sker en anrikning av salter i deponeringshålen genom förång-ning av inträngande vatten från berget samt hur en sådan anrikning av salter påverkar korrosionen av koppar.

Uppsala universitet anser att vidare studier av korrosion av segjärnsinsatsen och koppar-kapseln är nödvändiga. SKB bedriver och planerar omfattande studier inom vissa separata typer av korrosion, men ytterligare insatser än de som beskrivs i Fud-program 2013 kommer enligt universitetets uppfattning att krävas för ökad förståelse och konsekvens för slutförvaret.

Universitetet anser att program bör inledas för att undersöka kopparkorrosion orsakad av samtidig påverkan av flera typer av korrosion, och hur detta kan leda till t.ex. punktvis korrosion med ökad hastighet. Vidare bör enligt universitetet även mer omfattande försök

ske under slutförvarsliknande förhållanden, t ex för att förbättra extrapoleringen av korrosionsangrepp under mycket långa tidsrymder.

### **6.8.2.1. Deformation av insats**

I avsnitt 24.2.2 från Fud-program 2013, SKB har beskrivit kryp i segjärn och vätetts inverkan på materialegenskaper i segjärn.

#### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar att slutsatserna från de preliminära resultaten av krypprovning av segjärnet, som presenterades i Fud-program 2010 kvarstår och finns nu också rapporterade (Martinsson et al. 2010). SKB anser att den observerade logaritmiska krypningen innebär att deformationen är avstannande och att den totala töjningen även efter mycket lång tid kan beräknas. Kryptöjningen bedöms bli mindre än 0,1 procent i insatsen i förvaret och därmed har krypning i segjärn försumbar inverkan på insatsens egenskaper.

Väteinträng i segjärn har analyserats av SKB för att bestämma hur långt in i materialet vätet tar sig vid elektrolytisk laddning med att använda samma metod som har utvecklats för att studera väteinträngning i koppar (Martinsson och Sandström 2012). SKB redovisar som preliminära resultat att i segjärn bildas en profil av vätehalten med upp till 50 gånger mer väte i ytan än i det ursprungliga materialet. För längre laddtider går vätet längre in (upp till någon millimeter för laddning i 100 timmar), medan halten närmare ytan når en mättnad (profilen blir flackare). Efter avslutad laddning sker en snabb avgasning av materialet, särskilt vid förhöjd temperatur, till exempel 100 °C.

#### **SSM:s bedömning**

I granskningen av Fud-program 2010, påpekade SSM att analysen av lämpliga lastfall kan vara viktig. SSM ser positivt på SKB:s modelleringsförslag, liknande det som gjorts för väteinträngning i kopparutvecklingsarbetet, för att bedöma eventuell väteinträngning i segjärn. SSM ser positivt på SKB:s samarbete med KTH för att få ett ytterligare verktyg för att förstå hållfastheten hos koppar respektive segjärn och för att utöka förståelsen för fosfors inverkan på koppers plastiska egenskaper och krypegenskaper samt för utskiljning av koppar i segjärn vid bestrålning. SSM anser att samverkan av bestrålning och väteupptag i materialet via korrosion, både för koppar och segjärn, kan vara viktig för att förstå lånsiktiga förändringarna av mekaniska egenskaperna som kan påverka långsiktiga säkerheten av dessa barriärer. För att utöka kunskapen om processerna för utskiljning av koppar i segjärn och i bentonit vid bestrålning, bör SKB göra mer för att utreda interaktionen mellan barriärerna och hur de påverkar varandra.

### 6.8.2.2. Deformation av kopparkapsel vid yttre övertryck

I avsnitt 24.2.3 från Fud-program 2013 SKB redovisar deformationen av kopparkapsel från yttre övertryck vid olika laster som behandlas integrerat med insatsen. SKB fokuserar på undersökningar av koppars krypegenskaper och andra materialrelaterade egenskaper.

#### SKB:s redovisning

SKB har utvecklat fundamentala modeller för i) plastisk deformation, ii) krypning i grundmaterial och svetsar, iii) initiering och tillväxt av krypkaviteter, iv) spricktillväxt och v) inträngning av väte i koppar. Konstitutiva ekvationer har nu tagits fram även för svetsförband som använts för beräkning av den plastiska deformationen i kapslar. Dessa modeller där anpassningsbara parametrar inte används, utnyttjas för att beskriva kapselns uppträdande under mycket långa tidsperioder.

SKB planerar att fokusera forskningen på följande område:

- Vidare utredning av inverkan av vätes, syres, svavels och fosfors roll för kopparmaterialets egenskaper.
- Spricktillväxt och inverkan av långsam pålastning för att verifiera de framtagna krypmodellerna med ytterligare provningar av svetsmaterial.
- SKB ska undersöka möjligheterna att använda andra, särskilt för att se hur kallbearbetning av koppar bör tas in i modellerna.

#### Remissinstansers synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) menar att det är känt sedan länge att koppar kan försprödas genom så kallad ”vätesjuka”. Denna förorsakas av att atomärt väte diffunderar in i koppar och reagerar med kopparoxider under bildning av metallisk koppar och porer innehållande vattenånga av högt tryck. Vidare kan atomärt väte i koppar i sig verka försprödande s.k. väteförsprödning, vilket är en mekanism som skiljer sig från vätesjuka. SKB har under de senaste åren visat intresse för problematiken rörande vätesjuka och väteförsprödning. En orsak till detta är förekomsten av höga halter av kopparoxider i svetsfogar tillverkade genom friktionssvetsning. Dessa kopparoxider kan medverka till uppkomst av vätesjuka.

Föreningarna påpekar att experimentellt har olika forskargrupper kunnat visa att koppar reagerar med syrefritt rent vatten under vätgasbildning. Det är sålunda sannolikt att anoxisk korrosion av kopparkapslarna i slutförvaret kan generera väte som tas upp i kapslarna. Detta väteupptag kan leda till en försämring av koppars mekaniska egenskaper samt eventuellt även väteförsprödning och vätesjuka av kapslarna.

En nyligen publicerad vetenskaplig artikel från Finland har visat att väte i fosforlegerad koppars negativt påverkar koppars materialegenskaper. Författarna till rapporten, Yagodzinskyy m.fl., skriver i sammanfattningen till artikeln att ”The copper manifests a remarkable sensitivity to hydrogen in constant load tests” (Scripta Materialia, vol. 67, pp. 931-934, 2012).

Föreningarna anser att studium av risken för väteförspredning och vätesjuka bör ske under förhållanden som efterliknar den tänkta slutförvarsmiljön. Provningsen måste då innefatta samtidig kontinuerlig elektrokemisk väteladdning av koppars och mekanisk belastning. Kopparsproverna skall under hela försökstiden vara nedsänkta i vattenlösning innehållande salter i de nivåer som kan förväntas framgent i deponeringshålen i Forsmark, dvs. även vattenlösningar med kraftigt förhöjda klorid- och vätesulfidhalter. Viktigt är vidare att den mekaniska provningen sker under lång tid, åtminstone flera år, och genom statisk mekanisk belastning. Yagoszinskyy m.fl. (Scripta Materialia, vol. 67, pp. 931-934, 2012) fann att just statisk mekanisk belastning visade på vätes negativa påverkan av koppars mekaniska egenskaper. Denna testmetod efterliknar även väl förhållandena i slutförvaret.

Förspredning av koppars genom indiffusion av svavel kan erhållas vid exponering i vattenlösningar innehåller vätesulfid enligt ett konferensbidrag 2010 av Arilahti m.fl från det finska forskningsinstitutet VTT (4th international workshop on long-term prediction of corrosion damage in nuclear waste systems, Brugges, Belgium, June 28 – July 2, 2010).

Föreningarna noterar vidare att det ofta föreligger en samverkan mellan olika korrosions- och förspredningsmekanismer och att dessa mekanismer måste studeras samtidig för att utröna vilka kumulativa effekter som kan uppstå. Detta innebär att kopparsproverna ska utsättas samtidig för mekanisk belastning och korrosion.

Föreningarna menar att det därför är viktigt att olika korrosions- och förspredningsmekanismer undersöks experimentellt genom att samtidig utsätta kopparsproverna för mekanisk belastning och korrosion. Exempel på sådana processer är då koppars utsätts för korrosion som genererar atomärt väte som diffunderar in i koppars och ger upphov till väteförspredning samt sulfidkorrosion med svavelförspredning. Försöken bör även utföras i vattenlösningar med kraftigt förhöjda klorid- och vätesulfidhalter förorsakad av den så kallade bastueffekten. Korrosionsangreppen bör även accelereras genom samtidig elektrokemisk uppladdning.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har tagit till sig SSM:s bedömningar givna i Fud-program 2010 och utfört eller håller på att utreda flera av SSM:s frågor.

SSM anser att spricktillväxt i koppar är en viktig parameter för att kunna förutsäga den långsiktiga integriteten av kopparkapseln och SSM föreslår att SKB bör fortsätta med undersökningarna av till exempel av bestrålad och väteladdad koppar samt i specifika områden som friktionssvetsar eller områden med hög ljuddämpning.

SSM ser positivt på att SKB planerar krypprovningarna med vanlig kapselkoppar under samtidig väteladdning (katodisk elektrolytladdning) och ska ta hänsyn till liknande experiment som utförts i Finland (Yagodzinsky et al. 2012).

SSM anser att det är viktigt att SKB fortsätter med modellstudier som beskrivs av SKB i avsnitt 24.2.3, fullskaliga tester med kapslar för att undersöka belastningar, både jämna och ojämna, på kapselns yttre yta och hur de inverkar på spänningar och töjningar i materialet, särskilt i svetsen.

SSM ser positivt på att SKB fortsätter med att utöka kunskaperna av fosfors inverkan på koppars plastiska egenskaper och krypegenskaper både med modellering (som SKB redan planerar göra i KTH projektet som beskrivs i Fud-program 2013 avsnitt 24.2.2) och experimentellt för temperaturerna som kommer att utvecklas i slutförvaret. Det är uppskattat också att SKBs undersökningar inkluderar TEM-analyser. En analys för att jämföra krypprovade OFP och OF kopparprover med TEM teknik kan fördjupa kunskaperna och förståelsen för mekanismerna som ligger bakom observerade skillnader varför SSM anser att SKB bör fortsätta med TEM-analyserna. SSM anser att vidare utredning av inverkan av vätes, syres, svavels och fosfors roll för kopparmaterialets egenskaper som SKB planerar att göra är viktiga.

#### **6.8.2.3. Deformation från inre korrosionsprodukter**

I avsnitt 24.2.5 från Fud-program 2013, redovisar SKB forskningen relaterad till deformationen från inre korrosionsprodukter.

SKB har installerat miniatyrkapslar med förborrade hål (en millimeter i diameter) i Äspölaboratoriet under 2006. Syftet med experimentet, som kallas Minican, var att undersöka hur vatten tar sig in i kapseln om det finns ett hål i kopparhöljet samt hur korrosionsförloppet av insatsen utvecklas.

### **SKB:s redovisning**

Sedan Fud-program 2010, SKB har avbrutit experiment 3, och kapseln har tagits upp och analyserats med avseende på bland annat korrosion av järn och koppar, förändringar i kapselns dimensioner samt förekomst av mikroorganismer (Smart et al. 2012b).

Ett av de viktigare resultaten från Minican experimentet är att sulfatreducerande bakterier (SRB) finns närvarande samt att koncentrationen av dessa (kvantifierat som mest sannolika antal och angivet i antal celler per milliliter vatten) i utrymmet innanför bentoniten har ökat sedan 2007. SKB har identifierat att sulfatreducerande bakterier förekommer i olika utsträckning på alla delytor (Hallbeck et al. 2012). SKB redovisar att driften av Minican-projektet fortsätter i och med att kapslarna sitter i borrhålen. SKB planerar att avbryta och analysera kapsel 5 (utan bentonit) under 2013, samt kapsel 4 (kompakterad bentonit) under 2014/2015. För de två kvarvarande experimenten, kapsel 1 och 2 (som har bentonit av samma kompakteringsgrad som kapsel 3), är de i dagsläget mindre intressanta att analysera och SKB har ännu inga konkreta planer.

### **Remissinstansers synpunkter**

Uppsala universitet konstaterar att Minican-experimenten för att undersöka eventuell korrosion på järninsatsen fortsätter, men det verkar oklart vilken information som kommer att kunna erhållas från kvarvarande kapslar.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på SKB:s planer att ta upp Minican-kapslarna 5 och 4 och undersöka vidare hur koppars korrosionshastighet har utvecklats.

SSM inser att SKBs resultat som visar att de sulfatreducerande bakterierna är beroende av näringsämnen som finns i bentoniten (organiskt material) eller av vätgas som bildas när järnkomponenter (monterade innanför bentonitbufferten) i experimentet korroderar visar hur kritiska bentonitbuffertens egenskaper är för koppar korrosion.

I Fud-program 2010 ansåg SSM att SKB bör redovisa i väl avgränsade experiment under noga kontrollerade förhållanden hur korrosionshastigheten för koppar påverkas av olika förhållanden i slutförvarsmiljön. SKB nämner inte detta i Fud-program 2013.

#### **6.8.2.4. Strålpåverkan**

I avsnitt 24.2.6 från Fud-program 2013, redovisar SKB gamma- och neutronstrålningspåverkan på materialegenskaperna hos koppar och segjärn.

### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar att det har varit svårt att komma i gång med experiment med elektronbestrålning av segjärnsprover i Frankrike, och ska i samarbete med Studsvik Nuclear under-

söka möjligheterna att ta fram en experimentplan. SKB ska fortsätta med modelleringsarbete av järnets egenskaper. För att undersöka om Late Blooming Phases kan uppträda i segjärnet, SKB ska använda termodynamisk modellering av fasdiagram (Calphad, Calculations of PHase Diagrams) samt ab initio-beräkningar för fortsatt analys av interaktioner mellan lösta atomer och vakanser. SKB i samarbete med KTH ska beakta med ab initio-beräkningar bland annat dislokationsdynamik.

### **Remissinstansers synpunkter**

Uppsala universitet konstaterar att i Fud-program 2010 beskrevs teoretiska studier av strålpåverkan av segjärnsinsatsen. Experimentell verifiering av dessa har varit planerad, men dessa experiment har ännu inte genomförts.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har tagit till sig SSM:s bedömningar givna i Fud-program 2010. SSM anser att undersökningar där samverkan av väte och bestrålning på materialers egenskaper bör utredas. SSM anser att det kan vara viktigt att undersöka väteupptaget i referensproverna efter bestrålning för att undersöka om bestrålningen påverkar väteupptaget, vilket kan påverka de långsiktiga förändringarna av mekaniska egenskaper och den långsiktiga säkerheten av dessa barriärer. SSM vidhåller sin bedömning från Fud-program 2010 att det är viktigt att teoretiska studier bör kompletteras med experimentella undersökningar för att utreda om försprödning av segjärnsinsatsen kan inträffa. I detta sammanhang är det även viktigt att värdera skillnader i kemisk sammansättning för insatsen som uppkommer vid gjutförloppet.

### **6.8.2.5. Korrosion kopparkapsel**

I avsnitt 24.2.8 från Fud-program 2013, redovisar SKB forskning relaterad till kopparkapselns korrosion .

### **SKB:s redovisning**

Inom kopparkorrosion har SKB satsat mest på frågan om huruvida koppar korroderar i rent syrefritt vatten i en omfattning som långt överstiger vad kända kopparföreningars termodynamik förutsäger. SKB sammanfattar resultat från olika korrosionsexperiment i rent syrefritt vatten som utförts av olika forskare med olika metoder som är mer eller mindre lika. SKB redovisar spridningen som finns i resultaten.

SKB redovisar att inverkan av gammastrålning på korrosion av koppar studeras i ett doktorandarbete på KTH, med dosrater som är cirka 1 000 gånger högre än maximal stråldos utanpå kapseln i förvaret. Arbetet ska fortsätta för att förstå hur resultaten kan extrapoleras till lägre dosrater.



SKB redovisar att sulfidens roll för korrosionen i förvaret också studeras i flera studier och beskriver olika experiment för att studera korrosionsprodukterna (morfologi och filmtillväxt till ex.) både från långsiktiga in-situ experimentet i Äspölaboratoriet samt i andra experimentella uppställningar.

### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) noterar att SKB under flera år har finansierat grundläggande forskning rörande korrosion av koppar i rent och syrgasfritt vatten och att denna forskning i huvudsak har förlagts till Ångströmlaboratoriet vid Uppsala universitet. Försöken har sedan starten följts av en referensgrupp med bland annat tre forskare med expertis rörande kopparkorrosion från Kungliga tekniska högskolan i Stockholm. Dessa forskare har nu valt att lämna referensgruppen.

Föreningarna menar att de resultat som framkommit från försök vid Ångströmlaboratoriet har varit osäkra delvis förorsakat av experimentella svårigheter och allvarliga misstag.

Forskarna vid Ångströmlaboratoriet hävdar i sin senaste presentation att det inte sker någon reaktion med vätgasbildning mellan rent vatten och koppar om kopparn har mycket hög renhet och kopparytan har elektrolytpolerats. Samtidigt har forskningsresultat från andra forskargrupper visat på vätgasbildning vid reaktion mellan syrefritt vatten och koppar. Föreningarna anser att det är viktigt att arbetet fortsätter med att fastställa bakgrunden till denna reaktion.

Föreningarna anser att det är av särskild vikt att korrosionsförsök även utförs med den kopparlegering som avses användas i Forsmark. Vid försöken bör vattnet ha en sammansättning som motsvarar den som kapslarna kommer att exponeras för i deponeringshålen. Försök bör därför även göras där vattnet har förhöjd salthalt på grund av bastueffekten.

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) bedömer det som positivt att Fud-program 2013 så noga belyser frågorna om kopparkorrosion, där SKB har vunnit ny kunskap men där mer kunskap fortfarande behöver inhämtas. Akademien anser det mycket positivt att frågan om strålningsinducerad korrosion tagits med i detta program, vilket KVA påpekade inför Fud-program 2010.

Uppsala universitet påpekar att SSM och andra har framfört ett större antal orsaker till möjlig korrosion av kopparkapseln som bör utredas vidare för att man ska kunna bilda en uppfattning om omfattningen av korrosionen och dess långsiktiga konsekvenser.

Universitetet noterar att SKB för närvarande driver ett omfattande program för att utreda koppars eventuella korrosion i syrefritt vatten, med anledning av att experiment som ut-

förts på Kungliga tekniska högskolan har påvisat vätgasutveckling som tolkats som en konsekvens av kopparkorrosion i syrefritt vatten. Sammanfattningsvis har i nuläget ingen mekanism för denna eventuella korrosion fastställts, och ingen stökiometrisk koppling av vätgasproduktion till iakttagen kopparkorrosion har kunnat fastställas via experiment som utförts vid andra laboratorier.

Universitetet noterar vidare att andra försök pågår också för att utreda ev. inverkan av ett antal olika kopparföreningar med syre och väte.

universitetet anser att SKB har tagit ett seriöst steg för att så långt som möjligt gå till botten med denna problemställning (involverande t ex experter med olika vetenskaplig bakgrund och som representerar olika organisationer), och det är sannolikt att relevanta slutsatser kommer att kunna dras då pågående experiment avslutas och rapporteras.

Universitetet konstaterar vidare att SKB också redovisar ett antal mindre program för att öka förståelsen för korrosion orsakad av gammastrålning, mekanisk bearbetning, förekomst av sulfid (både naturlig och pga. mikrobiell aktivitet), och punktvisa angrepp, samt redovisar elektrokemiska experiment för att utvärdera korrosion under slutförvarsliknande förhållanden.

Uppsala universitet anser att dessa studier är viktiga, och att ett större samlat grepp bör tas likt det för den eventuella korrosionen i syrefritt vatten. Detta gäller speciellt förståelsen av korrosion orsakad av sulfid som har identifierats som högst relevant i detta sammanhang, och som kan ske med betydande hastighet, dels genom hög reaktivitet, dels genom snabb koppardiffusion i sulfider.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har tagit till sig SSM:s bedömningar givna i Fud-program 2010 och utfört eller håller på att utreda flera av SSM:s frågor.

SKB:s redovisning avseende korrosion av kopparkapseln är central i SKB:s ansökningar om att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. Redovisningen motsvarar i allt väsentligt redovisning som SSM granskar inom ramen för pågående prövning av SKB:s ansökningar och som SSM kommer att bedöma i yttranden över ansökningarna till regeringen. SSM föregriper i detta avsnitt inte bedömningen av sådana kritiska granskningsfrågor som hanteras i granskningen av SKB:s ansökningar.

### 6.8.2.6. Spänningskorrosion kopparkapsel

I avsnitt 24.2.9 redovisar SKB spänningskorrosionsrelaterade frågor för kopparkapseln.

#### SKB:s redovisning

SKB redovisar att flera grupper på olika sätt försökt upprepa de japanska försöken av spänningskorrosion i sulfidhaltigt vatten, men inte kunnat konstatera någon spänningskorrosion. Det finns dock frågetecken kring hur de experimentella iakttagelserna ska tolkas och vad som egentligen hänt i experimenten. SKB kommer att fortsätta med forskningsprogrammet för spänningskorrosion, framför allt inriktat på grundvatten innehållande sulfid. SKB har en pågående efteranalys av den återtagna kapseln från Minican-försöket och ytterligare kunskap om huruvida spänningskorrosion förekommer i koppar i sulfidhaltigt grundvatten ska komma fram.

#### Remissinstansers synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) konstaterar att Arilahti m.fl. i flera rapporter publicerade under de allra senaste åren har redogjort för forskningsresultat som visar på stor risk för sulfid-inducerad spänningskorrosion av kopparkapslarna.

Taniguchi och Kawasaki har även konstaterat att det föreligger risk för spänningskorrosion av koppar i syntetiskt havsvatten (Influence of sulphide concentration on the corrosion behavior of pure copper in synthetic seawater, J. of Nuclear Materials, vol. 378 pp. 151-164, 2008). I andra rapporter t.ex. SKB rapport TR-12-06 ifrågasätts ovanstående resultat.

Föreningarna menar att det är utomordentligt viktigt för säkerheten hos det tänkta slutförvaret att frågeställningen rörande spänningskorrosion av koppar noggrant utreds för miljöer som är relevanta för slutförvaret till exempel i närvaro av sulfidinnehållande vatten. I detta sammanhang är det av stor vikt att klarlägga vilka andra ämnen än sulfider som skulle kunna orsaka spänningskorrosion och möjligheten att dessa anrikas i deponeringshålen under den torra perioden.

Östhammars kommun konstaterar att slutförvarsmiljön kommer att ändras över tid. Kommunen undrar också över vilken slutförvarsmiljö som kommer att analyseras och förväntar sig att SKB analyserar flera olika slutförvarsmiljöer.

#### SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB planerar att fortsätta med forskningsprogrammet för spänningskorrosion. SSM bedömer att detta område är kritiskt och kan påverka kapselns in-

tegritet långsiktigt. SKB bör vidare utveckla analysmetoderna och ta fram en välgrundad mekanism för spänningskorrosion under reducerande förhållande.

#### **6.8.2.7. Jordströmmar – läckströmskorrosion**

I avsnitt 24.2.10 redovisar SKB forskning relaterad till jordströmmar och läckströmskorrosion-.

##### **SKB:s redovisning**

SKB planerar en uppdatering av analysen, särskilt med avseende på fallet med delvis mättad bentonit samt med resultat från de nya studierna med probabilistiska analyser av lokal korrosion.

##### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) har under 2012 från två oberoende källor tagit del av information som anger att SKB har tillgång till forsknings- och utredningsresultat som rör risker för korrosion orsakad av läckströmmar i Forsmarksområdet. Dessa resultat har inte redovisats offentligt eller i ansökan. Föreningarna har (2012-10-30) skickat dokumentation till myndigheten som visar att så är fallet (dnr SSM 2011/3937).

Föreningarna anser att SKB måste ta fram en objektiv och allsidig beskrivning av hur läckströmmar kan påverka kopparkapslarna och därmed säkerheten av slutförvaret. Föreningarna anser även att SKB måste genomföra en teoretisk analys av risken för läckströmskorrosion av den rostfria utrustning som använts vid ovanstående försök i Forsmark och vid Äspö-laboratoriet. Denna analys bör göras med samma metodik som SKB har använt för att fastställa risken för korrosion av kopparkapslar på grund av läckströmmar och möjliggör därmed en verifiering av den använda metodiken.

Uppsala universitet uppmanar SKB:s planerade vidare studier av påverkan från jordströmmar (läckströmskorrosion) och korrosion som ett resultat av saltutfällning på kopparkapseln (speciellt eftersom denna påverkan troligen ger upphov till lokal korrosion), samt även de försök som kommer att ske i slutförvarsliknande miljö (t.ex. i närvaro av sulfid).

##### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt att SKB planerar att fortsätta med undersökningen och att utvärdera vidare effekterna av jordströmmar och läckströmskorrosion speciellt för situationerna med lokal korrosion.

### **6.8.2.8. Utfällning av salt på kapselytan**

I avsnitt 24.2.11 redovisar SKB frågor relaterade till utfällning av salt på kapselytan. SKB har undersökt om det är möjligt att kapslar kan komma att utsättas för atmosfärsliknande förhållanden med en gasspalt mellan kopparhöljet och buffertmaterialet, särskilt vid låg grundvattenströmning och därmed lång återmättnadstid hos bufferten. SKB har undersökt i vilka förhållanden saltutfällning kan ske på kopparytor och dess eventuella påverkan av korrosion på kopparhöljet.

#### **SKB:s redovisning**

SKB visar att osäkerheterna mer ligger i utfällningen av salter än salters inverkan på själva korrosionen. SKB planerar utvidgade studier av lokal korrosion med probabilistiska analyser.

#### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) konstaterar att SKB:s mycket korta beskrivning av frågeställningen gällande utfällning av salt på kopparkapseln framgår att SKB inte kommer att beakta denna problematik under de närmaste tre åren. Detta anser föreningarna vara mycket olyckligt och principiellt felaktigt under beaktande av föreningarnas synpunkter såsom de framförs beträffande saltanrikning på grund av ”bastueffekten” (se avsnitt 6.9.3 i denna rapport under remissinstansernas synpunkter).

Föreningarna anser att det är möjligt att varm koppar korroderar i en miljö utan syrgas med hög luftfuktighet för det fall att kopparn är täckt med salter. Föreningarna anser att det är viktigt att detta klarläggs experimentellt.

#### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB fortsätter med studier som fokuserar på lokal korrosion och anser att SKB utrett eller håller på att utreda flera av SSM:s frågor.

## **6.9. Buffert och återfyllning**

SKB redovisar processerna i bentonitlera i kapitel 25 i Fud-program 2013.

#### **Remissinstansers synpunkter**

Statens geotekniska institut (SGI) konstaterar att omfattande Fud-aktiviteter riktar sig mot att karakterisera egenskaperna hos bentonit. Buffertens huvudfunktion är att begränsa vattenflödet runt kapseln och mycket forskning ägnas åt att klarlägga bentonitens egenskaper i relation till vatten, bl.a. svällande egenskaper och svällningstryck. Som SKB

själv påpekar är berget i Forsmark dock mycket torrt och enligt SGI:s uppfattning bör Fud-programmet kompletteras med försök av hur bentoniten långsiktigt påverkas av strålning och värme i en torr miljö. Särskild fokus bör ligga på det organiska innehållet. Kraven på buffert innebär att buffertmaterialet (bentoniten) får innehålla högst 1 % organiskt kol. Detta innebär omkring 2 % organiskt material – eller (med de mått som SGI lyckats hitta kring kapselförvar och densiteter) ca 20 kg organiskt material runt varje kapsel. SGI anser att Fud-programmet bör ta upp vad detta material består i och hur det reagerar i förvaringsmiljön.

## 6.9.1 Initialtillstånd av bentonitlera

### SKB:s redovisning

SKB redogör initialtillståndet av bentonitleran i avsnitt 25.1 i Fud-program 2013. SKB presenterar det allmänna initialtillståndet för bentonitlermineraller som används i olika delar (buffert eller återfyllning) av förvaret, eller i olika typer av förvar (Silon i SFR). Variablerna som har utretts är vatteninnehåll, gasinnehåll, bentonitsammansättning, montmorillonitsammansättning, porvattensammansättning, hydrovariabler, spänningstillstånd, porgeometri, geometrier av olika komponenter, strålningsintensitet, temperatur, samt strukturella och kvarlämnade material.

Avseende bentonit- och montmorillonitsammansättningen, har SKB utfört forskning och utveckling främst inom ramen för försöket med alternativa buffertmaterial (ABM), där tryggt tioalet olika bentoniter har testats mot varandra i Äspölaboratoriet. Följande fenomen har bl.a. observerade:

- flytgränsen varierar från material till material,
- det förekommer amorfa silika i vissa leror, förekomsten av mikrober varierade starkt mellan de olika lerorna,
- det inte finns någon skillnad i hydraulisk konduktivitet mellan referensproverna och prover från ABM-paket.

Under hösten 2012 installerade SKB tre nya ABM-paket som en del av SKB:s långsiktiga experimentprogram.

SKB håller på att utveckla den interna kompetensen när det gäller bentonitkaraktärisering och provtagning, samt planerar att bygga upp ett lerlaboratorium med utrustningar såsom pulverröntgendiffraktion och röntgenfluorescensspektroskopi för att bestämma mineralhaltarna i bentoniten. SKB anser att även andra mätmetoder behöver implementeras och utvecklas för bestämning av amorfa faser samt mängden järn(II) respektive järn(III) i bentoniten.

För att ha en bättre förståelse av flakladdning på montmorillonitskikt planerar SKB att vidare studera järnets redoxkemi samt kisel och aluminium, med exempelvis fast-fas-NMR eller röntgenabsorptionspektroskopi, för att bestämma strukturformeln av montmorillonit i olika bentoniter.

### **SSM:s bedömning**

SSM bedömer att SKB:s program är ändamålsenligt. SSM ser positivt på att SKB har studerat egenskaperna hos olika typer av bentonit inom projektet ABM. Det är också berömvärt att SKB har påbörjat att vidareutveckla intern kompetens genom bl.a. kunskapsöverföringsprogram, och att bygga upp ett lerlaboratorium speciellt inriktat på att identifiera mineralstrukturer, att studera järnets redoxkemi samt att bestämma flakladdningen av montmorillonit.

SSM anser att SKB vidare bör utreda förekomsten av amorfa silika i vissa leror. Silika kan ha betydelse för koffinitisering av urandioxid (Se avsnitt 6.7.7 i denna rapport).

SKB bör dessutom ytterligare utreda den förekomsten av trioktaedrisk (trioctahedral) lermineraler efter ABM-försöket. Se också avsnitt 6.9.8 i denna rapport.

I avsnitt 13.4.2 i Fud-program 2013 redovisar SKB att granulstorleksfördelningen påverkar de tillverkade blockens kvalitet. SSM anser att SKB inom programmet för initialtillståndet bör studera granulfördelning av mineraler i olika typer av bentoniter.

## **6.9.2 Frysning**

### **SKB:s redovisning**

SKB:s genomförda permafrostmodelleringar visar att under de mest gynnsamma förhållandena för permafrosttillväxt når  $-4\text{ °C}$  isotermin ca 320 meters djup i berggrunden. Detta indikerar att inte ens under det mest pessimistiska permafrostscenariot kommer temperaturen att understiga buffertens fryspunkt för Kärnbränsleförvaret. Därutöver redovisar SKB att islinstillväxt i borrhålsförslutningar och bufferten i KBS-3-förvaret är negligerbar. Således, SKB bedömer att frysning av lerbarriärer på Kärnbränsleförvarsdjup inte kommer inträffa och inga ytterligare insatser inom detta område kommer att genomföras under perioden. Däremot, i SFR är möjligheten för islinstillväxt avsevärt högre, vilket kommer att utvärderas i SR-PSU.

### **SSM:s bedömning**

För att belägga nuvarande bedömning av frysning på Kärnbränsleförvarsdjup finner SSM det angeläget att SKB genomför de planerade studierna för att klarlägga osäkerheten i de uppskattade värdena för glacial erosion samt utvärderingen av permafrostmodellernas

tillförlitlighet (avsnitt 6.3.1 respektive 6.3.4). Gällande frysning av silobufferten, se SSM:s kommentar till avsnitt Klimat och Klimatvariationer (6.3.5).

### 6.9.3 Vattentransport vid omättade förhållanden

#### SKB:s redovisning

SKB redovisar i Fud-program 2013 för vattentransport vid omättade förhållanden i avsnitt 25.2.5.

SKB har gjort en omfattande analys av tiden för återmättnad av buffert och återfyllning i SR-Site. Slutsatserna är att återfyllningen uppnår mättnaden mellan <100 år till cirka 6 000 år, samt bufferten blir helt vattenmättad mellan < 10 år till cirka 1 000 år. SKB har också utfört en omfattande arbete med THM-modellering av TBT-försöket (*Temperature Buffer Test*) och resultaten avrapporterats (Åkesson m.fl., 2012a, b).

Ett försöksprogram för att verifiera den så kallade bastueffekten, d.v.s. saltanrikning mot kapseln orsakas av vatten från bergsprickor som transporteras ut i återfyllningen och förångas mot kapseln. En serie semi-kvantitativa tester har gjorts för att bestämma vattenupptag till pelletar när ånga flödar genom pelletar. De hittills erhållna resultaten visar att i ett inspänt (*confined*) system uppnå pelletar täthet tidigare än i ett system där pelletar får svälla fritt i axiell led.

SKB kommer att fortsätta arbeta med att verifiera och uppdatera modellerna för buffertens vattenmättnad, framför allt inom ramen för projektet TF (*Task Force*) EBS. SKB planerar dessutom att genomföra skalförsök för att studera bastueffekten, men tror inte att den kan slutföra den närmaste sexårsperioden, utan att hänvisa till 2020-talet då ett klara underlag kan finnas för frågan om bastueffekten.

Beträffande silobufferten i SFR kommer återmättnadsprocesserna att modelleras som en del av SR-PSU.

#### Remissinstansers synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) anser att det behövs mycket mer kunskap rörande den föreslagna så kallade ”bastueffekten”, hur mycket salter som kan komma att utskiljas, var dessa utskiljs samt den kemiska sammansättningen på saltutskiljningarna. Det är också viktigt att klargöra om förångningen av det inströmmande grundvattnet i deponeringshålen leder till bildandet av en korrosiv vattenlösning med mycket hög halt av olika salter.

Föreningarna anser att SKB:s inställning i forskningsprogrammet till att undersöka ”bastueffekten” är utomordentligt förvånande och oansvarig om det innebär att SKB först är



2020 börjar undersöka den mycket viktig problematiken kring bustueffekten. Om bustueffekten föreligger och det kan absolut inte uteslutas blir korrosionsförhållandena extrema, och säkerhetsanalysen för KBS-metoden faller.

Föreningarna anser att om det sker en anrikning av salt i deponeringshålen på grund av bustueffekten kommer korrosionsmiljöerna under den initialt torra perioden och även därefter när bentoniten är vattenmättad skilja sig helt från de antaganden som gjorts som grund för SKB:s säkerhetsanalys. Korrosionsförhållandena initialt under de första 1 000 åren är då mycket svåra med en varm kopparkapsel täckt med salt och exponerad för hög fuktighet.

SKB:s säkerhetsanalys bygger på antagandet att salthalten i det vatten som finns i deponeringshålen när bentoniten i dessa är vattenmättad har en salthalt av ca 0.9%. Korrosionsmiljön kommer att öka i aggressivitet med ökande halt lösta salter i det vatten som finns i deponeringshålen, vilket kommer att per automatik ge kraftiga korrosionsangrepp på kopparkapslarna.

Föreningarna anser att det är utomordentligt viktigt att SKB klarlägger experimentellt om det sker en anrikning av salter i deponeringshålen genom förångning av inträngande vatten från berget samt hur en sådan anrikning av salter påverkar korrosionen av koppar.

Östhammars kommun är av åsikten att SKB:s planerade skalförsök för att utröna den s.k. bustueffekten innebärande saltanrikning på kapseln bör ske under den närmsta sexårsperioden och inte vänta till mitten på 2020 som SKB antyder.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har genomfört THM-modelleringar mot fler försök som gjorts i Äspölaboratoriet och har utfört nya försök för att studera bustueffekten. SKB:s program är ändamålsenligt och de erhållna resultaten är viktiga för att belysa processerna och kvantifiera processernas påverkan på förvarens (både Bränsleslutförvaret och SFR) långsiktiga säkerhet.

SSM anser dock att SKB vidare bör utreda de upptäckta aspekter som modelleringarna inte klarar på ett tillfredsställande sätt.

SSM anser dessutom att SKB så tidigt som möjligt bör utföra det planerade skalförsöket för att studera bustueffekten.

## 6.9.4 Gastransport/gaslösning

### SKB:s redovisning

I Fud-program 2013 redogör SKB gastransport/gaslösning i avsnitt 25.5.7.

Huvudslutsatserna från EU-projektet Forge utgör SKB:s redovisning av nyvunnen kunskap.

### SSM:s bedömning

SSM anser att frågan om gastransport är viktigare för det s.k. ”pinhole”-fallet än för andra fall. I ”pinhole”-fallet kan möjligen gastransport och utströmning av gasformiga nuklider ske. Detta kopplar även till möjligheten att utesluta förekomsten av pinholes på kapseln vid kapseltillverkningen, vilket i sin tur är en tillståndsprövningsfråga.

SSM anser att SKB ytterligare bör utreda påverkan av förvarsdjup på jämvikten mellan gasutveckling och gaslösning (som är beroende av det utsatta hydrostatiska trycket samt Henrys lags konstant), med särskild hänsyn till Bränsleförvarets djup och SFR:s djup.

## 6.9.5 Piping/erosion

### SKB:s redovisning

SKB redovisar piping/erosion i avsnitt 23.2.6 i Fud-program 2013. Ett antal tester har utförts i vertikal riktning i pelletfyllningen (Sandén och Börgersson, 2010). En exponentiell piping/erosions modell har tagits fram.

Förståelser av mekanismer bakom piping/erosion har också presenterats. Processerna som ingår i förståelsen är bl.a. piping, tättningsprocess, samt förlust av material. SKB planerar att vidare utreda piping/erosion huvudsakligen inom Eva-projektet med fokus på vad som händer med pelletar i deponeringshålen när vattenflödet finns.

### SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har fördjupat sin mekanismförståelse för piping/erosion. SSM bedömer att SKB:s planerade Fud-program är ändamålsenligt.

## 6.9.6 Svällning

### SKB:s redovisning

SKB redovisar svällning av bentonit i bufferten och återfyllningen i Bränsleslutförvaret samt svällning av bentonit i silon i SFR i avsnitt 25.5.9 i Fud-program 2013.

Det pågår omfattande studier hos SKB för att förbättra förståelsen av bentonitens förmåga att självläka och fylla håligheter som antingen lämnas tomma efter installation (såsom spalten mellan kapseln och bufferten i deponeringshålet) eller orsakas av piping/erosion. En del resultat har avrapporterats (Dueck m.fl., 2011).

SKB planerar att vidare studera bentoniten homogeniserings- och självläkningsprocesser, med grundläggande renodlade laboratorieförsök, friktionsförsök, skalförsök samt långtidshomogeniseringsförsök. Modellering av observationer i TF EBS kommer också att genomföras.

### SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s har en relativt bra förståelse av mekanismer och processer kring bentonitsvällning.

SSM anser dock att SKB vidare bör utreda friktionsprocessen, särskilt friktion mellan det inträngande buffertmaterialet och ytorna av bergsprickan. SKB bör fokusera studierna på svällnings- och andra geomekaniska (hydrauliska, elastiska och plastiska och genomsläppliga) egenskaper hos bentonit med låg densitet, med avseende på att ha en bättre förståelse av processerna närmare innan advektivt förhållande uppträder vid kemisk erosion av lermaterialet.

## 6.9.7 Jonbyte/sorption

### SKB:s redovisning

SKB redovisar jonbyte/sorption i avsnitt 25.5.13 i Fud-program 2013.

I redovisningen av SKB:s nyvunna kunskap uppdagades att, när piping/erosion inträffar, sker jonbytet snabbt i bentoniten närmast kanalen och i fallet med kalciumbentonit förlo- ras svällförmågan eftersom densiteten är låg.

### SSM:s bedömning

SSM anser att SKB vidare bör utreda inverkan av jonbytesprocess på piping/erosion och på bentonitens kemiska erosion.

## 6.9.8 Montmorillonitomvandling

### SKB:s redovisning

SKB redovisar montmorillonitomvandling i avsnitt 25.5.14 i Fud-program 2013.

SKB:s försök i LOT-projektet visar att magnesiumhalten ökade nära kontakten med värmaren. Även andra forskare har observerat samma fenomen (Fernandez och Villar, 2010). Detta förklaras av SKB som att magnesium löser upp före andra katjoner i smektit. Bentoniten i ABM-försöket studerades och resultaten visar ett ökat magnesiuminnehåll i kontaktytan med värmaren (Kaufhold m.fl., 2013). Mineralidentifiering uppdagades förekomsten av anhydrit eller saponit (trioctaedriska 2:1-mineral).

Inom ramen för Cypren-projektet har SKB utretts mineralogisk omvandling av naturlig bentonit med kontakt av låg-pH-cement.

### Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun konstaterar att i både SFR och de planerade slutförvarsanläggningarna SFL och slutförvaret för använt kärnbränsle kommer betong och bentonit finnas i bland annat barriärer och pluggar. Detta innebär att interaktion mellan cement, som är en av huvudbeståndsdelarna i betong, och bentonit kommer att förekomma. SKB konstaterar att cement och bentonit inte är helt kompatibla med varandra. Kommunen undrar över vilka reaktioner som kan uppstå mellan cement och bentonit i de olika förvararna och hur det påverkar den långsiktiga säkerheten.

### SSM:s bedömning

SSM anser att SKB vidare bör utreda interaktion mellan låg-pH-cement och bentonit.

SSM anser dessutom att SKB ytterligare bör studera den omvandlingsprocess som är relaterad till upplösning av magnesium som observerades i LOT- och ABM-försöken, försöka identifiera de typer av katjoner som ligger i den trioctaedriska platsen i mineralflaken, samt se till att om den process som leder till förekomsten av de trioctaedriska mineralerna möjligen kan ha någon betydelse för montmorillonitens långsiktiga kemiska stabilitet.

## 6.9.9 Interaktion av bentonit med järn och koppar

### SKB:s redovisning

SKB redovisar interaktion av bentonit med järn och koppar i avsnitt 25.5.15 och 25.5.16 i Fud-program 2013.

SKB har utrett interaktionen mellan bentonit och järn i både ABM-försöket och TBT-försöket (*Temperature buffer test*), samt inom ramen för EU-projektet NF-Pro (*Near-field Process*). SKB planerar att vidare studera frågan, med fokus på bättre karakterisering om de järnfaser som verkligen bildas, i nya ABM-försök med nyinstallerade prover. Dessutom kommer SKB att öka kunskapen om hur montmorillonitens egenskaper påverkas om delar av det strukturella järnet reduceras.

Beträffande interaktion mellan bentonit och koppar, har SKB testat egenskaper hos MX-80-bentonit som jonbytt med koppar (II) och kommer att avrapporteras. Slutsatsen är att bentonit som har blivit jonbytt med koppar har egenskaper som i allt väsentligt överensstämmer med en bentonit som jonbytt med kalcium (Carlsson, 2008).

### Remissinstansers synpunkter

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) anser att det är bra att SKB har startat en studie med laboratorieförsök med bentonit i direktkontakt med metalliskt koppar. Föreningarna anser vidare att det skulle vara värdefullt om SKB även gjorde en sammanställning av tidigare korrosionsförsök där man undersökt denna korrosionsmekanism eftersom den kan vara av avgörande betydelse för slutförvaret. De resultat som SKB hitintills publicerat visar att bentoniten påskyndar nedbrytningen av koppar samt att kopparutskiljningen i bentoniten kan påverka dess funktionsegenskaper.

### SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör utreda inverkan av jonbytesprocess på piping/erosion och på bentonitens kemiska erosion. Dessutom bör SKB noggrannare analysera järn- och kopparkorrosionsprodukter i bentonit och särskilt bestämma om de är i fastfasen eller på jonbytesplats.

## 6.9.10 Kolloidfrigörelse/kemisk erosion

### SKB:s redovisning

SKB redovisar jonbyte/sorption i avsnitt 25.5.19 i Fud-program 2013.

Genom att delta i EU-projektet BELBaR (*Bentonite Erosion: effects on the Long term performance of the engineered Barrier and Radionuclide transport*), har SKB vunnit kunskap med fördjupad förståelse av erosionsprocessen.

Erosionsförsök har utförts i en uppställning med en konstgjord spricka. Här kan tre olika regioner av bentonitmaterialet observeras, en vit region närmast bentonitblocket med hög densitet och viskositet, en genomskinlig grå region och ett yttre region med vita fransar.

En annan fördjupad förståelse av processen är att endast bentonit med 90 % eller högre av jonbyteskapacitetet ockuperade av kalciumkationer som inte eroderas.

Även arbetet med förenkling och förbättring av modelleringen har genomförts.

### SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB fortsätter forska på kemisk erosion av montmorillonit. SSM instämmer med SKB att denna process har stor betydelse för kärnbränsleförvarets långsiktiga strålsäkerhet.

SKB:s Fud-program för buffererosion har hittills fokuserat på det tidigare skedet av erosionsprocesserna då erosionen sker i sprickan som skär deponeringshålet. Modelleringen som nu utvecklats kan enbart användas för att prediktera förlusten av bentonitmassa. SSM anser dock att SKB också bör studera de erosionsprocesser som sker vid erosionens senare skeden, d.v.s. processerna som sker inom bentoniten i deponeringshålet då svälltrycket har blivit så lågt att bentonitmaterialet inte längre kan tränga in i sprickan. Särskild hänsyn bör tas till samverkansprocesser mellan långsam svällning (då bentonitens densitet är relativt låg) och förlust av massa, som i sin tur kan bestämma erosionsgeometrin inom deponeringshålet. Reologiska egenskaper hos bentonit med låg densitet bör vidare studeras i samband med utredning av processerna i erosionens senare skeden.

Eftersom det uppstår olika syner på friktionsprocess mellan bentonit och bergvägg, bör SKB fördjupa sin förståelse av friktionsprocessen. Inträningsdjupet i den skärande sprickan av bentonit i olika typer och med olika initiala densiteter bör bestämmas experimentellt.

Andra relaterade processer som har betydelse för kärnbränsleförvarets långsiktiga säkerhet och som också bör studeras vidare och där bättre underlag bör tas fram vid analys av erosionskonsekvens, innefattar följande.

- Den kemiska erosionen möjligen kan ske tidigare i den temperade perioden, p.g.a. inträng av meteorologiskt vatten till förvarets djup,
- Kolloider som bildas direkt från aktinider (möjligen även från andra radionuklider) och som inte går att filtreras när bufferten är borteroderad, kan transporteras snabbare ut ur Kärnbränsleförvaret och därmed påverka radionuklidtransportberäkningarna (se även avsnitt 6.7.6 i denna granskningsrapport).
- Mikrobiella processer som sker intill kapseln eller direkt på kapselns yta för allmän korrosion, även innan det advektiva fallet uppnåtts. (se även avsnitt 6.9.11 i denna granskningsrapport).

## 6.9.11 Mikrobiella processer

### SKB:s redovisning

SKB redovisar mikrobiella processer i deponeringshål i avsnitt 24.2.8 och 25.5.21.

I både avsnitt 24.2.8 och 25.5.21 avrapporterades försöksresultat av bakterietäckning av koppar- och titanytor i en miljö av kompakterad bentonit, mättad med grundvatten. Bland annat har sulfatreducerande bakterier (apsA) påträffats på kopparprovsvytan (Persson m.fl., 2011).

SKB planerar att utföra två typer av försök, en med konstant vattenaktivitet/tryck i varje enskild prov, samt en annan med en gradient i vattenaktivitet/tryck genom de enskilda försöken.

I avsnitt 25.5.22 redovisar SKB ytterligare en mikrobiell process som möjligen kan påverka svällning av bentonit, nämligen reduktion av montmorillonitens strukturella järn (III) medlad av järnreduktionsbakterier. En förändring i järnnetts oxidationstal förväntas medföra en förändring i montmorillonitens flakladdning och därmed också dess svällningsförmåga. Järnreducerande bakterier förekommer både i ABM-försöket och i Prototypförvaret i Äspölaboratoriet.

SKB redovisar att ett experimentellt program planeras för att utreda under vilka betingelse som reduceringen kan ske och om det kan ske även i kompakterad bentonit.

### SSM:s bedömning

Beträffande det försök som visar förekomsten av sulfidreducerande bakterier på kopparytan, anser SSM att SKB bör ha en bättre anpassning av Fud-programmet till tillämpningen till kärnbränsleförvaret. Mer specifikt bör SKB ha bättre kontroll och identifiering av försöksmiljö för att resultat bättre kan utnyttjas i säkerhetsanalysen av slutförvaret. Det framgår inte tydligt av rapporten till försöket vad bentonitens egenskaper är innan och efter försöket, exempelvis är begreppet ”*packing density*” luddigt och används vanligtvis

inte av andra forskare och det är därför svårt att förstå vad som egentligen avses. De viktigaste parametrarna som svälltrycket av vattenmättningsgraden av bentoniten har inte kontrollerats, vilket gör det svårt att extrapolera resultat till förvarsmiljön.

SSM ser positivt på att SKB utreder möjlig påverkan av järnreducerande bakterier på bentonitens flakladdning och därmed påverkan på bentonitens svälltryck.

## **6.10. Geosfären**

### **6.10.1. Initialtillstånd för geosfären**

SSM har inga synpunkter på redovisningen i detta avsnitt inom ramen för Fudgranskningen.

### **6.10.2. Översikt av processer i geosfären**

#### **Remissinstansers synpunkter**

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) konstaterar att den omfattande redovisningen av kunskapsläget påvisar, i än högre grad än för klimatutvecklingen, komplexiteten i alla de processer och frågeställningar som är relevanta för förhållandena i geosfären kring ett slutförvar, samt det generella behovet av ytterligare forskning och kunskapsinhämtning inom flera redovisade delområden. KVA:s övergripande bedömning är att SKB:s pågående och planerade forskningsprogram förefaller vara väl förankrat i den internationella forskningen inom de olika delområden som redovisas.

#### **SSM:s bedömning**

SSM har inga synpunkter på redovisningen i detta avsnitt inom ramen för Fudgranskningen

### **6.10.3. Värmetransport**

#### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar resultaten från modellutvecklingen inom ramen för prototypförvaret i Äspölaboratoriet. Den viktigaste slutsatsen som dras är att den termiska utvecklingen kan beskrivas väl med metodiken som användes för predikteringen av den termiska utvecklingen i Forsmark.

SKB planerar att utveckla mätmetoder för termiska egenskaper inom ramen för detaljundersökningsprogrammets andra fas. För vidareutveckling av analysen av termisk last behöver det klarläggas med vilken noggrannhet resteffekten från det använda kärnbräns-



let i kapslarna kan bestämmas. Övriga insatser hanteras inom ramen för tänkbara klimatologiska scenarier.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har analyserat metodiken för prediktion av den termiska utvecklingen i Äspölaboratoriet. Med tanke på betydelsen för deponeringshålets avstånd i förvaret och andra aspekter i säkerhetsanalysen anser SSM det angeläget att mätmetoder för termiska egenskaper vidareutvecklas såsom planerat av SKB.

## **6.10.4. Grundvattenströmning**

### **6.10.4.1. Ythydrologi och ytnära hydrogeologi**

#### **SKB:s redovisning**

SKB redogör för att verksamheten inom detta område främst har bedrivits i projekt som syftade till att ta fram underlag för kärnbränsleförvarsansökan. Vissa resultat har även publicerats i vetenskapliga tidskrifter. SKB har finansierat ett doktorandprojekt inom ramen för Greenland analogue surface project (GRASP). SKB har tillhandahållit data för vetenskaplig forskning utanför SKB:s regi.

SKB planerar att fortsatt finansiera doktorandprojektet inom ramen för GRASP för att utforska vattenflöden i ett permafrostlandskap. Fortsatt modellutveckling kommer att ske inom ramen för projektet SFR utbyggnad.

#### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har tagit fram underlag inom detta område för ansökanshandlingarna till kärnbränsleförvaret. Myndigheten välkomnar även publiceringen av resultat i den vetenskapliga litteraturen. Likaså anser SSM det är av värde att data tillgängliggörs för hydrologisk forskning utanför SKB:s regi.

SSM anser att de planerade insatserna inom GRASP är intressanta och att SKB bör se till att resultaten tas om hand inom ramen för säkerhetsanalysarbetet i samband med kärnbränsleförvaret och SFR.

### **6.10.4.2. Hydrogeologi i det djupa berget**

#### **SKB:s redovisning**

I början av förra Fud-perioden avslutades hydrogeologiprojekten som kopplade till SR-Site och ansökan för kärnbränsleförvaret. Arbetet har publicerats i ett temanummer i en vetenskaplig tidskrift. GAP har gett nya kunskaper inom glacial hydrogeologi. Därutöver har koder för hydrogeologiska beräkningar vidareutvecklats.

SKB planerar två doktorandprojekt med inriktning på en konsistent metodik för grundvattenflödesberäkningar över olika rumsliga skalor respektive tillämpning av mätresultat i samband med undermarksarbete i grundvattenmodellering. En rad projekt för integrering av grundvattenflödesmodeller med modeller från andra discipliner som hydrokemi och mekanik. Därutöver planerar SKB studier kring subglaciala lagrets roll för grundvatteninfiltration. Slutligen planerar SKB viss kodutveckling och även kodunderhåll.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB färdigställde de hydrogeologiska analyserna för SR-Site och att resultat har publicerats i en vetenskaplig tidskrift. Den glaciala fasen är av vikt för betydande scenarier i SR-Site och SSM anser att studierna kring hydrogeologiska betingelserna under denna fas är motiverade.

SSM anser att SKB:s program berör frågor av vikt för kunskap kring geologisk slutförvaring av radioaktivt avfall i kristallint berg. I föregående Fud-granskning framhöll SSM att SKB bör utröna konceptuella modellösäkerheter genom modellering av flöde i kanalnätverk. SSM anser fortfarande att sådana analyser, framförallt med fokus på slutförvarets närområde, är meningsfulla för att studera osäkerheterna i hur många deponeringshål som skärs av sprickor och hur fördelningen av flödena till deponeringshålen ser ut.

#### **6.10.4.3. Specifika frågeställningar kopplade till Kärnbränsle-förvaret**

### **SKB:s redovisning**

SKB har identifierat den detaljerade platsbeskrivande samt numerisk modelleringen av närzonen runt deponeringstunnlar och hål som förbättringsområden vad det gäller kärnbränsleförvaret. Utveckling eftersträvas och planeras inom: i) modellering av deformationszoner och stora sprickor, ii) DFN, iii) geokemi, iv) radionuklidtransport samt v) deras interdisciplinära koppling. Ett utvecklingsprojekt planerar utföras för att studera kopplingen mellan grundvattenflödet och geokemi. Vidare planerar SKB analyser för att undersöka och ta fram inflödeskriterier utöver geometriska kriterier (FPC, EFPC) för att undvika ogynnsamma deponeringspositioner. Det sistnämnda innefattar simulering av olika hydrauliska tester i modellerna. Vidare planerar SKB att utveckla en metodik för bedömning av deponeringstunnlar och deponeringshåls lämplighet med hänsyn till inflödesbetingelser.

### **SSM:s bedömning**

Myndigheten ser positivt på SKB:s satsning att finna alternativa metoder till geometriska kriterier när det gäller att uppskatta vatteninflöde i deponeringshålen under tiden efter förslutningen samt under den tempererade fasen. Möjligheterna att uppskatta flöden i en deponeringstunnel eller ett deponeringshål efter förslutning, dvs. både för den omättade och mättade fasen i förvarsutvecklingen, kopplar till slutförvarets konstruktionsförutsätt-

ningar. Om dessa ställer krav på flödesstorlek bör SKB försäkra sig om att uppfyllelse av dessa krav kan bedömas baserat på mätningar. SSM ser således positivt på SKB:s planerade metodikutveckling.

#### **6.10.4.4. Specifika frågeställningar kopplade till SFR och SFL**

##### **SKB:s redovisning**

SKB har genomfört tre studier i SFR-området i samband med projekt utbyggnad SFR. Dessa kopplar till en hydro-DFN modell, en konceptuell hydrogeologisk modell för deformationszoner och flödenas känslighet för olika tolkningar av mätdata.

SKB planerar att utvärdera metodikerna för flödesmodellering genom en jämförelse mellan SR-Site och SR-PSU projekten. SKB planerar att fullfölja de pågående insatserna inom ramen för konceptstudien för SFL.

##### **SSM:s bedömning**

SSM anser att det har varit betydelsefullt att SKB har tagit fram hydrogeologiska underlag inför ansökan om en utbyggnad av SFR. Likaså anser SSM det är positivt att SKB planerar att utvärdera erfarenheterna från de två stora hydrogeologiska modelleringsprojekten kring SR-Site och SR-PSU.

SSM anser vidare att SKB bör sträva efter att kunna tillgodogöra sig mätresultat som erhålls vid byggnationen av anläggningen för säkerhetsredovisningarna i senare skeden. De insatser som planeras på detta område i samband med kärnbränsleförvaret skulle även kunna bli av värde för utbyggnaden av SFR.

#### **6.10.4.5. Task Force för grundvattenflödes- och transport-modellering**

##### **SKB:s redovisning**

Uppgiftsstyrkan har publicerat resultat vetenskapligt i frågan om platsmodellering utifrån fältdata. Modellering kopplat till bentonit och berginteraktioner har genomförts i projekt Brie.

SKB planerar att fortsätta arbetet inom projektet Brie. Arbetet med en ny modelleringsuppgift har påbörjats och siktar på att analysera Repro experimentet som har utförts i Onkalo i Finland.

##### **SSM:s bedömning**

SSM och tidigare myndigheter har efterlyst publicering av resultat i den vetenskapliga litteraturen och ser därför positivt på att platsmodelleringsresultat har publicerats. Frågan om återmätningen av bufferten i kärnbränsleförvaret kan möjligtvis ha en betydelsefull

påverkan på förvarets långtidsutveckling och det är därför av vikt att dessa studier bedrivs. SSM anser även det är av vikt att resultat från experimentella experiment analyseras med hjälp av modellering för att öka förståelsen av resultaten.

### **6.10.5. Gasströmning/gaslösning**

#### **SKB:s redovisning**

SKB hänvisar till redovisningen i avsnittet om uppgiftsstyrkan för grundvattenflödes- och transportmodellering (avsnitt 26.4.5). SKB har även låtit genomföra en hydrogeologisk studie som analyserar återmättnaden av deponeringstunnlar.

SKB avser att fortsätta arbetet inom projektet Brie samt att genomföra ytterligare modelleringar i samband med återmättnad av bentoniten i deponeringshålen.

#### **SSM:s bedömning**

SSM anser att frågan om återmättnadsförloppet av bentonitbufferten är av intresse och att planerade studier är påkallade.

I samband med mätningar av inflöde till deponeringstunnlar och deponeringshål med syftet att bedöma uppfyllelse av konstruktionsförutsättningarnas krav anser SSM det kan vara värt för SKB att beakta effekterna av avgasning av grundvattnet.

### **6.10.6. Rörelser i intakt berg**

#### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar resultaten för tidigare samt senare forskning och testning. Dessa avser huvudsakligen: i) begränsning av spjälkning med hjälp av mothållande tryck (CAPS, APSE), ii) mikroskopistudier om spänningsinducerade skador i berglabprover, iii) påverkan av bergsprickor samt bergets heterogenitet på spjälkning (POSE i samarbete med Posiva), iv) ett doktorandprojekt om förståelse av spänningsinducerad spjälkning samt brottspropagering i kristallint berg.

#### **Remissinstansers synpunkter**

Statens geotekniska institut (SGI) anser att risk för spänningsinducerade brott och sprickpropagering är förknippat med osäkerhet pga. de höga spänningar som förekommer i Forsmark. Den forskning som avses utföras (beskrivet under avsnitt 26.6) bör enligt institutets uppfattning utreda möjliga åtgärder om det visar sig att spjälkning i tunnlar eller deponeringshål, alternativt sekundära spänningar som leder till sprickpropagering, äventyrar säkerhetsanalysen.

### **SSM:s bedömning**

Angående CAPS-försöket på Äspölaboratoriet noterar SSM att spjälkning förekom i större utstreckning i borrhålen där de största vatteninflödena och de minsta temperaturökningarna kunde observeras. SKB verkar inte ha planer på att fördjupa sig i dessa frågeställningar.

Från redovisningen går det inte att förstå vilka slutsatser SKB skulle dra från mikroskopistudier om spänningsinducerade skador i berglabprover förutom för att beräkna sprickinitieringsspanningen.

SKB nämner inte i sin redovisning av tangentialspänningar i förhållande till bentonitens svälltryck hur resultatet påverkas av variabiliteten samt osäkerheten i draghållfastheten för det intakta berget och bergspänningarna. Det sista kopplar till SSM:s kommentarer till Fud-2010 angående osäkerheterna i bergspänningsmodellerna som SKB inte berör i den aktuella redovisningen.

## **6.10.7. Termisk rörelse**

### **SKB:s redovisning**

I detta avsnitt verkar SKB referera till samma 3DEC-modelleringar av prototypförvaret som redovisas i avsnittet om värmeutveckling. Resultaten för dessa modelleringar visar att storleksordningen för bergspänningar kunde bestämmas men inte de exakta värdena eller deformationerna i bergmassan. En litteraturstudie har också genomförts angående tryckberoendet av den termiska expansionskoefficienten för berget. SKB fortsätter att utveckla modelleringen av storskaliga termo-mekaniska processer, bl.a. termiskt inducerade seismiska rörelser.

### **SSM:s bedömning**

Myndigheten anser att det i utvecklingen av modelleringen av storskaliga termo-mekaniska processer är viktigt att hänsyn tas till variabiliteten och osäkerheten av bergets termiska egenskaper.

## **6.10.8. Reaktivering – rörelse längs befintliga sprickor**

### **SKB:s redovisning**

SKB:s resultat sedan senaste Fud-programmet handlar om forskningsinsatser inom strukturgeologi, seismologi och tektonik erhållna i samband med studierna i säkerhetsanalysen SR-Site. Vidare har SKB bidragit till uppbyggnaden av det Svenska nationella seismiska nätet (SNSN) och kommer att ha tillgång till mätningarna för att förbättra dess tolkning

och uppnå en mera exakt lokalisering av de seismiska källorna. Studier om skalvplansgeometrin för den stora postglaciala förkastningen Pärvie har inte lett till kunskapsgeombrott på grund av dagens begränsade seismiska aktivitet i förkastningen. En realistisk spännings-transmissivitetmodell för icke-seismogena långa sprickor i kärnbränsleförvaret har tagits fram. Analyser har genomförts för att bevisa att kärnbränsleförvaret inte kommer att utgöra ett svaghetsplan i berget samt att den inte kommer att beröras av hydraulisk spräckning av berget i samband med en istid.

Programmet innefattar flera projekt med fokus på: i) tomografisk analys av gånghastigheten i skorpan för att bättre lokalisera jordskalven, ii) vidareutveckling av fokalmekanismmetoden för framtagning av jordskalvhärledda spänningar i skorpan; iii) studier om postglaciala förkastningar i Skellefteområdet; iv) efterskalvstudier; v) vidareutveckling av jordskalvmodellering, vi) skjuvrörelser hos icke-seismogena långa sprickor i kärnbränsleförvaret och dess möjlighet till propagering; vii) deltagande i ett svensk kontinentaltborrningsprogram (SDDP) i Åretrakten; viii) detaljkartering av postglaciala förkastningar med hjälp av en ny högupplöst lidar-baserad och rikstäckande höjdmmodell.

### **Remissinstansers synpunkter**

Stockholms universitet noterar att SKB beskriver pågående arbeten för en bättre förståelse av glacialt inducerade förkastningar. Universitetet anser att det är av vikt att sammanställa och utvärdera de data som nu finns i det svenska nationella seismiska nätet för att kunna analysera skalvfrekvens, djup och hastighetsfördelning.

Uppsala universitet anser att jordskalv inuti tektoniska plattor inte är lika väl utforskade och förstådda som jordskalv vid plattgränserna. Forskningsprogrammet kring samlad analys av seismologiska data från Sverige (SNSN och andra mätningar) är därför väl motiverat men det bör beaktas att på grund av den låga seismiciteten kan det ta lång tid innan en tillräcklig mängd data finns för att klargöra de frågeställningar som finns. Långsiktighet i dessa sammanhang är därför av yttersta vikt. Sådana seismologiska data bör i vissa fall analyseras tillsammans med långsiktiga geodetiska högprecisionsmätningar av jordytans rörelser för att ge maximala insikter i den komplexa intraplate problematiken.

### **SSM:s bedömning**

Myndigheten ser positivt på att SKB har utökat och detaljerat sina planer angående seismiskt benägna sprickzoner samt icke-seismogena sprickor. SSM saknar i programmet studier om postglaciala jordskalvfrekvenser som är relevanta för SKB:s befintliga och planerade anläggningsområden. SSM stödjer SKB:s planer för införande av ett lokalt mikroseismiskt nät i Forsmark som är nödvändigt för att samla platsspecifika data som kan utgöra en baslinje vid en eventuell byggstart för kärnbränsleförvaret. Studier av de större sprickzonerna som t.ex. Singö, Forsmark samt Eckarfjärden, deras egenskaper och seismiska potential är också att rekommendera.

## 6.10.9. Sprickbildning

### SKB:s redovisning

I Fud-program 2010 redovisades SKB:s beslut om att bryta ut sektion II i prototypförva-ret på Äspölaboratoriet. Arbeten har nu genomförts och prover från återfyllnad och buf-fert samt själva kopparkapslarna har tagits ut. Enligt SKB finns det inga observationer som motsäger beräkningsresultaten.

Programmet för framtida insatser fokuserar på att förbättra förståelsen av sprickbildning-  
en i intakt berg genom att använda sig av konceptet för syntetisk bergmassa (SRM) samt  
en mineralkornmodell (GMB) för att studera: i) påverkan av mikrostruktur på sprickut-  
veckling, ii) sprödbrott, iii) förutsägelser av det intakta bergets hållfasthetsförändring på  
en miljon år, iv) hopkopplingen av hållfastheten för det intakta berget med bergmassans  
hållfasthet genom användning av sprickfrekvensen.

### SSM:s bedömning

Myndigheten noterar insatserna som SKB planerar göra för att förbättra förståelsen för  
sprickbildning i spröda bergarter. Emellertid saknas en förklaring om varför dessa studier  
inte skulle genomföras i samspel med de som handlar om spjälkning eller skadezonen  
runt tunnlarna (EDZ) (se avsnitt Rörelser i intakt berg). Inga specifika planer för studier  
om tillväxt av befintliga sprickor i berg redovisas i programmet. På samma sätt bör det  
även finnas en tydlig koppling till studierna om skjuvrörelser hos icke-seismogena  
sprickor och deras möjlighet till propagering (se avsnitt Reaktivering – rörelse längs be-  
fintliga sprickor).

Kopplingen mellan den syntetiska bergmassan, som i SKB:s redovisning syftar till mikro-  
strukturskalan, och det empiriska GSI klassificeringssystemet (Geological Strength In-  
dex), som används på tunnelskala, är otydligt redovisad. Det framgår inte i vilket syfte  
mikrosprickbildningen ska kopplas till GSI-systemet.

## 6.10.10. Tidsberoende deformationer

Se avsnitt Integrerad modellering – termo-hydro-mekanisk utveckling.

## 6.10.11. Advektion/blandning – grundvattenkemi

### SKB:s redovisning

SKB har genomfört blandningsberäkningar i samband med SR-Site. Därutöver har för-  
ändringar i grundvattenkemin orsakade av tunnlarna i SFR och Äspö utvärderats. Vidare  
har SKB bedrivit metodutveckling för passiv provtagning av lösta metaller samt av ut-  
rustning för onlinemätningar av grundläggande hydrokemiska parametrar.

SKB planerar att fortsätta monitoreringen i Forsmark och Äspö.

### **SSM:s bedömning**

SSM har inga direkta synpunkter på detta avsnitt i SKB:s redovisning. Relaterade synpunkter ges i avsnittet reaktioner med berget – grundvattenkemi.

## **6.10.12. Advektion/dispersion – radionuklidtransport**

### **SKB:s redovisning**

SKB har beskrivit modelleringsinsatser för att öka förståelsen av kanalbildning i enskilda sprickor. För att lösa strömningsproblemet med hög noggrannhet har SKB använt en ny metodik, så kallade Fup-basfunktioner som är en numerisk metodik för att beskriva olika signaler, funktioner, material eller lösningar till differentialekvationer med en adaptiv, multi-upplösning av alla rums- och tidsskalor med given noggrannhet. Resultaten från studien kommer att publiceras under 2013.

SKB planerar att fortsätta numerisk simuleringsstudie med Fup-tekniken under kommande Fud-period.

### **SSM:s bedömning**

SSM noterar att resultaten från modelleringsstudien kommer i samband med de ovan nämnda publikationerna. SSM ser positivt på SKB:s modelleringsinsats och fortsättningen av studien för att öka förståelsen av korrelationen mellan kanalbildning och flöderelaterat transportmotstånd (F-faktor), med hänsyn tagen till aperturvariabilitet.

Se även SSM:s synpunkter på avsnittet kolloidomsättning – radionuklidtransport med kolloider.

## **6.10.13. Diffusion – grundvattenkemi**

### **SKB:s redovisning**

SKB har förbättrat den analytiska kvaliteten i diffusionsexperimenten i syftet att stärka förtroendet för användningen av magnesium som en indikator på marint vatten. Därutöver har SKB studerat stabila isotoper i porvatten som ett led i att bestämma porvattnens ursprung.

SKB planerar att genomföra olika experiment för att jämföra metoder för porvattenextraktion.



### **SSM:s bedömning**

SSM ger kommentarer kopplade till diffusionsprocesser i avsnittet reaktioner med berget – grundvattenkemi.

## **6.10.14. Diffusion – radionuklidtransport**

### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar att mätningar av matrisdiffusivitet har utförts både under atmosfäriskt tryck i laboratorium och in situ med hjälp av elektriska metoder. En statistisk analys av data pekar på att matrisdiffusiviteter erhållna i laboratoriet i medel är en tiopotens högre än dem erhållna in situ.

SKB planerar ett modelleringsprojekt för att jämföra den traditionella matrisdiffusionsmodellen med mer komplicerade modeller som kan beskriva de vattenförande sprickorna i matrisen. Syftet är att se om en enkel advektions-diffusionsmodell kan reproducera den modellerade transportprocessen, eller om mer komplicerade modeller behövs.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på SKB:s modelleringsprojekt. SKB nämner att beräkningarna ska stödjas av röntgentomografimätningar av bergmaterial från Forsmark i syfte att identifiera relevant storlek på mikrosprickorna. Det är oklart hur modelleringsupplägget är tänkt att vara och vilken skala modelleringsstudien syftar på. SSM anser att modelleringsstudien helst inte bara bör utföras som en modelljämförelse, utan även bör jämföra modellresultat med data för att få en bättre förståelse av radionuklidtransport i sprickigt berg. Data från tidigare fältspårämnesförsök skulle kunna användas för detta ändamål.

## **6.10.15. Reaktioner med berget – grundvattenkemi**

### **SKB:s redovisning**

SKB har studerat förekomst av tecken på syrenedträngning i samband med glaciala smältvatten i GAP projektet. Modellering av syreförbrukningen har genomförts i SR-Site. SKB har genomfört laboratorieexperiment om abiotisk syreförbrukning av olika mineral. Vidare har processer som har orsakat mineralutfällningar i Forsmark studerats. Därutöver har SKB genomfört studier för att öka förståelsen för betingelserna för sulfatreduktion under ostörda förhållanden i berget. SKB har även deltagit i EU-projektet Recosy som har studerat redoxeffekter på radionuklidkemi.

SKB planerar att studera jonbytesprocesser experimentellt i samarbete med Stockholms universitet och Posiva. Vidare planerar SKB att fortsätta undersöka uran i grundvatten och sprickmineral i Forsmark. Isotopstudier av utfällningar av sulfidmineral och kalcit

planeras i Forsmark. SKB planerar även modellutveckling för syrenedträngningsberäkningar.

### **SSM:s bedömning**

SSM anser att frågan om syrenedträngning till kärnbränsleförvaret är betydelsefull och välkomnar de genomförda studierna.

SSM anser att det behövs ytterligare studier för att bättre förstå hur mineralreaktioner och matrisporvatten påverkar vattnets jonstyrka för bedömningen av advektion-korrosionsscenarioet som SKB redovisat i SR-Site. Med tanke på att stora insatser redan gjorts på det grundvetenskapliga planet bör fokus ligga på processförståelse och provtagning i ett platsspecifikt perspektiv. Viktiga kemiska processer innefattar jonbyte av katjoner, vittring av silikat mineral, upplösning eller utfällning av sprickfyllnadsmineral samt diffusivt utbyte av lösta ämnen i intakt berg. I fallet infiltration av glaciala smältvatten är det troligast att det i huvudsak är mineraliserat grundvatten i bergets matris som motverkar utspädning av grundvatten på förvarsdjup. För scenarier med en lång tempererad fas kan dock långsamma mineralreaktioner troligen även ha en påverkan om man beaktar lägre flödes hastighet och lägre hydrauliska gradienter.

SSM anser det vara av stor vikt att bevara kompetens kring studier av radionuklidernas hydrokemiska egenskaper och processer. Allt eftersom nya insikter kring betydelsen av både inneslutning och retardation tas fram inom säkerhetsanalys påverkas betydelsen av nuklider som bidrar till dos/risk både för realistiska, konservativa och hypotetiska scenarier som involverar utsläpp av radionuklider. Insatser för att bättre förstå radiums geokemiska egenskaper motiveras av radiums dosbidrag i scenarier som involverar sena kapselbrott. Det finns även skäl att studera silver-108m som ger höga doser i hypotetiska scenarier som involverar tidiga kapselbrott. Även nuklider som ger dos i medellång skala som kol-14 behöver täckas in med hög trovärdighet i säkerhetsanalysen. SSM kan inte utesluta att nya scenarier tillkommer vilka involverar en modifierad bedömning av nuklider som bidrar till dos/risk. Generellt bör det finnas möjlighet att särskilt utveckla hantering av nuklider som ingår i sönderfallskedjan för Uran-238 baserat på observation kring geokemiska egenskaper för naturligt uran och dess dotternuklider i berggrunden.

## **6.10.16. Reaktionen med berget – sorption av radionuklider**

### **SKB:s redovisning**

SKB har låtit ta fram en metodik för hur radionuklidernas sorptionskoefficienter (Kd-värden) för säkerhetsanalysen kan tas fram från uppmätta värden. SKB har även deltagit i EU projektet CROCK och bl.a. deltagit i modellutveckling. Därutöver har sprickmineralkarteringsresultat analyserats statistiskt.

SKB planerar att utveckla beräkningsverktyg för retentionsprocesser samt så kallade smarta Kd-värden och mekanistiska sorptionsmodeller. Arbetet med att ta fram mätdata om mineral i Äspö fortsätter. SKB avser därutöver att vidareutveckla och tillämpa metoder som använder sig av elektromigration. Det finns behov av att förstärka kompetensen inom området lösningskemi.

### **Remissinstansers synpunkter**

Chalmers tekniska högskola (CTH) tar upp Kd-värden som ett exempel på områden där datainsamling tenderar att prioriteras på bekostnad av vetenskaplig nivå. CTH anser att SKB drar alltför långtgående slutsatser vid användning av Kd-värden i säkerhetsanalysen. Från vetenskaplig synpunkt rekommenderas en omstart vad gäller användning av Kd som parameter i säkerhetsanalys. CTH anser att det dock är positivt att man i Fud-program 2013 diskuterar ett modifierat Kd-koncept, ”smarta Kd” etc.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på en fortsatt utveckling av kunskapsläget kring radionuklidernas sorptionsegenskaper. Det finns en utvecklingspotential mot explicit hantering av osäkerheter snarare än enbart genom säkerhetsmarginaler vid parameterval. Nya sorptionsförsök bör i högre utsträckning än tidigare baseras på detaljerad karaktärisering av de fasta ytorna där sorptionsprocesser äger rum. Potentialen för ytterligare förståelse via metoder som fokuserar på sorptionens inverkan på vattenfasens sammansättning är däremot förmodligen ganska liten.

Hur radionuklidernas sorptionsprocesser och kolloidbildning påverkas av cementlakning i slutförvarsmiljön anser SSM är en viktig fråga i samband med säkerhetsanalyserna. SKB bör studera cementlakningens effekter ytterligare. En betydelsefull faktor kan vara omfattningen och tidsutdräkten av förhållanden med förhöjda pH värden i berggrunden.

## **6.10.17. Mikrobiella processer**

### **SKB:s redovisning**

SKB har sammanställt sulfidanalyserna som genomfördes under platsundersökningarna för att förbättra förståelsen för skillnaderna mellan de inledande mätningarna och monitoreringsresultaten. Analyser av observationer i Äspölaboratoriet har genomförts. I Äspö har även forskning kring mikrobiella processer genomförts och avrapporterats. SKB har bedrivit metodutveckling när det gäller provtagning av mikrobiella filmer i sprickor.

SKB planerar fortsätta forskningen kring sambanden mellan sulfid, metan, vätgas och mikroorganismer. Experiment i Äspö planeras. Därutöver planerar SKB studier av hur mikroorganismer och virus påverkar radionuklidtransport.

### **SSM:s bedömning**

Med tanke på sulfidhalternas betydelse i SR-Site har studierna kring förståelsen för olika mätresultat varit väl motiverade. SSM anser det även vara av stor vikt att SKB fortsätter sin satsning kring förståelsen av de sulfatreducerande bakteriernas inverkan på långsiktig säkerhet. Koncentrationer av lösta sulfider i grundvatten är en viktig parameter för analysen av konsekvenser i samband med SKB:s huvudscenario i SR-Site. Tillkomst av ytterligare sulfid via mikrobiell sulfatreduktion är en av de viktigaste processerna som kan påverka analysens slutresultat. En fortsatt forskning bör dels syfta till förståelse för processen i den opåverkade berggrunden, dels hur närheten till en exponerad kopparyta påverkar processen.

SSM anser att det kan finnas skäl att studera även andra mikrobiella processer förutom sulfatreduktion. Mikrober påverkar bl.a. koncentrationerna av reaktiva komponenter i grundvatten som väte, metan, acetat m.m. Dessa kan i sin tur ha betydelse för andra processer kopplat till kopparkorrosion, omvandling av använt bränsle i kontakt med grundvatten eller transport av radionuklider. Relation mellan mikrober och komplexa organiska material i grundvatten kan även ha viss betydelse för bedömning av radionuklidtransport. Betydelsen av vätekonsumerande mikrober med koppling till anoxisk korrosion av kopparkapslar som SSM tog upp i föregående Fud-program är fortfarande aktuell, även processens relativa betydelse kan variera beroende till vad man kommer fram till om korrosionsprocessen i sig.

## **6.10.18. Nedbrytning av oorganiskt konstruktionsmaterial**

### **SKB:s redovisning**

SKB har studerat effekten av stålkorrosionsprodukter samt cementtillsatser som kan lakas ur låg-pH-injekteringsmedel och även påverkan av cementtillsatser på radionuklidorsorption.

SKB planerar att följa litteraturen inom området.

### **SSM:s bedömning**

Beträffande användning av cement i slutförvarsmiljön anser SSM att SKB behöver göra en analys av inverkan på främst sorptionsprocesser för radionuklider samt omfattningen och tidsutdräkt av förhållanden med förhöjda pH värden i berggrunden. Förekomst av pH gradienter i berggrunden kan påverka såväl sorptionsprocesser som kolloidbildning.

## **6.10.19. Kolloidomsättning**

I detta avsnitt behandlas SKB:s redovisning i avsnitten kolloidomsättning – kolloider i grundvatten och kolloidomsättning – radionuklidtransport med kolloider

### **SKB:s redovisning**

SKB har finansierat en doktorand som har undersökt bildning, stabilitet och transport av kolloider. Inom ramen för SR-Site genomfördes kolloidtransportmodellering med beräkningskoden Marfa. SKB har deltagit i CFM-försöket på Grimsel där kolloidtransport har undersökts. Modelleringar har genomförts på KTH. En metod för att dela upp kolloider av olika storlekar har utvecklats för att undersöka storlekens betydelse i olika avseenden.

SKB avser att vidare delta i CFM-projektet med laboratorieförsök och modellering. Kolloidegenskapernas storleksberoende utforskas vidare.

### **SSM:s bedömning**

SSM anser det är positivt att SKB har redovisat kolloidtransport i SR-Site och att SKB har deltagit i CFM-projektet.

SKB har i SR-Site hanterat radionuklidtransport med kolloider indirekt via konservativa antaganden. SSM anser att det därmed finns ett behov av mer kunskap för att på ett utförligare och mer realistiskt sätt beräkna och värdera effekter av radionuklidtransport med kolloider. Inom området finns behov dels av bättre förståelse för kolloidernas interaktion med radionuklider i olika grundvattentyper, dels förståelse av hur kolloider påverkas av passagen genom sprickor i berget. I första hand är graden av reversibilitet eller irreversibilitet för radionuklidernas sorption på kolloidpartiklar en avgörande fråga, och i andra hand kolloidernas livslängd i en strömbana från en havererad kapsel till biosfären genom olika grundvattentyper. SSM ser positivt på SKB:s planerade aktiviteter inom området.

## **6.10.20. Gasbildning/gaslösning**

### **SKB:s redovisning**

SKB har tagit prover och analyserat gaser samt isotoper av gaser i samband med mikrobiella undersökningarna för att utröna gasernas ursprung. En analys av det långsiktiga gasflödet i det djupa berget utfördes inom ramen för SR-Site.

SKB planerar att utveckla metoden för provtagning och analys av helium och dess isotoper för att kunna få data för åldersbestämning av grundvatten. Därutöver planerar SKB insatser för att analysera delta-kol-13 och delta-deuterium i metan och vätgas som invärden för att kunna bestämma ursprung av gaserna.

### **Remissinstansers synpunkter**

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) påpekar att det är känt att det bildas nitrösa gaser vid radiolys, vilka kan accelerera kopparkorrosion. Föreningarna anser att den hypotes som SKB har framfört att kop-

parkorrosion under den torra perioden endast kan äga rum genom reaktion med syrgas är därför osäker och måste verifieras. Gasfasen i deponeringshålen kommer under första 1000 åren ha mycket hög fuktighet och innehålla mycket korrosiva gaser som svavelväte, koldioxid och kväveoxider. Kombinationen hög fuktighet och närvaro av dessa gaser är enligt föreningarna känt som en starkt korrosiv miljö för de flesta metaller inklusive koppar.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på ansträngningarna att förbättra metodiken för att bättre kunna åldersbestämma vatten och utröna gasernas ursprung.

## **6.10.21. Metanisomsättning**

### **SKB:s redovisning**

SKB redovisar att en vetenskaplig publikation har analyserat förekomsten av metanis i kanadensiska permafrostområden. Inom GAP projektet har hittills inga tecken på metanis hittats. Inom SR-Site analyserades potentialen för metanisbildning i Forsmark, Laxemar och Olkiluoto och slutsatsen var att det inte finns förutsättningar för bildning av metanhydrater under permafrostperioder.

SKB avser inte att genomföra ytterligare studier inom området men planerar att följa den vetenskapliga litteraturen.

### **SSM:s bedömning**

SSM anser det är positivt att SKB har analyserat potentialen för metanisbildning i samband med SR-Site och att SKB planerar att följa utvecklingen i ämnesområdet.

## **6.10.22. Saltutfrysning**

### **SKB:s redovisning**

SKB har inom GAP projektet studerat förekomsten av saltutfrysning. Analyser pågår fortfarande, men från befintliga data har SKB inte kunna bevisa att processen har ägt rum.

SKB planerar att ta och analysera nya prover inom GAP projektet för att studera frågan om saltutfrysning och att följa utvecklingen inom ämnesområdet.

### **SSM:s bedömning**

SSM anser att studier av saltutfrysning har varit motiverade på grund av salthaltens inverkan på slutförvarets barriärsfunktioner. SSM har därutöver inga synpunkter på SKB:s planer.

## 6.10.23. Modellering

### 6.10.23.1. DFN

#### **SKB:s redovisning**

SKB har låtit konsulter ta fram en ny modell för generering av sprickor med trunkeringar (UFM) och har undersökt hur osäkerheterna i uppmätta sprickorienteringar i borrhål påverkar resulterande spricknätverksmodeller. Därutöver har SKB låtit ta fram en statistisk metod för definition av sprickdomäner.

SKB avser att tillämpa UFM modellen på Äspödata. Därutöver planerar SKB ett projekt kallat DFN-R som syftar till att utveckla en ämnesgemensam DFN modell, att utveckla en metod för betingad stokastisk modellering, att identifiera undersökningsstrategier under uppförandeskedet och att undersöka viktiga antaganden i beräkningarna.

#### **SSM:s bedömning**

DFN modellen är en betydelsefull komponent i säkerhetsanalysberäkningarna och SSM anser det därför väl motiverat att SKB har genomfört och planerar ytterligare insatser på detta område. Liksom för Fud-program 2010 noterar SSM att rumsliga och strukturella relationer mellan sprickor kan vara betydelsefulla för beräknade grundvattenflöden (Geier, 2011). Myndigheten anser att frågan om osäkerheterna i hur många deponeringshål som skärs av vattenförande sprickor och flödesfördelningen till dessa hål särskilt bör beaktas i de av SKB beskrivna studierna.

### 6.10.23.2. Integrerad modellering – termo-hydro-mekanisk utveckling

#### **SKB:s redovisning**

SKB har initierat ett projekt för modellutvärdering som syftar till valet av lämpliga modeller för undermarksarbetena i Forsmark. SKB har även genomfört arbete kring spännings-transmissivitetssamband för sprickor och deformationszoner. Inom Decovalex projektet har SKB genomfört arbete i samband med Apse-försöket.

SKB planerar att fortsätta arbetet med utvecklingsprogrammet för nya beräkningskoder och veriferingen av resultat med målsättningen att kunna tillämpa bästa möjliga verktyg i samband med undermarksarbetena i Forsmark. Arbetet omfattar planer på termomekanisk modellering av prototypförvaret i Äspö, beskrivning av porttrycksutvecklingen i slutförvarets faser, utveckling av DFN i samband med hållfasthetsberäkningar och slutligen vidareutveckling av konceptuella modeller för hydromekanisk koppling.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB utökat och detaljerat utvecklingsprogramet för nya beräkningskoder och resultatverifiering. Flera av de synpunkter som tidigare framförts av myndigheten ska enligt SKB beaktas inom ramen för genomförandet av det detaljerade utvecklingsprogrammet (se även avsnitt 1.2.7-9).

### **6.10.23.3. Integrerad modellering – hydrogeokemisk utveckling**

#### **SKB:s redovisning**

Inom ramen för SR-Site genomförde SKB kopplade grundvattenflödes och kemiska modeller. SKB har arbetat med utveckling av kopplade modeller i samband med ett beräkningsverktyg kallad Fasteact och har genomfört modelltester. Samtidigt har Connectflow vidareutvecklats för att inkludera hydrokemisk funktionalitet.

SKB planerar att simulera den hydrokemiska utvecklingen i Forsmark med Fasteact för en jämförelse med resultaten i SR-Site. Därutöver planerar SKB att utveckla det kopplade beräkningsverktyget iDP för att förbättra platsförståelse, testa konceptuella modeller och förutsäga den hydrokemiska utvecklingen på förvarsdjup. Utvecklingen av Connectflow fortlöper.

#### **SSM:s bedömning**

SSM anser att det har varit motiverat att genomföra kopplade grundvattenflödes- och kemiska modeller inom ramen för SR-Site.

SSM anser att det finns behov av bättre modeller för att simulera kopplad kemi och transport i olika säkerhetsanalyssammanhang så som modellering av radionuklidtransport och modellering av platsspecifik geokemisk utveckling. I den befintliga modelleringen av geokemisk utveckling på förvarsdjup finns betydande förenklingar som behöver utvärderas ytterligare. Vissa viktiga parametrar som t.ex. sulfidhalt har av SKB ansetts vara konstant trots de omgivningsförändringar som orsakas av t.ex. glaciationscykler. SSM ser därför positivt på SKB:s planer för vidareutveckling av kopplade modeller.

### **6.10.23.4. Integrerad modellering – radionuklidtransport**

#### **SKB:s redovisning**

SKB har tagit fram en uppdaterad version av Marfa (version 3.3.1) efter SR-Site. I nya versionen av Marfa kan både flödesmagnitud och – riktning samt förändringar i flödesfältet hanteras. Resultaten indikerar att metoden som användes i SR-Site oftast är konservativ. SKB har redovisat att ett antal arbeten rörande spårämnesförsök och numerisk modellutvärdering av ett urval av försöken.



SKB planerar att fortsätta utvecklingen av Marfa koden och att även skapa modellkedjan DarcyTools-Pflotran-Marfa som skulle kunna användas i säkerhetsanalysen. Marfa kommer även att användas i en studie där transport i geosfär och biosfär kopplas ihop i en transient modell.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har utfört modellutvecklingsstudier och modellutvärderingar av spårämnesförsök som har bidragit till att öka processförståelsen i samband med radionuklidtransport. I granskningen av Fud-program 2010 ansåg SSM att SKB bör integrera konsekvensanalyserna för biosfären och geosfären så att radionuklidens sönderfalls-kedjor kan hanteras bättre. SKB:s konsekvensanalys i SR-Site är fortfarande indelad i två separata delar. SSM ser positivt på att SKB börjar ta första steg för att koppla ihop transportmodellerna för geosfären och biosfären i konsekvensanalysen.

## **6.11. Ytnära ekosystem**

### **6.11.1. Inledande kommentarer**

SSM bedömer att SKB:s insatser inom området sedan Fud-program 2010 är i linje med den planering som då redovisades. SSM anser vidare att SKB i Fud-program 2013 sammanfattar myndighetens kommentarer till Fud-program 2010 korrekt. SSM noterar att upplägget på programmet med indelningen i de olika delområdena inom ytnära ekosystem innebär ett relativt stort överlapp och att många projekt ingår i, och presenteras under, ett flertal delområden. Framtida redovisningar skulle kunna kompletteras med en sammanfattande tabell utgående från planerade projekt med en beskrivning av vilka delområden dessa projekt stödjer och på vilket sätt. Som en generell synpunkt för området påpekar SSM vikten av att modeller som utvecklas eller används inom SKB:s arbete genomgår en så ordentlig validering som möjligt. Nedan ges mer detaljerade synpunkter under samma rubriker som återfinns i avsnitt 27, ytnära ekosystem, Fud-program 2013.

### **Remissinstansers synpunkter**

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) bedömer att SKB:s biosfärsarbete i det stora hela är mycket väl genomarbetat och övertygande. KVA anser att forskningsprogrammet avseende utgångspunkter för beskrivning och modellering av ytnära ekosystem (27.2) allmänt sett uppvisar hög vetenskaplig kvalitet.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring (Oss) saknar en redovisning av ny kunskap när det gäller risker och konsekvenser för naturmiljön på den valda platsen. SKB har hos Länsstyrelsen i Uppsala län ansökt om dispens från artskyddsförordningen. I länsstyrelsens yttrande framgår att det finns fler skyddsvärda arter än vad avfallsbolaget har sökt dispens för. I bifogade yttranden från Naturvårdsverket och Artdatabanken efterfrågas planer för åtgärder i fall att de presenterade kompensationsåtgärderna inte fungerar. Han-

teringen av dispensansökan har även lett till förändrade planer för kompensationsåtgärder och Oss saknar en redogörelse för detta.

### **SSM:s bedömning**

SSM vill med anledning av Oss synpunkter framföra att frågor kring artskydd och kompensationsåtgärder i samband med uppförande och drift hanteras vidare inom tillståndsprövningarna enligt kärntekniklagen och miljöbalken

## **6.11.2. Terrestra ekosystem**

### **SKB:s redovisning**

Sedan Fud-program 2010 har SKB sammanställt sin kunskap om de terrestra ekosystemen på de undersökta platserna (Löfgren, 2010) baserat på resultat från platsundersökningar och platsmodeller. Denna rapport kommer utgöra en grundsten för kunskapsläget inför kommande säkerhetsanalyser.

Fält- och litteraturstudier med fokus på våtmarker har genomförts eller inletts, bl.a. avseende kolomsättning, myrars succession och historiska användande, beteende vid uppodling, ackumulering av vissa radionuklider, samt förutsättningar för restaurering av våtmarker. Vidare har en genomgång av processer och metoder för parameteruppskattning avseende turbulent transport i atmosfären genomförts. Övervakning av fågel- och viltpopulationer har fortsatt.

SKB planerar att genomföra ytterligare studier av transport och ackumulationsprocesser i våtmark och jordbruksmark. Detta innefattar även att komplettera platsdata med fältinsamlingar i en åldersgradient av våtmarker, samt att studera transport mellan myr och sjö genom att lättlösliga ämnen studeras i profiler genom landskapet. SKB kommer också att studera hur våtmarksutbredningen kan förändras under framtida klimatbetingelser. Vidare kommer arbetet fortsätta mot att ersätta eller komplettera användandet av koncentrationsfaktorer för organismer (CR-värden) med mekanistiska modeller. SKB avser även att utvärdera befintliga data avseende fördelningsmönster av klor i de studerade områden för att på så sätt få en bättre uppfattning av vilka processer och egenskaper som är viktiga för klorering/deklorerung och därmed för omsättningen och fördelning av klor i de terrestra ekosystemen.

### **Remissinstansers synpunkter**

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) anser vad avser terrestra ekosystem är det positivt att SKB haft fokus på kol-14 i den pågående säkerhetsanalysen SR-PSU. KVA noterar att SKB har för avsikt att på lång sikt fortsätta arbetet med att ersätta eller komplettera bruket av koncentrationsfaktor för organismer med mekanistiska modeller. KVA anser att detta möjligtvis kan minska osäkerheterna med de, i många fall, kraftigt varierande koncentrat-

ionsfaktorerna, men förutsätter en ingående förståelse för inblandade processer och möjlighet att bestämma relevanta modellparametrar.

### **SSM:s bedömning**

I granskningen av Fud-program 2010 påpekade SSM att SKB bör utreda orsaken till att SKB:s kol-14 modell för terrestra ekosystem ger resultat som skiljer sig från andra kol-14 modeller i en internationell modell jämförelse, och eventuellt förbättra modellen. SKB har tagit fram en ny kol-14 modell som ska användas i SR-PSU. SSM ser detta som värdefullt och uppmuntrar SKB att fortsätta modellvalidering mot empiriska data.

I granskningen av Fud-program 2010 var SSM positiva till att SKB planerade att studera ackumulationsprocesser i våtmark. De studier SKB initierat sedan Fud-program 2010 indikerar att på landskapsnivå cirka 65 - 80% av det uran och 55-65% av det torium som kommer in i en våtmark uppskattas hållas kvar i torven (Lidman et al. 2012, 2013). Det antas att den dominerande källan för detta uran och torium som är omgivande jordar som vittrar. Studierna visar också att det finns betydande skillnader i tidsmässig variation mellan flöden, till exempel ger vårfloden en kraftig nedgång i koncentrationerna av både uran och torium. Dock konstateras en klar ökning av koncentrationerna under vårfloden vid ett annat studerat avrinningsområde. Detta tyder på ett utflöde av grundvatten med höga halter av uran och torium i lågpunkterna i detta specifika avrinningsområde, vilket kan leda till en s.k. hotspot för ackumulation av radionuklider. SSM ser den data som tas fram i Krycklanprojektet som lämplig data för att testa SKB:s radionuklid transportmodellering. SSM anser det särskilt viktigt att öka förståelsen av lågpunkter i landskapet kopplat till transportprocesser kring hotspots.

SSM är positiva till att SKB planerar en fördjupad utvärdering av hur klor fördelas i terrestra ekosystem. De viktigaste egenskaperna för Cl-36 inkluderar dess artbildning i jordar. Det generella antagandet är att klor framförallt förekommer i kloridföreningar i naturen (Cl<sup>-</sup>). Men studier har visat att Cl<sup>-</sup> i jordar kan omvandlas till olika organiska former beroende på mikrobiell aktivitet och att detta har tydliga effekter på den biokemiska omsättningen av klor (Öberg, 1998). För Cl-36, finns de största osäkerheterna i antaganden om hur det ackumuleras i jord efter ett utsläpp från geosfären, och hur det sedan tas upp av växter. Traditionella modeller som tillämpas rutinmässigt på alla radionuklider kan i vissa fall leda till underskattning av beräknade doser, på grund av att hänsyn inte tas till processer som är särskilt relevanta för speciella radionuklider såsom Cl-36, som har unika egenskaper (Limer et al. 2008).

Experiment utförda vid Imperial College i Storbritannien (Wheater et al. 2007) visar att Cl-36 förekommer i jord både i fast fas och som lösta föreningar. Experimenten visar också att detta gäller för radioaktivt jod, teknetium och selen och att det för dessa radionuklider är tydligt att redox förhållandena i jorden påverkar radionuklidernas mobilitet.

SSM vill uppmuntra SKB att studera hur redoxkänsliga radionuklider påverkas av redoxförhållanden i jordar med fokus på geologisk förvaring av radioaktivt avfall.

SSM uppskattar att SKB fortsätter med det långsiktiga arbete som syftar till att ersätta eller komplettera koncentrationsfaktorer för organismer med mekanistiska modeller. SSM vill framhålla att det förutom att utveckla modeller, också är viktigt att validera modeller med observationer för att öka kunskapen om avgörande processer för radionuklidupptag.

### **6.11.3. Akvatiska ekosystem**

#### **SKB:s redovisning**

Sedan Fud 2010 har SKB sammanställt sin kunskap om de akvatiska systemen i en rapport om havet (Aquilonius, 2010) och en rapport om limniska system (Andersson, 2010) baserat på platsundersökningarna.

Arbete har utförts med att utveckla och utvärdera modeller för spridning och upptag av olika ämnen under havsperioden. Modelleringsinsatserna har kompletterats med mätningar av den kemiska sammansättningen (stökiometrin för 48 grundämnen) i olika organismer och organiskt material. Fältstudier av ämnen i myrsystem och vattendrag har utförts och gett ökad kunskap om de terrestra systemens betydelse för de akvatiska. SKB:s kunskaper om och modeller för hur havet övergår till sjöar och våtmarker har uppdaterats baserat på fält och litteraturstudier, liksom kunskapen om andra limniska system än de tidigare studerade, såsom mindre gölar och sjöar i ett permafrostlandskap.

SKB planerar att stödja utveckling av mekanistiska modeller, med fokus på sjömodeller, genom pågående doktorandarbete vid Stockholms universitet. Ytterligare fältstudier och modelleringsarbete planeras för att belysa betydelsen av terrestert organiskt kol i de akvatiska näringsvävarna. SKB planerar även att uppdatera sin kunskap om förekomsten och vandringsmönster hos fisk i Forsmarksområdet vilket har betydelse för dosuppskattningen för människor från intag av fisk, vilken uppskattas vara dominerande i säkerhetsanalysen avseende SFR.

#### **SSM:s bedömning**

SKB har genomfört en studie med modell - modell och modell - data jämförelser för spridning och upptag av olika ämnen under havsperioden (Erichsen et al., 2010, Erichsen et al. 2013). Två mekanistiska modeller testas; en kompartmentmodell (K-model) och en 3D dynamisk modell (D-model) för att beskriva vad som händer med radionuklider som släpps ut i en vik i Östersjön. Det anges i Erichsen et al., 2013 att: "In contrast to the K-model, the D-model considers adsorption of radionuclides to suspended matter and sediments with different partition coefficients,  $K_{ds}$ , for organic and inorganic particles". Det är oklart för SSM om K-modellen använder samma  $K_d$ -värden för både organiska och oorganiska partiklar eller om bara organiska partiklar finns med i K-modellen, eftersom

suspenderade partiklar inte nämns i artikeln. Transport av radionuklider såsom Th och Tc är starkt beroende av vad som händer med mineralpartiklar och kolloider. I granskningen av Fud 2010, påpekade SSM att SKB bör studera radionuklider med annat geokemiskt beteende än C i den ytnära miljön. SSM uppmanar SKB att ytterligare granska processbeskrivningar i modellerna och t.ex. utreda varför de modellerade CR för Ni och Th för tre organismer har motsatt trend jämfört med uppmätta CR (se figur 5 i Erichsen et al. 2013) samt fortsätta jämföra modelleringsresultat med mätdata.

#### 6.11.4. Biogeokemi

##### SKB:s redovisning

SKB har sammanställt data i en databas från systematiska och synkroniserade provtagningar som karakteriserar koncentrationer av olika ämnen för avlagringar, porvatten, yt-vatten och organismer. Dessa data har sedan utnyttjats dels för att beräkna platsspecifika CR och Kd-värden, vilka viktats med litteraturdata för att användas inom SR-Site, dels för att studera hur stökiometriska samband kan användas för att modellera hur olika ämnen överförs i näringsväven, dels kommer att användas i SR-PSU. Sorptionsegenskaper för jordar från Forsmarksområdet har också studerats vid laborieförsök.

SKB planerar en fortsatt bearbetning av insamlade data med syfte att förbättra beskrivningen av retention och biologiskt upptag på olika rumsliga skalor. I de fall tillräcklig data ändå saknas för att underbygga nödvändig parametrisering av modeller kan ytterligare provtagning bli aktuell. I denna utvärdering ingår också viktiga styrvariabler som ett led i utvecklingen av mekanistiska modeller som ett komplement till användandet av Kd- och CR-värden. För många ämnen påverkar biologiska processer vilken form ämnena förekommer i, och SKB avser att studera kvantitativt viktiga processer i fält. Utvärdering av sorptionsdata från laborieförsök fortsätter.

##### SSM:s bedömning

I SSM:s granskning av SR-Can (Xu et al. 2008) rekommenderade SSM SKB att använda platsspecifika Kd-data från platsundersökningarna i den då planerade SR - Site. Anledningen är att Kd-värden som rapporteras i litteraturen ofta varierar med flera storleksordningar. För att beräkna Kd värden använder SKB platsspecifika data från platsundersökningarna. De enda sk. "true sample pairs" (mätdata från samma prov) som utgör underlag för beräkningarna är "porvatten/fast fas av regolit" och "filtrerat vatten/suspenderat material" (Nordén et al. 2010). SSM har haft intryck av att ett ganska stort antal platsspecifika data var "true samples" och att de använts i valet av CR och Kd-värden i SR-Site. I den fördjupade granskningen av SR-Site har dock SSM:s konsulter funnit att Kd-värden som beräknats med hjälp av SKB:s platsdata baseras på ganska få "true samples" (Klos et al. 2014). I sin granskning fokuserar SSM:s konsulter på ett begränsat antal radionuklider, dvs. jod, niob, radium och selen. Följande antal Kd-värden kan beräknas utifrån "true samples" i SKB:s platsdata:

- Jod: 3 (1 för oorganisk jord, 2 för organisk jord)
- Selen: 13 (5 för oorganisk jord, 8 för organisk jord)
- Niob: 7 (3 för oorganisk jord, 4 för organisk jord)
- Radium: 48 (20 för oorganisk jord, 28 för organisk jord)

SSM ser positivt på SKB:s planer på att genomföra kompletterande provtagningar försättningsvis. Insamlade data kan användas för att minska osäkerheten i Kd och CR-värden samt validering av processbaserade modeller.

### 6.11.5. Hydrologi och transport

#### SKB:s redovisning

Sedan Fud 2010 har Mike She modellen använts för att undersöka utflödet från berget och transportförhållandena inom biosfärsobjekt. Resultaten ingår SR-Site. Inom SR-Site har SKB också bättre kopplat ythydrologisk modellering med radionuklidmodellen. SKB har också arbetat med att ta fram och utvärdera mekanistiska modeller för retentionsprocesser som ett komplement till Kd-värden. Fältstudier av vatten och ämnestransport i Krycklanområdet har bl.a. påvisat myrarnas stora inverkan på transporten av många radionuklider på landskapsnivå.

SKB:s planer inom området beskrivs i första hand under andra rubriker i Fud-programmet. SKB avser studera vidare utströmning under hav och sjö samt processer av betydelse för Kd-värden. Lärdomar från Krycklaprojektet ska återkopplas till Forsmarksområdet liksom lärdomar från jämförande studier på Grönland.

#### Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun ser positivt på SKB:s arbete att verifiera beräknade  $K_d$ -värden med uppmätta värden. Östhammars kommun önskar en beskrivning av hur SKB hanterar fallet då uppmätta värden ger större risk än de beräknade samt hur rutinerna för att ersätta beräknade värden med uppmätta ser ut.

För beräkning av stråldos till framtida invånare på slutförvarsplatsen har SKB valt att ett primitivt samhälle eftersom detta ger högst individdos. Östhammars kommun har uppfattat vatten som en viktig spridningsväg för radionuklider och önskar därför ytterligare beräkningar av individdos där man även valt att utgå från ett modernt samhälle, med borrad brunn och hög vattenförbrukning för sanitet och bevattning av grödor, samt hög grad av självförsörjning.

### **SSM:s bedömning**

I säkerhetsanalysen SR-Site använder SKB ythydrologisk modellering för att ta fram de flödesparametrar som används i modelleringen av radionuklidtransport i biosfären. Med den här nya metoden beräknas vattenbalanser och flöden mellan olika enheter, till exempel geologiska skikt, som motsvarar ”boxar” i radionuklidtransportmodellen, från ett medelobjekt. Detta medelobjekt representerar sex sjöar inom ett ythydrologiskt modelleringsområde. Sjöarna är av olika storlek, med olika typer av vegetation och olika tjocklek på underliggande sediment. Flödena i medelobjektet görs sedan om till parametrar som kan skalas med storleken på ett biosfärsobjekt och dess tillrinningsområden för att kunna modellera alla biosfärsobjekt med deras respektive geometriska data. SSM har noterat brister i den nya metoden i samband med granskningen av SR-Site, t.ex. bristfällig dokumentation av härledningen av transformeringen av flödena i medelobjektet till flödesparametrar i radionuklidtransportmodellen. Ett annat exempel är att det saknas motivering till valet att använda flödesparametrar som härleds från ett medelobjekt och tillämpa dem för olika biosfärsobjekt. SSM uppmuntrar att metoden utvecklas.

SSM ser positivt på att SKB studerar retentionsprocesser vid radionuklidtransport i jordlager med hjälp av processbaserad eller mekanistisk modellering för att ta fram beräknade Kd-värden och sedan jämföra med uppmätta Kd-värden. Resultaten från SKB:s arbete visar på kvalitativ överensstämmelse, dvs. att samma ämnen fördröjs mycket respektive lite. SSM anser att om SKB kombinerar det här arbetet med fältdata från Krycklanprojektet finns möjlighet till modellvalidering och på så sätt öka förståelsen för retentionsprocesser vid radionuklidtransport i ytmiljö.

## **6.11.6. Effekter av långtidsvariationer**

### **SKB:s redovisning**

SKB har beskrivit klimatförhållanden under olika klimatdomäner, samt bedömt hur ekosystemen påverkas. Olika processer har vidare modellerats under varierande klimat och resultaten beskrivs i SR-Site. SKB har tagit fram en ny version av sin landskapsutvecklingsmodell för Forsmark (Lindborg, 2010). Arbetet har bl.a. omfattat en ny strandlinjeförskjutningsmodell och numeriska modeller som beskriver hydrodynamik i havet, uppbyggnad och erosion av sediment, påverkan på strandnära havsekosystem av strandförskjutning, samt en koppling till hydrologin för framtida landskap och klimat.

SKB avser att fortsätta utvecklingen inom området med fokus främst på konceptuell förståelse. Man kommer i detta arbete utnyttja resultat från fält- och modelleringsstudier i områden med andra klimatförhållanden än de som idag råder i Forsmarksområdet (Västerbotten och Grönland). SKB planerar vidare att förbättra förståelsen för igenväxningshastigheten för sjöar, då denna är behäftat med stora osäkerheter samtidigt som den har stor betydelse för dynamiken i landskapsutvecklingen.

### **Remissinstansers synpunkter**

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) noterar att när det gäller landskapsutveckling och avlagringar (27.8) har SKB analyserat ett förenklat samhälle på grund av att det ger högst individdoser. KVA anser att det dock även vore önskvärt med studie över hur en omfattande urbanisering skulle påverka kollektivdosen till människorna i anslutning till förvaret.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB planerar att fortsätta fältundersökningar på Grönland och i Krycklanområdet i Västerbotten. I granskningen av Fud-program 2010 påpekade SSM att SKB bör utnyttja information inte bara från dagens valda plats utan även från platser med data som kan representera egenskaper hos andra typer av potentiella framtida ekosystem och öka förståelsen för processer i dessa ekosystem. SSM ser positivt på att SKB planerar att utnyttja analoga platser med andra klimat än det som råder i Forsmark i dag för att stärka den konceptuella förståelsen av ämnestransport på landskapsnivå. Dock anser SSM att SKB också bör inkludera platser med varmare klimat eftersom det finns stora osäkerheter i framtida förändringar av ekosystem. I SR-Site hanterar SKB osäkerheten vad gäller den globala uppvärmningen genom att beräkna den maximala LDF för en 40 000 års förlängning av den inledande tempererade klimatperioden, dvs. samma processer har använts för den tempererade perioden som för den varmare perioden i modelleringen av radionuklidtransport och dosberäkning. SSM menar att genom att studera en analog till ett framtida varmare klimat kan SKB öka förståelsen för processer som är specifika för detta klimat och kunskapen kan användas i säkerhetsanalysarbetet.

## **6.11.7. Radionuklidmodellering**

### **SKB:s redovisning**

SKB har omarbetat metodiken för såväl beräkningar av aktivitetskoncentrationer i miljön som beräkningar av exponeringen av människor som lever i denna miljö. Den nya metodiken har applicerats inom SR-Site. Vidare har, som redan nämnts i avsnitt 1.2 2, en genomgång av processer och metoder för parameteruppskattning avseende turbulent transport i atmosfären genomförts. SKB har även vidareutvecklat underlaget bakom antaganden om framtida människors markanvändning och vanor.

SKB avser att utveckla modelleringen vad avser Cl-36, Mo-93 och olika nickelisotoper, liksom hanteringen av gasformiga ämnen till att omfatta fler radionuklider, bl.a. planeras en översyn av hur transport av och exponering för radon behandlas.

Arbetet går, som nämnt ovan, vidare med att utveckla mekanistiska modeller som ett komplement till användandet av Kd- och CR-värden. SKB medverkar även i Biotaprojektet Space för att utvärdera betydelsen av den tids- och rumsmässiga avgränsning av



kontaminerade områden för uppskattningen av exponering av andra organismer än människan. En utvärdering planeras av de modelleringsverktyg som används idag avseende funktionalitet i förhållande till långsiktiga behov.

SKB har beskrivit arbetet med en omfattande sammanställning och tillämpning av platsdata och nyutvecklade modeller inom SR-Site. Den nyutvecklade modellen beskrivs successionen av ekosystem kontinuerligt över tiden, som en funktion av landhöjning, sedimentation och igenväxning. Även metodiken för att beräkna exponering för framtida människor som vistas i ett visst landskapsobjekt har vidareutvecklats i SR-Site. SKB använde Erica-verktyget att beräkna dosrater till ett brett spektrum av organismer i SR-Site för att bedöma om ett potentiellt utsläpp av radioaktivitet kan utgöra en risk för miljön.

SKB planerar att påbörja en översyn av hanteringen av urans sönderfallskedja, inklusive radontransport, i modelleringen av ytekosystemen.

### **SSM:s bedömning**

I SR-Site beräknas så kallade doskonverteringsfaktorer för landskapet (LDF) med SKB:s radionuklidtransportmodell för ytnära ekosystem. LDF har enheten årlig dos (Sievert) per utsläppshastighet (Bequerel per år) eller per puls (Bequerel). Den slutgiltiga dosen beräknas genom att multiplicera modellerad radionuklidflux från utsläppet som når ytan med en doskonverteringsfaktor. Tre olika LDF har definierats, nämligen grund-, puls- och fördelade-LDF som beskriver konsekvensen för tre olika typer av utsläpp. SSM ser positivt på SKB:s utveckling av radionuklidtransportmodellen som använder platsspecifika data och har en förenklad beskrivning av successionen av ekosystem kontinuerligt över tiden, som en funktion av landhöjning, sedimentation och igenväxning. Men metodiken för biosfärmodelleringen är komplex och dokumentationen av metodiken är inte alltid tydlig, bland annat med avseende på härledning av parametervärden och resultat mellan olika beräkningssteg. Ett exempel är de flödesparametrar som används i radionuklidtransportmodellen och hur de härleds från vattenbalansen som modelleras av SKB:s ythydrologiska modellering (se kommentarer i avsnitt Hydrologi och transport).

SSM kommer att närmare bedöma SKB:s redovisning i samban med pågående granskning av ansökningar om att etablera ett kärnbränsleförvar.

I granskningen av Fud-program 2010 ansåg SSM att SKB bör integrera konsekvensanalysen för biosfär och geosfär för att få en bättre hantering av radioaktivt sönderfall i radionuklidtransport modelleringar. SSM ser positivt på att SKB har påbörjat en översyn av hanteringen av urans sönderfallskedja, inklusive radontransport, i modelleringen av ytekosystemen.

## **6.11.8. Miljöövervakning**

### **SKB:s redovisning**

SKB bedriver ett reducerat provtagningsprogram och avser att fortsätta med detta. Ingen riktad forskning planeras, men data från platsundersökningarna och det reducerade mätprogrammet ska utvärderas och ligga till grund för revidering av nuvarande mätprogram och planering av mätprogram kopplat till uppförande av slutförvar.

SKB har tagit fram ett övervakningsprogram för insamling av både abiotiska och biotiska parametrar under platsundersöknings period. Efter avslutning av platsundersökningar har ett reducerat provtagningsprogram fortsatt till idag för Forsmark. SKB avser att det inte finns något behov av riktade forskningsinsatser på övervaknings område, men en utvärdering av de genomförda undersökningarna och insamlade data behöver göras.

### **SSM:s bedömning**

SSM noterar att det pågår en diskussion internationellt om att även efter förslutning genomföra viss form av miljöövervakning. SSM anser att SKB bör bevaka den internationella diskussionen t.ex. inom NEA:s forum och projekt.

## **6.11.9. Nationella samarbeten, internationellt arbete samt informationsspridning**

### **SKB:s redovisning**

SKB har deltagit i flera internationella arbetsgrupper under IAEA, Bioprot, IUR och Star (strategy for allied radioecology), samt fortsatt samarbetat med Posiva, NMWO, NDA och GEUS. Resultat från SKBs forskning har publicerats i ett specialnummer av AMBIO samt presenterats vid flera vetenskapliga konferenser. SKB föreläser om biosfärprogrammet vid flera av landets universitet.

SKB planerar att fortsätta sina internationella och nationella samarbeten samt att sprida resultat från forskning via vetenskapliga artiklar och konferenser samt vid föreläsningar vid universitet och högskolor. SKB planerar även att delta i EU-projektet GHG-Aquaflux avseende metanomsättning i sjöar.

SKB redovisar sitt tidigare och planerade aktivt deltagande i olika internationella sammanhang inom området ytnära ekologi. Vidare anser SKB att det är angeläget att sprida den nyvunna kunskapen via vetenskaplig publicering och ett aktivt deltagande vid internationella symposier och föreläsningar vid landets universitet och högskolor.

### **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 kol-14 och radium-26 inom Bioprota.

## 6.12. Andra metoder

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 28, Andra metoder, i Fud-program 2013.

### SKB:s redovisning

SKB:s redovisning av sitt arbete med andra metoder handlar om alternativa strategier för hantering av använt kärnbränsle. För det mesta är SKB:s arbetssätt att följa utveckling av dessa metoder (dvs. separation och transmutation, och deponering i djupa borrhål).

I båda fallen, efter att först redogöra för vad de olika strategierna innebär, går SKB igenom slutsatserna i Fud-program 2010 och dess granskning. Sen anger SKB en sammanfattning över nyvunnen kunskap sedan 2010 och slutligen en redogörelse för SKB:s mål med vidare forskning under de kommande åren.

### Remissinstansernas allmänna synpunkter

Chalmers tekniska högskola (CTH) återger under rubrik ”Exempel på områden där forskningsinsatser skulle kunna ökas: alternativa metoder för omhändertagande av använt kärnbränsle” nedanstående synpunkter.

En svaghet i det svenska systemet med direktdeponering av det använda bränslet är att bara någon procent av energiinnehållet utnyttjas. Cirka 99 % betraktas som avfall. Kärnergin skulle således kunna bli hundrafalt mer uthållig, och Sverige skulle kunna basera sin elproduktion på redan brutet uran och producerade transuraner under tusentals år framåt, eller om man så vill tills ett förnybart koldioxidfritt energisystem kunnat byggas upp. Metoden bygger på att uran, neptunium, plutonium, americium och curium återvinns ur bränslet, troligtvis med våtkemiska metoder (vätskeextraktion) och används till att framställa nytt kärnbränsle. På så sätt omvandlas med tiden de långlivade, radiotoxiska aktiniderna till betydligt mindre radiotoxiska och i de flesta fall till kortlivade fissionsprodukter. Behovet av slutförvar försvinner inte, men det kan byggas med andra förutsättningar främst vad gäller tidsaspekten då förvaret måste vara säkert.

CTH konstaterar att SKB under ca 20 år har stött forskning inom detta område, men under senare år har satsningen minskat kraftigt. Detta är beklagligt, eftersom det av studenter betraktats som ett nyskapande och intressant område, dvs. det har varit relativt lätt att värva kompetenta doktorander som sedan anställts inom industrin. Detta är således ett område där även en relativt liten ekonomisk satsning ger god utdelning för bevarandet av en hög kärnteknisk kompetens i Sverige.

Det är dock med tillfredsställelse som Chalmers noterar att slutförvaret förväntas byggas så att ett återtag kan ske under eller efter drifttiden om förutsättningarna skulle ändras genom att GEN IV-system tas i drift. Det är viktigt att forskning sker så att en kontinuerlig kunskap finns om vilka GEN IV-bränslen som kan bli aktuella liksom hur aktinider återvinns ur dessa på ett säkert, miljövänligt och effektivt sätt.

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) instämmer generellt sett i SKB:s bedömning att de alternativa metoder som beskrivs, separation och transmutation samt förvaring i djupa borrhål, i nuvarande kunskapsläge inte kan förordas men att det är angeläget att kontinuerligt följa utvecklingen inom dessa områden.

KVA noterar också att i rapporten nämns inte om SKB har beaktat alternativa åtgärder som isotoputspädning, d.v.s. att tillsätta en stabil eller kemiskt analog isotop för kritiska radionuklider, eller minskning av volymen av vätskeformigt avfall genom utfrysning, då endast ammoniumfluorid passar in i isens kristallstruktur.

### **6.12.1. Separation och transmutation**

#### **SKB:s redovisning**

När det gäller separation och transmutation beskriver SKB hur en satsning på denna strategi (med bland annat att upparbeta bränsle som kommer från dagens kärnkraftsanläggningar och att driva nya snabbreaktorer) skulle i princip påverka behovet av och tekniska krav på slutförvar för olika typer avfall. SKB nämner också hur sitt engagemang i forskning har sedan Fud-program 2010 blivit begränsad till att omfatta separationsteknik och satsningar på nya bränslen, medan Vetenskapsrådet nu finansierar forskning och utveckling av nya reaktorer. Mot denna bakgrund noterar SKB att trots att det är nu tillåtet att bygga ny kärnkraft i Sverige finns det fortfarande principen om att inte upparbeta det använda svenska kärnbränslet.

#### **Remissinstansers synpunkter**

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) noterar att i Fud-program 2013 föreslås en kraftig reducering av forskning inom separation och transmutation, med motiveringen att de eventuella konsekvenserna hänger samman med utveckling av nya reaktorer. Samtidigt

konstaterar SKB (avsnitt 28.1) att forskningsområdenas relevans har ökat. KVA anser inte att man bör dra ner på forskningen på ett så tidigt stadium. Även om transmutation strider mot principen att inte upparbeta svenskt använt kärnbränsle, och därför ligger utanför SKB:s ansvarsområde, kan framtida tekniska landvinningar komma att förändra de ursprungliga förutsättningar som ledde till det politiska beslutet att inte upparbeta. Därför saknar KVA i det här sammanhanget några ord om möjligheter till återtagbarhet och någon slags kontrollstation innan den faktiska slutdeponeringen inleds.

Uppsala universitet framhåller att de delar SKB:s syn på vikten av att stödja forskning inom området separation och transmutation. Mot bakgrund av detta är det förvånande att SKB valt att halvera sitt stöd. I själva verket har svenska lärosäten genom tidigare stöd från bl.a. SKB skapat en stark plattform i internationella samarbeten inom forskningsområdet men som riskerar att förfalla på grund av medelsbrist. Detta särskilt som staten inte har aviserat nya forskningsmedel varken inom detta område eller för generation IV teknologin i stort. Uppsala universitet uppmanar därför SKB att åter höja forskningsstödet till den tidigare nivån under kommande Fud-period.

## 6.12.2. Djupa borrhål

### SKB:s redovisning

Med avseende på djupa borrhål för slutförvaring anger SKB en sammanfattning av arbetet inom flera teman kring bedömning av genomförbarheten av strategin och konsekvenser för långsiktigsäkerhet. SKB avslutar med att framföra (som i tidigare Fud-program) sin bedömning att deponering i djupa borrhål inte är en realistisk metod för slutlig omhändertagande av använt kärnbränsle, men avser ändå att fortsättningsvis bevaka utvecklingen inom detta område.

### Remissinstansers synpunkter

Karlstads universitet konstaterar i sitt remissvar under rubrik ”Bristen på uppdatering i Fud-program 2013 och dess konsekvenser” att det i inledningen (sid 496-7) i rapporten framgår två saker:

- att SKB, med stöd av senare års internationella studier (bl.a. Brady et al 2009 och Arnold et al 2011), nu på flera viktiga områden har reviderat sin tidigare beskrivning av teknikrelaterade basdata för ett borrhålsförvar; bl.a. för säkerhetsavstånd mellan borrhål, arealbehov, deponeringsdjup, borrhålsdiameter, kapselstorlek, infodring samt deponeringsmetodik
- att SKB inte gjort en motsvarande uppdatering av borrhålsförvarets barriärfunktioner och övriga säkerhetsaspekter, trots att även dessa basdata är väl beskrivna i de internationella FoU-arbeten (bl.a. Brady et al 2009 och Arnold et al 2011) vars redovisningar och slutsatser har bedömts så tillförlitliga att de legat till grund för den av SKB nu genomförda uppdateringen av teknikrelaterade basdata.

Vad avser SKB:s agerande utifrån att det inte heller i Fud-program 2013 finns en uppdaterad redovisning av borrhål-konceptets säkerhetsfunktioner innebär att det fortfarande saknas ett allsidigt beslutsunderlag för den jämförelse som enligt MKB-lagstiftningen ska göras mellan sökandens metod och de alternativ som finns vid slutförvaring i svensk berggrund.

Karlstads universitet konstaterar vidare i sitt remissvar under egen rubrik ”Borrhålsförvarrets barriärer” att SKB, trots upprepade remiss- och kompletteringskrav, fortfarande väljer att inte redovisa de säkerhetsfunktioner som metoden djupa borrhål baseras på.

Istället används felaktiga skrivningar om ”berget som den viktigaste barriären” (sid 496, andra stycket under 28.2) och ”att ett koncept som endast har berget som skyddande barriär har en allvarlig brist eftersom det då inte uppfyller kravet på ett fler-barriärsystem” (sid 499, andra stycket).

Universitetet konstaterar att säkerheten för ett borrhålsförvar på 3-5 km djup under senare år har analyserats i flera utländska studier (se referenser i universitetets remissvar) och slutsatsen är att det varken är ”berget” eller några av dess egenskaper som avgör säkerheten, utan grundvattnets zoner och dess stabilitet över tid.

Denna slutsats baseras bl.a. på djupdata som visar att grundvattenzoneringen i normala urbergsområden kan bestå över årmiljoner och att detta även gäller i områden som gått igenom såväl nedisningar som stora jordskalv, samt att det just genom grundvattnets zoner finns flera olika hinder mot spridning av radioaktiva ämnen på 3-5 km djup. Vidare kan universitetet konstatera att den undre zonens grundvatten har mycket låg mobilitet och att uppåtriktad spridning hindras av den stora densitetskontrast som finns mellan den övre och undre zonens vatten. På aktuella djup finns också geokemiska och tryckrelaterade faktorer som motverkar spridning. Utöver dessa av naturen givna barriärfunktioner kan säkerhetens förstärkas med konstruerade skyddsfunktioner, bl.a. för att få stabil kvarhållning av särskilt farliga isotoper som jod<sup>129</sup>.

Karlstads universitet anser att de barriärfunktioner som dagens djupa borrhålskoncept baseras på är:

- grundvattnets zoner, vilket på 3-5 km djup motverkar vertikala grundvattenrörelser och särskilt uppåtriktade rörelser till den övre zonens grundvatten pga. den stora densitetskontrast som finns mellan den övre och undre zonens vatten,
- det höga trycket (som på dessa djup minimerar andelen öppna sprickor i berget och därmed bergets permeabilitet), vilket begränsar grundvattnets mobilitet och därmed radionuklidens spridningsvägar i berggrunden,
- grundvattnets sammansättning, vilket på 3-5 km djup ger en kemisk reducerande miljö som hämmar löslighet och därmed transport av kritiska radionuklider. Vi-

dare finns höga jonladdningar, vilket motverkar kolloidal transport av radionuklider,

- det stora deponeringsdjupet (3-5 km), vilket minimerar risken för både avsiktliga och oavsiktliga intrång i förvarsområdet.

Utöver dessa av naturen givna och över tid ”testade” skyddsfunktioner kan säkerheten enligt universitetets uppfattning förstärkas genom konstruerade barriärer, bl.a. genom att:

- tillföra kemiska komponenter i borrhålens buffertmaterial för att via kemiska reaktioner med kritiska radionuklider, som jod129, få dessa stabilt kvarhållna i deponiområdet,
- använda kapselmaterial särskilt anpassade till den geokemiska miljön på 3-5 km djup, vilket åtminstone i närtid bidrar till att hålla kvar kärnavfallet inne i avfallskapslarna.

Universitetet konstaterar att sammantaget visar senare års internationella studier att säkerheten för ett borrhålsförvar på 3-5 km djup kan baseras på ett fler-barriärsystem där det finns flera funktionsmässigt oberoende barriärer. I Fud-program 2013 redovisas varken detta eller att metoden djupa borrhål i internationella studier bedöms ha mycket goda förutsättningar att infria säkerhetsvillkoren i SSM:s (tidigare SKI:s) fler-barriärprincip. Istället upprepas det helt motsatta; att metoden djupa borrhål ”inte uppfyller kravet på ett fler-barriärsystem”.

Karlstads universitet konstaterar också i sitt remissvar under egen rubrik ”Bristen på allsidighet och vetenskaplig stringens i Fud-program 2013” att bristen på uppdatering och allsidighet är bristfällig. Ett exempel är i avsnittet ”Nyvunnen kunskap sedan Fud-program 2010” som avslutas med påståendet ”att det idag inte finns något som pekar på att ... en deponering i djupa borrhål skulle leda till en säkrare slutförvaring än vad KBS-metoden ger”.

Universitetet menar att utanför SKB finns dock en annan verklighet som pekar på den motsatta slutsatsen, bl.a. i vetenskapliga studier gjorda i USA, England, Sydkorea och Kanada (bl.a. Brady et al 2009, Gibbs et al 2008, Kang 2010, Brunskill and Wilson 2011). Att då bortse från slutsatserna i just dessa studier är synnerligen problematiskt, inte minst i ljuset av att det redovisas under rubriken ”Nyvunnen kunskap”.

Universitetet påpekar att motsvarande problematik avseende selektivitet i redovisningen av basdata för borrhålskonceptet finns när grundvattnets zoner, och den för säkerheten så avgörande densitetskontrasten mellan den övre och nedre zonens vatten, ”icke-redovisas” med hjälp av en gammal vilseledande figur (Fig 28.2, sid 497). Vidare hänvisas till en icke korrekt figur från 1998 (SKB TR-98-05) och vars felaktighet påpekades

redan 2007; dels av flera remissinstanser i samband med Fud-program 2007, dels direkt till 20-talet SKB-företrädare vid KASAM:s (numera Kärnavfallsrådet) seminarium om djupa borrhål i mars 2007.

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) finner att SKB i Fud-programmet belyser avsevärda svagheter i konceptet djupa borrhål. Det framgår att SKB kommer att begränsa sig till att bevaka konceptets utveckling. KVA anser att SKB i denna del argumenterar övertygande om varför man håller så låg profil inom detta område.

Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) anser att trots en bra uppdatering av teknikrelaterade basdata för djupa borrhål som slutförvarsalternativ, har redovisningen i forskningsprogrammet flera brister. Först och främst saknas en uppdaterad och allsidig redovisning av borrhålförvarets barriärfunktioner och övriga säkerhetsaspekter. Det är en anmärkningsvärd brist då även dessa aspekter är väl beskrivna i de utländska FoU-arbeten som SKB i övrigt hänvisar till.

Vidare upprepas missvisande skrivningar om ”berget” som den viktigaste barriären och att metoden djupa borrhål ”inte uppfyller kravet på ett fler-barriärsystem”. Särskilt problematiskt är att SKB själv bidrar med missvisande omtolkningar av den för säkerheten viktiga fler-barriärprincipen.

Föreningarna noterar också att SKB inte heller i forskningsprogrammet Fud-13 ger en uppdaterad redovisning av borrhål-konceptets säkerhetsfunktioner.

Föreningarna konstaterar att SKB, trots upprepade remiss- och kompletteringskrav, fortfarande vägrar redovisa de säkerhetsfunktioner som metoden djupa borrhål baseras på. Istället används missvisande skrivningar om ”berget som den viktigaste barriären” och ”att ett koncept som endast har berget som skyddande barriär har en allvarlig brist eftersom det då inte uppfyller kravet på ett fler-barriärsystem”. Att jämföra med kraven i tidigare Statens kärnkraftsinspektion, SKI:s, fler-barriärprincip är bra då den är lika viktig idag som när den först presenterades på 1980-talet. Men även bra principer bör brukas på ett relevant sätt.

Föreningarna kan konstatera att en konsekvens av KBS-metodens deponeringsdjup (ca 500 m) är således att SKB, trots mer än 30 års utvecklingsarbete, inte kunnat förse förvaret med ett fler-barriärsystem som i sin funktion motsvarar säkerhetsvillkoren i SKI:s (numera SSM:s) fler-barriärprincip.

Föreningarna kan konstatera att säkerheten för ett borrhålsförvar på 3-5 km djup under senare år har analyserats i flera utländska studier och en slutsats är att det varken är ”ber-



get” eller några av dess egenskaper som avgör säkerheten, utan grundvattenzoneringen och dess stabilitet över tid. Föreningarna anser att utöver av naturen givna barriärfunktioner, kan säkerhetens förstärkas med konstruerade skyddsfunktioner, bl.a. för att få stabil kvarhållning av särskilt farliga isotoper.

Föreningarna (liksom Karlstad universitet) kan konstatera att såväl naturliga som konstruerade barriärfunktioner har analyserats och redovisats i senare års utländska studier av konceptet djupa borrhål. Likaså klargörs att det krävs en fortsatt teknikutveckling för att i försök verifiera att såväl borrning som deponering kan genomföras utan missöden. Och för borrhålsförvar som placeras på 3-5 km djup i lämpligt urberg är slutsatsen att säkerheten på dessa djup kan baseras på ett fler- barriärsystem med flera funktionsmässigt oberoende barriärer. Men i Fud-program 2013 redovisas varken detta eller att metoden djupa borrhål har mycket goda förutsättningar att infria säkerhetsvillkoren i SKI:s/SSM:s fler-barriärprincip.

Föreningarna konstaterar att i stället för att uppdatera redovisningen av konceptets barriärfunktioner i takt med att utländska FoU- insatser bidrar med ny kunskap, fortsätter SKB med missvisande skrivningar från 1990-talets PASS-studie om ”berget som den viktigaste barriären”. Vidare återges missvisande skrivningar från Fud-program 2010 och ansökan om ”ett koncept som endast har berget som skyddande barriär” och som ”har en allvarlig brist eftersom det då inte uppfyller kravet på ett fler-barriärsystem”.

Föreningarna anser vidare att frågan om ändrade grundvattenflöden vid nedisning och jordskalv är alltför viktig för att hanteras på det sätt som SKB gör gällande saltskiktets stabilitet. Om det antas att SKB har rätt när bolaget hävdar att den ”mycket långsamma omsättningen av grundvattnet” är förvarets ”huvudsakliga säkerhetsfunktion” skulle avslutningen vara missvisande eftersom man i så fall skulle veta väldigt mycket om ”förvarets långsiktiga säkerhet”. Nämligen att säkerheten skulle vara oacceptabelt låg i och med att det i så fall inte skulle finnas något hinder för radioaktiva ämnen att föras ända upp mot markytan, om än med fördröjning. Och i så fall skulle säkerligen inga forskargrupper som analyserat metoden djupa borrhål förorda just denna metod.

Föreningarna menar att problemet istället är att SKB inte någonstans i Fud-program 2013 försöker ge en allsidig och uppdaterad redovisning av borrhålskonceptets säkerhetsfunktioner och risker. Istället skrivs än det ena, än det andra, men sällan det korrekta. I allra första början är det ”berget” som påstås vara den viktigaste barriären mot spridning av radioaktiva ämnen, medan det här istället påstås vara den ”fördröjning” som orsakas av den ”mycket långsamma omsättningen av grundvattnet”. Men slutsatsen i alla utländska studier är ju att båda dessa visserligen bidrar till förvarets säkerhet men att förvarets helt avgörande barriärfunktion inte är någon av dessa, utan just den stabila zonering som grundvattnet har i normalt urberg. Och alla dessa samband är väl klarlagda i och med att

det är denna, av densiteten styrda, zoneringsområden som i första hand förhindrar att radioaktiva ämnen kan föras upp till biosfären

Föreningarna påminner om att när det sen gäller vad som ”med dagens kunskap” verkligen kan sägas om ”effekterna på förvarets långsiktiga säkerhet” vid ändrade grundvattenflöden till följd av nedisning och jordskalv, vet även SKB, enligt föreningarnas uppfattning, att det finns djupdata som för länge sedan har visat att grundvattnets zoneringsområden kan vara stabila över årmiljoner även i områden som bevisligen har drabbats av upprepade nedisningar och stora jordskalv.

Uppsala universitets synpunkter beträffande djupa borrhål kvarstår som de framfördes i Fud-program 2010 med tillägget att konceptet djupa borrhål inte motiverar ytterligare åtgärder från SKB:s sida.

### **SSM:s sammanfattande bedömning**

SSM konstaterar att mycket av innehållet i rapporteringen av ’nyvunnen kunskap’ inom Fud-program 2013 handlar om material och slutsatser som har använts av SKB, antingen i underlaget till sina ansökningar som lämnats i 2011 eller i senare kompletteringar. SSM kommer att yttra sig över hur SKB har använt sådan kunskap som motivering till valet av KBS-3 metoden i sin bedömning inför regeringens beslut om tillstånd för det planerade slutförvaret. I synnerhet kommer SSM att pröva om den presenterade redovisningen av alternativa metoder är tillräcklig för att kunna bedöma metodvalsfrågan.

I detta avseende är det inte lämpligt att bedöma vid granskning och utvärdering av Fud-program 2013 sådana aspekter som har relevans till en bedömning av kravuppfyllelse med hänsyn till tillståndsansökningarna. SSM vill i generell mening betona att det finns ett värde i att följa och bevaka utvecklingsarbetet inom området, vilket även med fördel kan inbegripa eget forskningsarbete.

## 7. Samhällsvetenskaplig forskning

### 7.1. SKB:s program för samhällsvetenskaplig forskning

#### SKB:s redovisning

SKB har mellan åren 2004 och 2011 genomfört program för samhällsforskning. Syftet med programmet har varit att bredda perspektivet på kärnbränsleprogrammets samhällsaspekter, ta fram djupare och bättre underlag för plats- och projektanknutna utredningar och analyser samt bidra med underlag och analyser till forskning som rör samhällsaspekter av stora industri- och infrastrukturprojekt. Effekten SKB ville uppnå var att underlätta för en utvärdering och bedömning av programmet i ett större sammanhang, höja kvaliteten på olika beslutsunderlag och att ge andra likartade projekt möjligheten att ta tillvara kärnbränsleprogrammets erfarenheter.

Programmet delades in i fyra områden:

- Socioekonomisk påverkan – samhällsekonomiska effekter
- Beslutsprocesser
- Opinion och attityder – psykosociala effekter
- Omvärldsförändringar

Sedan Fud-program 2010 har ytterligare tre slutrapporter publicerats inom forskningsområdena Beslutsprocesser och Omvärldsförändringar.

SKB menar att resultaten från samhällsforskningsprogrammet har bidragit till en djupare förståelse och till att öka den allmänna kunskapsbasen för SKB:s arbete. SKB har även haft nytta av resultaten i sitt praktiska arbete. SKB skriver också att programmet är av intresse för SKB:s arbete med att slutgiltigt ta hand om det låg- och medelaktiva kärnavfallet.

SKB gav 2009 ut en skrift med bl.a. beredningsgruppens sammanfattande kommentarer till forskningsprogrammet. Skriften reviderades 2011 inför en internationell konferens som avslutade SKB:s samhällsvetenskapliga forskningsprogram. Därefter har även en konsult utvärderat programmet på uppdrag av SKB.

Beredningsgruppen och konsulten har kommit fram till samma resultat vad gäller effekten av programmet, och SKB kommer fram till samma ståndpunkter i sin syn på behovet av fortsatt forskning på området. Kärnavfallsfrågan har fått ökad synlighet och skapat en kumulativ kunskapsupbyggnad forskare emellan. Forskningen har bidragit med kunskap

som är relevant för beslutsfattande i relation till slutförvarsfrågan. Dessutom borde resultaten kunna generaliseras och användas i annan forskning.

### **Remissinstansers synpunkter**

Kävlinge kommun betonar vikten av det nu avslutade samhällsforskningsprogrammet. Istället för att avveckla skulle kommunen vilja utveckla programmet med beredskap till följeforskning i samband med rivningsprocessen av Barsebäcksverket och de andra anläggningarna. Mycket av den forskning som har bedrivits har skett tidsmässigt så långt före en igångsättning av funktionerna i KBS-3-systemet har gjorts och före en verklig rivning av en kärnteknisk anläggning har startats. Kommunen förordar just följeforskning kring de processer som nu måste starta med rivningsråd där kärnkraftverket, kommunen, omgivande samhälle med företag och föreningsliv kan ingå. Sådan forskning skulle ge värdefull kunskap inför rivningsprocesser i de övriga kärnkraftskommunerna. Kommunen delar därvidlag inte SKB förslag att upphöra med finansiering av samhällsforskning kring kärnavfallsprocessen.

#### Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning

(MKG) anser att forskningsprogrammet som komplement till området informationsbevaring måste ha ett område som behandlar avsiktliga mänskliga intrång som kan bli ett resultat av informationsöverföringen in i framtiden. Och intrång som kan bli ett resultat av en kvalitetssänkning i informationsöverföringen.

Föreningarna har uppfattat att t SKB deltar i IAEA:s projekt om intrång i förvaret, Hidra (Human Intrusion in the context of Disposal of RAdioactive waste) som startade 2012 och planeras att avslutas 2015. SKB står för ordförandeskapet i arbetsgrupp WG2, som hanterar sociala aspekter i framtagandet av scenarier för mänskligt intrång. Föreningarna anser att detta kan vara en god utgångspunkt för ett svenskt forskningsprogram.

Föreningarna anser även att det behövs forskning om behovet av övervakning av ett slutförvar för att se till att förvaret får fysiskt skydd som ska hindra intrång för att komma åt det plutonium som finns i slutförvaret och som kan användas i kärnladdningar. Inom SKB:s program för samhällsforskning gjordes en utmärkt analys av denna fråga av Cramér m.fl. 2010 (avsnitt 29.3.1, s. 509). Detta arbete kan användas som grund för fortsatta studier.

Statens geotekniska institut (SGI) finner att det kan vara något problematiskt om tillämpad forskning inte uppfattas som självständig i förhållande till finansören. SGI anser att det saknas en redovisning av hur det samhällsvetenskapliga forskningsprogrammet förankras inom SKB:s övriga verksamhet och hur SKB skall implementera resultaten.

Sveriges energiföreningars riksorganisation (SERO) anser att omvärldsanalysen bör behandla: hotbilder relaterade till motsättningar i samhället som via terrorhandlingar kan skada samhällets infrastruktur och elförsörjning, religiösa motsättningar, politiska motsättningar vänster/höger falanger, meteoritnedslag (Ref Ryssland) och dataintrång.

Östhammars kommun framhåller att det är av stor vikt att samhällsvetenskaplig forskning blir inkluderat i SKB:s program, för att i ett längre perspektiv kunna sprida de slutsatser vi kommer fram till idag till kommande generationer. En fortsatt forskning inom de områden som är framtagna och som beskrivs i kapitel 29 behövs, då det kollektiva minnet förändras över tid. Med större kunskap för historiska, ekonomiska och opinionsmässiga aspekter kan en fortsatt samhällsvetenskaplig forskning bidra till en ökad förståelse för de komplicerade processer som en stor industrietablering innebär. Unga människors engagemang är lågt i kärnavfallsfrågan och kan ökas genom att särskilt anlägga ett ungdomsperspektiv. Kommunen anser därför att regeringen bör uppmärksammas på vikten av samhällsvetenskaplig forskning i samband med slutförvarets etablering.

Kommunen anser att samhällsforskning inte är statisk utan förändras i takt med att samhället förändras. Det som var "sant" igår behöver inte vara det idag. Det är därför enligt kommunens uppfattning önskvärt att SKB fortsätter att bedriva forskning kontinuerligt även inom det samhällsvetenskapliga området. Kommunen anser vidare att forskningen över de samhällsvetenskapliga aspekterna för ett slutförvar för använt kärnbränsle behöver hållas aktuell i takt med att samhället förändras. Det är av särskild vikt för samhällets utveckling på de orter där etablering kommer att ske, för att se hur samhällets förmåga att tillgodose sysselsättning, företagande, fastighetspriser, turism m.m. påverkas.

Kommunen betonar att etablering av ett slutförvar är ett unikt projekt. Den kunskap som byggts upp är värdefull och viktig för fortsatt planering, utredning, samråd och de enskilda kommunernas framtid. Vilka faktorer kommer att påverka utvecklingen i framtiden och hur ställer vi oss till de förändringar som kommer att ske? Hur påverkas regionen? Merparten av den samhällsvetenskapliga forskningen kommer att ligga till grund för kartläggning och möjlighet till förberedelser, som är viktiga för att kunna genomföra en etablering. Östhammars kommun noterar att beredningsgruppen föreslår flera intressanta forskningsområden. Östhammars kommun anser särskilt att frågor rörande samhällets beredskap för att tillgodose utbildning, planering, kommunal service, bostäder m.m. är särskilt viktiga frågor för vidare forskning och utredning.

SKB anger att "Både Kärnavfallsrådet och Strålsäkerhetsmyndigheten i samband med sina olika granskningar av Fud-program 2007 och Fud-program 2010 har uttryckt uppskattning av samhällsforskningsprogrammet. Viss kritik har dock förekommit, närmast av innebörd att programmet borde ha inrymt studier av ytterligare problemställningar utöver de som har tagits upp. Samtidigt har både Kärnavfallsrådet och SSM understrukit att forskning med samhällsvetenskapliga och humanistiska utgångspunkter kring kärnav-

fallsfrågorna också bör stödjas ekonomiskt av andra än SKB.” Östhammars kommun delar Kärnavfallsrådets och SSM:s synpunkt på så vis att forskning på kärnavfallsområdet med en samhällsvetenskaplig eller humanistisk utgångspunkt till delar borde kunna finansieras av andra än SKB. Östhammars kommun ser dock inget hinder för att samhällsvetenskaplig forskning bedrivs med finansiering av SKB. Den samhällsvetenskapliga forskningen kan bidra till ökad förståelse för historiska, ekonomiska och opinionsmässiga aspekter kring de komplicerade processerna vid stora industrietableringar. Av den anledningen anser Östhammars kommun att samhällsforskning bör inkluderas i SKB:s forskningsprogram i alla fall så länge andra finansiärer saknas. Viktigt är då att forskarna själva formulerar sina forskningsfrågor och ansvarar för metodik, resultat och slutsatser.

Kommunen anser att resultaten från den samhällsvetenskapliga forskningen på många plan kan vara ett viktigt underlag för de politiska beslut som kommer att tas i processen.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB har bedrivit samhällsvetenskaplig forskning inom ramen för sitt kärnbränsleprogram. Forskningen har bidragit till en ökad förståelse för den ekonomiska och sociala dimensionen av slutförvaret och bidrar därmed till en helhetsbild av slutförvarsprocessen.

I granskningen av Fud-program 2010 efterfrågade SSM ett tydliggörande av kopplingen mellan den samhällsvetenskapliga forskningen och SKB:s övriga verksamhet inom ramen för kärnbränsleprogrammet. SSM önskade en tydligare redogörelse av vilken nytta SKB har haft av den samhällsvetenskapliga forskningen. SKB beskriver översiktligt hur den samhällsvetenskapliga forskningen kommit till användning i det praktiska arbetet och för att höja kvaliteten på olika beslutsunderlag.

## **7.2. Informationsbevarande över generationer**

### **SKB:s redovisning**

SKB redogör för bakgrunden till arbetet med informationsbevarande. SKB redogör vidare för tidigare insatser inom området, såsom NKS CAN projektet och att frågan har kommit upp i samband med Clink och kärnbränsleförvarsansökningarna. Därutöver redogör SKB för succesiv och direkt informationsöverföring som två möjliga strategier. Den förstnämnda innebär t.ex. upprättandet av arkiv medan den sistnämnda metoden går ut på att slutförvaret markeras i naturen

SKB framför att de viktiga frågorna om informationsbevarande behöver lösas först i samband med förslutning av kärnbränsleförvaret. SKB:s mål med det pågående arbetet är dels att hitta arbetssätt och kanaler för att fortsatt hålla frågan levande, dels att analysera vilka av data behöver bevaras i samband med processen fram till att förvaret har byggts.

SKB deltar därför i ett OECD/NEA-projekt, samarbetar med sin motsvarighet i Frankrike (Andra) samt har startat egna forskningsuppdrag.

### **Remissinstansers synpunkter**

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) anser att det i Fud-program 2013 saknas en utredning om vad ett oavsiktligt intrång, t.ex. genom djupborrning kan betyda ur ett strålskyddsperspektiv. SKB presenterar pågående och planerat arbete för hur man kan bibehålla det ”samhälleliga minnet” av förvaret, men som komplement till detta, och för att bedöma behovet och värdet av de minnesbevarande insatserna, behövs enligt akademins uppfattning ett svar på frågan om vilka risker som kan förknippas med ett sådant intrång i framtiden.

Umeå universitet och KVA konstaterar att i en nyligen utkommen ICRP rapport, ICRP 122, “Radiological Protection in Geological Disposal of Long-lived Solid Radioactive Waste”, behandlas bl.a. frågan om monitorering av miljöparametrar i förvarets olika konstruktions- och driftsfaser. Enligt denna rapport förväntas någon form av monitorering av basala miljöfaktorer genomföras även efter det att förvarets tillslutits. Umeå universitet och KVA anser att SKB bör ta fram och redovisa metoder för hur detta skall förverkligas. Universitetet anser även att om SKB bedömt att detta inte behövs, bör man istället lämna besked om varför.

Umeå universitet anser också att det saknas en utredning om vad ett oavsiktligt intrång, t.ex. genom djupborrning kan betyda ur ett strålskyddsperspektiv. SKB presenterar pågående och planerat arbete för hur man kan bibehålla det ”samhälleliga minnet” av förvaret, kap. 30 Informationsbevarande över generationer men som komplement till detta, och för att bedöma behovet och värdet av de minnesbevarande insatserna, behövs enligt universitetets uppfattning ett svar på om vilka risker som kan förknippas med ett sådant intrång i framtiden.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring (Oss) noterar att i Fud-program 2013 omnämns intrång endast i kapitlet om återfyllning, och då i meningen att försvåra intrång. Oss efterlyser därför en uppdaterad redogörelse runt riskerna för avsiktliga intrång och möjliga konsekvenser för den långsiktiga säkerheten.

### **SSM:s bedömning**

SSM ser positivt på att SKB arbetar med forskning och utveckling kring informationsbevarande över mycket lång tid. SSM anser det angeläget att SKB genomför planerna på att hitta arbetssätt för att hålla frågan levande och att SKB bör ta fram en strategi för arbetet med informationsbevarande som omfattar tiden fram tills förslutningen av kärnbränsleförvaret. SSM anser att frågorna är mest angelägna när det kommer till kärnbränsleförvaret men att motsvarande frågor även behöver beaktas för SFR och SFL.

Markförvar för mycket lågaktivt kortlivat avfall hanteras för närvarande av kärnkraftverken. Tidshorisonten för dessa förvar är betydligt kortare än för de geologiska slutförvaren men sträcker sig ändå till bortåt hundra år, dvs. över flera generationer. Det bör säkerställas att det även finns effektiva sätt att hantera informationsbevarande för markförvaren med utgångspunkt i SSM:s föreskrifter.



## 8. Referenser

### Sammanfattningen

SKB, 2013. Fud-program 2013, program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering, och slutförvaring av kärnavfall. Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

### Kapitel 4

Bergström U, Nordlinder S, Aggeryd I, 1999. Models for dose assessments. Modules for various biosphere types. SKB TR-99-14, Svensk Kärnbränslehantering AB, Stockholm.

FKA 2013, Planering inför avveckling av FKA's reaktoranläggningar. Rapport FKA-2005-54 rev 5, 2013-05-27.

OKG 2013, Oskarshamnsverket – Avvecklingsplan för framtida avveckling av anläggningarna. Plan-Allmän reg nr 2005-13693 utgåva 3, 2013-05-14.

Ringhals 2013, Ringhals Avvecklingsplan. Plan verksamhet, dok ID 1848196 version 6.0, 2013-06-10.

SKB, 2008. SFR 1 SAR – Kapitel 6 – Radioaktiva ämnen och avfall i anläggningen. SKB DokumentID, 1072360Version 4.0.

SSM 2010/608. Planerad utbyggnad av SFR.

### Kapitel 5

Johansson A, 2011. Test for evaluation of pellets as foundation bed material KBP1003 – ÅSKAR. SKB P-11-48, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Martinsson Å, Andersson-Östling H C M, Seitisleam F, Wu R, Sandström R, 2010. Creep testing of nodular iron at ambient and elevated temperatures. SKB R-10-64, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Martinsson Å, Sandström R, 2012. Hydrogen depth profile in phosphorus-doped oxygen-free copper after cathodic charging. Journal of Material Science 47, 6768–6776.

Sandén T, Börgesson L, 2010. Early effects of water inflow into a deposition hole. Laboratory test results. SKB R-10-70, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2010. Design, production and initial state of the buffer. SKB TR-10-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2011. Ansökan om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet till uppförande, innehav och drift av en kärnteknisk anläggning för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall

Smith P, Neall F, Snellman M, Pastina B, Nordman H, Johnson L, Hjerpe T, 2008. Safety assessment for a KBS-3H spent nuclear fuel repository at Olkiluoto - Summary report. SKB R-08-39, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SSM, 2011. Granskning och utvärdering av SKB:s redovisning av Fud-program 2010. SSM rapport 2011:10, Strålsäkerhetsmyndigheten.

## Kapitel 6

Carlsson T, 2008. Interactions between copper corrosion products and MX-80 bentonite. Posiva Working Report 2008-46, Posiva Oy, Finland.

Dueck A, Goudarzi R, Börgesson L, 2011. Buffer homogenisation, status report. SKB TR-12-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Duro L, Grivé M, Domènech C, Roman-Ross G, Bruno J, 2012. Assessment of the evolution of the redox conditions in SFR\_1. Resolution. SKB Tr-12-12, Svensk Kärnbränslehantering AB

Duro L, Grivé M, Gaona X, Bruno J, Andersson T, Borén H, Dario M, Allard B, Hagberg J, Källström K, 2012. Study of the effect of fibre mass UP2 degradation products on radionuclide mobilisation. SKB R-12-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Ekeröth E, Cui D, Low J, Granfors M, Zwicky H-U, Spahiu K, Evins L Z, 2012. Instant release fractions from corrosion studies with high burnup LWR fuel. I Scientific basis for nuclear waste management XXXV. Warrendale, PA: Materials Research Society. (Materials Research Society Symposium Proceedings 1475), 125–130.

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.

Holgersson S, Dubois I, Börtzell L, 2011. Batch experiments of Cs, Co and Eu sorption onto cement with dissolved fibre mass UP2 in the liquid phase. SKB P 11 24, Svensk kärnbränslehantering AB.

Luping T, Bager D H, 2013. A study of consequences of freezing of concrete structures for storage of nuclear waste due to permafrost. SKB TR-12-13, Svensk Kärnbränslehantering AB

Johnson L, Günther-Leopold I, Kobler Waldis J, Linder H P, Low J, Cui D, Ekeröth E, Spahiu K, Evins L Z, 2012. Rapid aqueous release of fission products from high burn-up LWR fuel: experimental results and correlations with fission gas release. *Journal of Nuclear Materials* 420, 54–62.

Limer, L., Albrecht, A. Marang, L., Miquel, S., Tamponnet, C., Nakai, K., Gierzewski, P., Thorne, M. and Smith, G. (2008). Investigation of Cl-36 Behaviour in Soils and Uptake into Crops. ANDRA Report C.RP.ASTR.08.0048.

Martinsson Å, Andersson-Östling H C M, Seitisleam F, Wu R, Sandström R, 2010. Creep testing of nodular iron at ambient and elevated temperatures. SKB R-10-64, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Martinsson Å, Sandström R, 2012. Hydrogen depth profile in phosphorus-doped oxygen-free copper after cathodic charging. *Journal of Material Science* 47, 6768–6776.

NEA, 2012. The post-closure radiological safety case for a spent fuel repository in Sweden: an international peer review of the SKB license-application study of March 2011. Paris: Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-operation and Development.

Pastina B, LaVerne J A, 2001. Effect of molecular hydrogen on hydrogen peroxide in water radiolysis. *The Journal of the Physical Chemistry A* 105, 9316–9322.

Persson J, Lydmark S, Edlund J, Pääjärvi A, Pedersen K, 2011. Microbial incidence on copper nad titanium embedded in compacted bentonite clay. SKB R-11-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.

Pålbrink L, Rydman O, 2013. Frysning av betong under inverkan av tvång En experimentell studie av frostens inverkan på betongkonstruktionerna i slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall efter en permafrost. Lunds Tekniska Högskola.

Sandén T, Börgesson L, 2010. Early effects of water inflow into a deposition hole. Laboratory tests results. SKB R-10-70, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB, 2008, Säkerhetsredovisning SFR 1. Allmän del 2 – Långsiktig säkerhet. Svensk Kärnbränslehantering AB.

- SKB, 2008a. Safety analysis SFR 1. Long-term safety. SKB R-08-130, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Thorsell P-E, 2011. Studier av frysegenskaper hos betong från 1 BMA. SKB P-13-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Trummer M, Jonsson M, 2010. Resolving the H<sub>2</sub>-effect on radiation induced of UO<sub>2</sub>-based spent nuclear fuel. *Journal of Nuclear Materials* 396, 163–169.
- Wheater, H.S., Bell, J.N.B., Butler, A.P., Jackson, B.M., Ciciani, L., Ashworth, D.J. Shaw, G.G., *Biosphere implications of deep disposal of nuclear waste: the upwards migration of radionuclides in vegetated soils*, (Imperial College Press, London, 2007).
- Zwicky H-U, Low J, Ekeröth E, 2011. Corrosion studies with high burnup light water reactor fuel. Release of nuclides into simulated groundwater during accumulated contact time of up to two years. SKB TR-11-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Åkesson M, Malmberg D, Börgesson L, Hernelind J, Ledesma A, Jacinto A, 2012a. Temperature buffer test. Final THM modelling. SKB P-12-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Åkesson M, Olsson S, Dueck A, Nilsson U, Karnland O, Kiviranta L, Kumpulainen S, Lindén J, 2012b. Temperature buffer test. Hydro-mechanical and chemical/mineralogical characterizations. SKB P-12-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Öberg G. (1998). Chloride and organic chlorine in soil. *Acta Hydrochemica et Hydrobiologica*, 26, 137-144.

## **Kapitel 7**

SSM, 2009. Nationell plan för allt radioaktivt avfall. SSM rapport 2009:29, Strålsäkerhetsmyndigheten, Stockholm.





2014:12

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 stödjer 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-mail: [registrator@ssm.se](mailto:registrator@ssm.se)  
Web: [stralsakerhetsmyndigheten.se](http://stralsakerhetsmyndigheten.se)