



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

2017:17

Granskning och utvärdering av SKB:s
redovisning av Fud-program 2016



Regeringen
Miljö- och energidepartementet
103 33 Stockholm

Yttrande

Vårt datum: 2017-03-23
Er referens:
Diariernr: SSM2016-3611
Dokumentnr: SSM2016-3611-3
Handläggare: Bengt Hedberg
Telefon: +46 8 799 4187

Strålsäkerhetsmyndighetens yttrande över Fud-program 2016

Strålsäkerhetsmyndighetens yttrande

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har lämnat in Fud-program 2016 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.

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

Ärendet

SKB har på uppdrag av reaktorinnehavarna upprättat det forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprogram (Fud-program) som enligt 12 § kärntekniklagen vart tredje år ska inges till myndigheten för granskning och utvärdering. SKB lämnade in Fud-program 2016 den 29 september 2016, i enlighet med 25 § förordningen (1984:14) om kärnteknisk verksamhet (kärnteknikförordningen).

SSM har granskat och utvärderat Fud-program 2016 enligt de kriterier som anges i 26 § kärnteknikförordningen. Detta yttrande samt tillhörande granskningsrapport (bilaga 1) sammanfattar resultaten av granskningen och utvärderingen.

SSM har skickat Fud-program 2016 på en bred remiss till ca 70 organisationer för att inhämta synpunkter. Vid utgången av remisstiden, den 31 december 2016, hade 35 av dessa inkommit med svar varav 14 meddelade att de avstod från att lämna synpunkter. Ytterligare två remissinstanser lämnade synpunkter efter att svarstiden gått ut. En sammanställning av remissinstansernas allmänna synpunkter redovisas tillsammans med myndighetens övergripande synpunkter på Fud-program 2016 i granskningsrapporten. Remissinstansernas mer detaljerade synpunkter redovisas i anslutning till granskningsrapportens olika granskningsavsnitt. En separat sammanställning av remissinstansernas synpunkter bifogas i bilaga 2.

Regeringen ställde i sitt beslut om Fud-program 2013 som villkor att SKB och reaktorinnehavarna inför redovisningen av kommande Fud-program ska fortsätta samråda med SSM i frågor som rör utveckling av avvecklingsplaner och rivningsstudier. Vidare ställde regeringen som villkor att SKB ska säkerställa att kommande Fud-program är



tydligare och mer strukturerade samt klargör hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas i syfte att uppfylla kraven i 10 och 11 §§ kärntekniklagen.

De samråd som genomförts inför inlämnandet av Fud-program 2016 har behandlat dels reaktorinnehavarnas redovisning av planer och strategier avseende avveckling och rivning av kärnkraftverken och Ågesta kraftvärmeverk, dels SKB:s planerade åtgärder för att förtydliga programmet och bättre klargöra hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

SSM:s rådgivande nämnd för frågor om radioaktivt avfall och använt kärnbränsle behandlade huvuddragen i SSM:s granskning av Fud-program 2016 vid sitt sammanträde den 2 februari 2016.

Skälen för beslutet

Uppfyllelse av 12 § kärntekniklagen

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

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

SSM har 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 2016. De detaljerade bedömningarna avseende punkt 1 och 2 ovan framgår av kapitel 4 till 8 i granskningsrapporten. SSM:s övergripande synpunkter avseende alternativa hanterings- och förvaringsmetoder redovisas i avsnitt 3.8 och detaljerade synpunkter återfinns i kapitel 11. SSM:s övergripande synpunkter avseende de åtgärder som avses bli vidtagna redovisas i respektive avsnitt 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 ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle, dels SKB:s ansökningar till SSM och mark- och miljödomstolen om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR), som inlämnades i december 2014. SSM föregriper i granskningen av Fud-program 2016 inte de bedömningar i frågor som hanteras i samband med att SSM granskar och bereder dessa ansökningar inför kommande regeringsbeslut.

SSM bedömer att SKB och reaktorinnehavarna uppfyllt de villkor som regeringen ställt i beslut om Fud-program 2013 (dnr. M2014/930/Ke, M2014/1495/Ke) att SKB och reaktorinnehavarna ska samråda med SSM i frågor som rör utveckling av avvecklingsplaner och rivningsstudier, och att SKB ska säkerställa att kommande Fud-



program är tydligare och mer strukturerade samt klargör hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas i syfte att uppfylla kraven i 10 och 11 §§ kärntekniklagen.

SSM:s sammanfattande bedömning är att den redovisade forsknings- och utvecklingsverksamheten är tillräcklig allsidig 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.

SSM bedömer att reaktorinnehavarna och SKB genom redovisningen av Fud-program 2016 visar 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 tydlig överblick och förståelse för SKB:s och reaktorägarnas övergripande planer som underlag för myndighetens bedömningar av Fud-programmet.

SSM bedömer i anslutning till detta att den förändrade strukturen för Fud-program 2016 jämfört med föregående Fud-program, tillsammans med tillkommande redovisning som tydliggör SKB:s ledning och styrning av verksamheten, bidragit till att klargöra hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

SSM konstaterar att redovisningen av programmet för att utveckla och etablera ett slutförvar för långlivat avfall (SFL) är försenat. SKB aviserade i föregående Fud-program att en säkerhetsvärdering av SKB:s konceptuella utformning av SFL skulle ha avslutats 2016 och redovisats i Fud-program 2016. SKB:s reviderade planer innebär att säkerhetsvärderingen kommer att färdigställas under 2018 och redovisas först i Fud-program 2019.

Med avseende på det värde som SKB tillmäter utfallet av säkerhetsvärderingen vill SSM tydligt framhålla betydelsen av att utfallet av värderingen blir av tillräcklig omfattning, detaljeringsgrad och kvalitet för att underbygga vägledande beslut om inriktningen för fortsatta aktiviteter. SSM avser därför att, inför kommande redovisningar av Fud-program samt tillståndsansökan, noggrant följa SKB:s fortsatta arbete med att vidareutveckla koncept för, samt lokalisering av, ett slutförvar för långlivat avfall.



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, och verksjuristen Pernilla Sandgren deltagit.

STRÅLSÄKERHETSMYNDIGHETEN



Mats Persson



Bengt Hedberg

Bilagor

1. SSM:s granskningsrapport
2. Sammanställning av remissvar
3. Fud-program 2016

För kännedom

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), Anna Alvestad, Martin Amft, Patrik Borg, Michael Egan, Lars Hildingsson, Flavio Lanaro, Jan Linder, Georg Lindgren, Jinsong Liu, Maria Nordén, Carl-Henrik Pettersson, Pernilla Sandgren, Lena Sonnerfelt, Bo Strömberg, Anders Wiebert, Shulan Xu, Åsa Zazzi, Helmuth Zika och Henrik Öberg.

2017:17

Granskning och utvärdering av SKB:s redovisning av Fud-program 2016

Innehåll

Innehåll	1
Sammanfattning	3
Inledning	3
SSM:s sammanfattande synpunkter på SKB:s Fud-program 2016.....	4
1 Inledning	11
1.1 Allmänt om programmet.....	11
1.2 Förutsättningar för SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2016	12
1.3 SSM:s beredning av ärendet	15
1.4 Granskningsrapportens struktur	16
2 Övergripande synpunkter på Fud-program 2016	19
2.1 Samråd om redovisningen i Fud-program 2016	19
2.2 Struktur och innehåll i SKB:s redovisning	19
2.3 Remissinstansernas allmänna synpunkter	21
3 Synpunkter på SKB:s verksamhet och handlingsplan	33
3.1 Inledning	33
3.2 Förutsättningarna för SKB:s verksamhet	33
3.3 Övergripande beskrivning av SKB:s verksamheter	35
3.4 Plan för genomförandet	39
3.5 Handlingsalternativ vid förändrade förutsättningar	41
3.6 Fortsatt forskning och utveckling	42
3.7 SKB:s ledning och styrning av verksamheten	43
3.8 SSM:s samlade bedömning av SKB:s verksamhet och handlingsplan	49
4 Omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall.....	53
4.1 Genomförandeplan för omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall	53
4.2 Framtida insatser för slutförvaret för kortlivat avfall (SFR).....	55
4.3 Framtida insatser för slutförvaret för långlivat avfall (SFL).....	56
4.4 Det låg- och medelaktiva avfallet	61
4.5 SSM:s samlade bedömning.....	72
5 Omhändertagande använt bränsle	75
5.1 Genomförandeplan för använt kärnbränsle.....	75
5.2 Använt kärnbränsle	78
5.3 Kapsel	82
5.4 SSM:s samlade bedömning.....	91

6	Transportsystemet	93
7	Kärnämneskontroll.....	95
7.1	Övergripande	95
7.2	Slutförvaret för långlivat avfall (SFL).....	96
7.3	Slutförvarssystemet för använt kärnbränsle.....	96
8	Slutförvarsgemensam forskning och teknikutveckling.....	99
8.1	Cementbaserade material.....	99
8.2	Buffert, återfyllning och förslutning.....	105
8.3	Berg.....	121
8.4	Ytekosystem.....	138
8.5	Klimat och klimatrelaterade processer.....	144
8.6	SSM:s samlade bedömning.....	148
9	Avveckling av kärntekniska anläggningar.....	149
9.1	Förutsättningar för avveckling.....	149
9.2	Avveckling av reaktorerna i Barsebäck och Oskarshamn	153
9.3	Avveckling av reaktorerna i Forsmark, Ringhals och Ågesta.....	156
9.4	Avveckling av SKB:s anläggningar.....	160
9.5	Beroenden och flexibilitet.....	161
9.6	Fortsatta aktiviteter inom avveckling.....	166
9.7	SSM:s samlade bedömning avseende avveckling.....	168
10	Bevarande av kunskap och information.....	171
11	Alternativa metoder	173
12	Referenser	175

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 2016 och i enlighet med kärnteknikförordningen lämnat det till myndigheten i september 2016. Fud-program 2016 består av fyra delar; Del I, Verksamhet och handlingsplan; Del II, Avfall och slutförvaring; Del III, Avveckling av kärntekniska anläggningar och Del IV, Övriga frågor.

SSM har granskat och utvärderat Fud-program 2016 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 2016 på en bred remiss till ca 70 organisationer. Vid utgången av remisstiden, den 31 december 2016, hade 35 organisationer inkommit med synpunkter. 14 organisationer meddelade att de valde att inte lämna synpunkter. En organisation (Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, (MKG) lämnade sitt remissyttrande den 7 mars 2017.

Myndighetens yttrande över Fud-program 2013 överlämnades till regeringen i mars 2014 och regeringen fattade beslut över programmet i november 2014. Regeringen ställde som villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten dels att SKB och reaktorinnehavarna skulle samråda med SSM i frågor som rör avvecklingsplaner och rivningsstudier, dels att SKB skulle säkerställa att kommande Fud-program är tydligare och mer strukturerade samt klargör hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

Inför inlämnandet av Fud-program 2016 har SKB tillsammans med reaktorinnehavarna samrått med SSM när det gäller omfattning och inriktning av redovisningen i Fud-program 2016. Samråden har avhandlat dels redovisningen av avvecklingsfrågor i Fud-programmet, dels ambitionerna att redovisa en tydligare och bättre strukturerad redovisning i Fud-programmet.

SKB har väsentligen beaktat de synpunkter som framförts under samrådet vilket är en av anledningarna till en förändrad struktur på Fud-program 2016 jämfört med tidigare Fud-program. Förutom att den nya strukturen inkluderar en utvecklad handlingsplan för verksamheten har två nya kapitel tillkommit som dels beskriver det systematiska arbetssätt som SKB har utvecklat för att genomföra den forskning, utveckling och demonstration som behövs, dels tydligare sammanfattar och motiverar de planerade insatser inom forskning och teknikutveckling som behövs för att genomföra återstående arbete.

Myndigheten har i sin granskning av Fud-program 2016 tagit hänsyn till den pågående granskningen av SKB:s ansökningar till SSM och mark- och miljödomstolen om slutförvarssystem för använt kärnbränsle respektive SKB:s ansökningar till SSM och mark- och miljödomstolen om att få bygga ut slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR).

SSM föregriper i granskningen av Fud-program 2016 inte bedömningar i granskningsfrågor som hanteras i samband med att SSM granskar och bereder dessa ansökningar inför kommande regeringsbeslut.

SSM:s sammanfattande synpunkter på SKB:s Fud-program 2016

SKB:s redovisning i Fud-program 2016

SSM bedömer att SKB:s förändrade struktur för redovisningen i Fud-program 2016 är en förbättring jämfört med strukturen i Fud-program 2013. Tillkommande kapitel 4, som beskriver hur SKB arbetar med styrning, ledning och kompetenssäkring, liksom kapitel 5, som innehåller en översikt av återstående FoU-insatser som krävs för att etablera kärnavfallsprogrammet i sin helhet, underlättar för läsaren att förstå kopplingar mellan den övergripande verksamhets- och handlingsplanen och de konkreta insatser som planeras genomföras under kommande Fud-period (dvs. kommande 6 år). SSM välkomnar också att omfattningen av programmet reducerats från drygt 500 sidor i föregående Fud-program till ungefär hälften i Fud-program 2016.

SSM anser att strukturen för Fud-program 2016 är mer lättillgängligt jämfört med Fud-program 2013. SSM bedömer att del I av SKB:s Fud-program är en bra introduktion till SKB:s verksamhet och planer för att ta hand om kärnkraftens restprodukter på ett säkert sätt. Introduktionen i kapitel 1 tillsammans med övergripande beskrivningar av avfallssystemet i kapitel 2 och övergripande genomförandeplaner i del 3, medger en bra insikt i SKB:s verksamhet som grund för att värdera och bedöma Fud-programmet i sin helhet.

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

SSM bedömer att SKB:s beskrivningar av handlingsalternativ vid förändrade förutsättningar, i form av översiktliga konsekvensanalyser för scenarier med förlängda eller förkortade drifttider för dagens kärnkraftreaktorer, är rimligt realistiska och åskådliggörande. 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.

SSM bedömer att de alternativa åtgärder som SKB redogör för i syfte att vid behov åstadkomma ytterligare lagringskapacitet för använt bränsle innebär att det finns utrymme för flexibilitet i systemet för överskådlig framtid. SSM bedömer vidare att SKB:s strategi att, tillsammans med reaktorägarna, upprätthålla en kontinuerlig dialog kring frågor om mellanlagringskapaciteter för låg- och medelaktivt rivningsavfall medger en nödvändig beredskap för att kunna hantera förändrade förutsättningar över tid.

SSM bedömer att tillkommande kapitel 4 som beskriver det systematiska arbetssätt som SKB har utvecklat för att genomföra behövlig forskning, utveckling och demonstration är värdefullt. Redovisningen kompletterar övrig information i Fud-programmet och ger en bättre övergripande förståelse för hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

SSM vill särskilt lyfta fram värdet av tillkommande kapitel 5 som sammanfattar och övergripande beskriver vad som återstår att göra för att implementera återstående delar av slutförvarsprogrammet. Kapitlet utgör därmed en viktig länk till redovisningen i Del II, som mer i detalj redogör för planerade forsknings- och utvecklingsinsatser under kommande Fud-period, dvs. under de kommande sex åren. Redovisningen medger en god överblick av SKB:s planer för fortsatt forskning och utveckling. Till kommande redovisningar av Fud-programmet bedömer dock SSM att det finns utrymme för förbättringar av hur avsnittet kopplar ihop det strategiska behovet och de insatser som krävs de närmsta åren.

SSM bedömer sammanfattningsvis att redovisningen av den verksamhetsövergripande genomförandeplanen (kapitel 3.1), tillsammans med de mer detaljerade genomförandeplanerna för systemet för det låg- och medelaktiva avfallet (kap. 3.3), för KBS-3-systemet (kap. 3.4), och för avveckling av kärntekniska anläggningar (kap. 3.5), tillsammans med redovisningen av flexibilitet i systemet (kap. 3.6) ger en tillräcklig inblick i SKB:s program för att myndigheten ska kunna bedöma programmet.

Omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall

SSM instämmer i SKB:s beskrivning av konsekvenserna för omhändertagande av det låg- och medelaktiva avfallet av beslut om tidigarelagd avställning av reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 respektive Ringhals 1 och 2 samt senarelagt idrifttagande av det utbyggda SFR. SSM bedömer utifrån redovisningen i Fud-program 2016 att de åtgärder som vidtagits vid reaktoranläggningarna samt av SKB för att hantera de förändrade förutsättningarna för omhändertagande av avfallet från avvecklingsverksamheterna, t.ex. genom att säkerställa tillräcklig kapacitet för mellanlagring av avfallet, är ändamålsenliga.

SSM bedömer samtidigt att redovisningen behöver utvecklas i kommande Fud-program genom att utifrån ett övergripande systemperspektiv redogöra för de olika avfallsströmmarnas omfattning, och hur detta avfall avses mellanlagras i såväl existerande och planerade mellanlagringskapaciteter, inför slutförvaring.

SSM bedömer att SKB har redovisat en lämplig sammanfattning av det arbete som ligger till grund för att bygga ut SFR. SSM granskar för närvarande SKB:s ansökan om att bygga ut SFR och avstår därför från att lämna mer detaljerade synpunkter på SKB:s redovisning avseende framtida insatser för SFR.

SSM konstaterar att SKB:s redovisning avseende utvecklingsarbetet för slutförvaret för långlivat avfall (SFL) försenats, men att grundläggande principer samt inriktning för arbetet som redovisades i Fud-program 2013 väsentligen ligger fast. SSM vill betona vikten av att SKB så snart det låter sig göras utvecklar ett koncept för SFL, som är tillräckligt detaljerat för att utgöra en robust utgångspunkt för nästa fas i utvecklingsprocessen, och för de fortsatta åtgärder som erfordras.

SSM ser i den meningen fram emot att ta del av utfallet från säkerhetsvärderingen i redovisningen i Fud-program 2019. SSM vill särskilt betona vikten av att utfallet från säkerhetsvärderingen håller tillräcklig kvalitet för att underbygga vägledande beslut om inriktningen för fortsatta aktiviteter. SSM bedömer det som särskilt viktigt att planer för lokaliseringsarbetet är tillräckligt utförligt beskrivna.

SSM bedömer det som särskilt viktigt att SKB snarast möjligt utvecklar preliminära acceptanskriterier för det SFL-avfall som avses omhändertas och konditioneras i närtid, så att tillståndshavare inom vilkas verksamheter avfallet uppstår/uppstått har möjlighet att konditionera avfallet på ett ändamålsenligt vis.

SSM ser positivt på det utvecklingsarbete som SKB genomfört avseende metodutveckling för mätning av svärmätbara nuklider och ser ett behov av ett fortsatt utvecklingsarbete gällande bland annat verifieringen av de modeller som numera används. SSM bedömer det likaledes positivt att SKB initierat aktiviteter för att utveckla en förbättrad metodik för uppskattning av svärmätbara nuklider. Med hänvisning till pågående granskning av SKB:s ansökan om utbyggt SFR gör SSM ingen detaljerad bedömning av insatser avseende nedbrytningsprodukter från organiskt material och dess interaktioner med radionuklider. På ett övergripande plan ser SSM positivt på att studier pågår för att fördjupa kunskapen inom dessa områden.

Omhändertagande av använt kärnbränsle

SSM bedömer att SKB i Fud-program 2016 har redovisat en lämplig sammanfattning av det arbete som ligger till grund för fortsatt arbete att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. SSM bedömer också att SKB i programmet presenterat en rättvisande redovisning av hur fortsatt utvecklingsarbete planeras genomföras. Avseende förutsättningar i övrigt för uppförande och drift av anläggningarna i slutförvarssystemet hänvisar SSM till pågående granskning av SKB:s ansökningar.

Avseende använt bränsle bedömer SSM att SKB:s redovisning av framtida insatser för processförståelse är väl motiverat och omfattar relevanta frågor som kräver fördjupad förståelse.

SKB:s redovisning som rör kopparkorrosion motsvarar i vissa avseenden 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 därför inte bedömningar utifrån långsiktig säkerhet av sådana kritiska sakfrågor som hanteras i granskningen av SKB:s ansökningar utan fokuserar på att bedöma frågorna utifrån deras relevans för SKB:s föreslagna forsknings- och utvecklingsprogram inom kopparkorrosion.

SSM bedömer att SKB:s planerade forskningsinsatser rörande kopparkorrosion överlag förefaller ändamålsenliga.

Transportsystemet och dess komponenter

SSM bedömer att SKB:s redovisning kopplat till transportsystemet och dess komponenter är av tillräcklig omfattning och detaljeringsgrad för att på ett rättvisande sätt beskriva pågående och planerade verksamheter, och därmed uppfyller syftet med Fud-programmet.

SSM bedömer att SKB i nästkommande Fud-program bör utveckla redovisningen genom att utifrån ett systemperspektiv fördjupa redogörelsen avseende transportlogistik och transportsystemets kapacitet, för att underbygga slutsatsen att det finns tillräcklig kapacitet för att kunna hantera den ökade belastningen på systemet.

SSM bedömer också att SKB i Fud-program 2019 på principiell nivå bör beskriva transportverksamheter som planeras genomföras utanför SKB:s nuvarande system, eftersom sådana transporter kommer att vara av engångskaraktär och inte genomföras inom ramen för redan etablerade och välkända verksamheter. Detta kan t.ex. röra sig om stora rivningskomponenter som kräver specialtonnage.

Kärnämneskontroll

SSM bedömer att SKB:s redovisning kopplat till kärnämneskontroll är av tillräcklig omfattning och detaljeringsgrad för att på ett rättvisande sätt beskriva pågående och planerade verksamheter, och därmed uppfyller syftet med Fud-programmet.

SSM kan konstatera att visst material som avses deponeras i slutförvaret för långlivat avfall (SFL) klassas som kärnämne vilket medför att ett framtida SFL kommer att vara föremål för kärnämneskontroll. SSM bedömer därför att det är viktigt att SKB i ett tidigt skede utvecklar grundläggande principer för hur krav på kärnämneskontroll för denna anläggning kan tillgodoses.

SSM konstaterar att ett eventuellt regeringsbeslut om att bifalla SKB:s ansökningar om att etablera Kärnbränsleförvaret kan innebära att uppförandet av anläggningen påbörjas inom en relativt snar framtid och att de grundläggande principerna för tillämpning av kärnämneskontrollen då behöver vara fastlagda. Inte bara för Kärnbränsleförvaret i sig utan också i ett mer systemövergripande perspektiv med hänsyn till de starka kopplingarna till verksamheten vid Clab/Clink. SSM bedömer därför att SKB i Fud-program 2019 mer utförligt och på principiell nivå behöver beskriva grundläggande principer och planer för kärnämneskontrollen på ett mer sammanhållet sätt.

Planer för fortsatt slutförvarsgemensam forskning och utveckling

SSM bedömer att SKB i Fud-program 2016 har redovisat en godtagbar sammanfattning av pågående och planerade forsknings- och utvecklingsinsatser för att öka processförståelsen för användande av cementbaserade material i slutförvarsanläggningar. SSM bedömer att SKB har en rimlig ambitionsnivå när det gäller insatserna för att bättre förstå degraderingsmekanismer över tid och därmed också betongens betydelse för säkerheten efter förslutning. Redovisningen av betongdegraderingen och dess betydelse i den första preliminära säkerhetsredovisningen, som är bifogad SKB:s ansökan om att bygga ut SFR, granskas för närvarande av SSM i samband med ansökansberedningen. Resultaten från denna granskning kan påverka SSM:s syn på behövliga framtida insatser inom området.

SSM bedömer att SKB:s redovisning av framtida insatser för buffert, återfyllning och förslutning är ändamålsenlig och att SKB har identifierat relevanta behov för viktiga insatser inom området. SSM instämmer med SKB:s slutsatser avseende fokusområden för fortsatt forskning och utveckling som kräver ytterligare insatser för att uppnå tillräcklig processförståelse.

SSM anser att SKB:s utvecklingsarbete kopplat till bergets egenskaper är rimligt och välgrundat. SSM bedömer dock att det finns ett behov av att utveckla och förbättra metodiken för detaljundersökningar, inte minst i syfte att verifiera dess tillämplighet. För utvecklingen avseende undermarksarbeten bedömer SSM samarbetet med SKB:s motsvarighet i Finland, Posiva, som särskilt viktigt, inte minst avseende teknikutveckling för tunneldrivning och borrhning av deponeringshål.

SSM bedömer att SKB:s målsättning med planerade insatser inom ytekosystemområdet är rimlig när det gäller fortsatt forskning för att lösa frågor i samband med befintliga och planerade förvar samt för att behålla kompetens och underhålla modelleringsverktyg och databaser. SSM är positiv till att SKB har tagit hänsyn till SSM:s kommentarer till Fud-program 2013 och att de flesta planerade studier nu har som gemensam komponent att genomgå validering.

SSM ser i positivt på SKB:s insatser kopplade till klimat och klimatrelaterade processer. SSM noterar att SKB:s forskningsinsatser inom den glaciala denudationen ökat sedan Fud-program 2013. SSM noterar särskilt återrapporteringen från SKB:s genomförda studier på Grönland och SKB:s intentioner att fortsättningsvis övervaka det djupa borrhålet framför isfronten.

Avveckling av kärntekniska verksamheter

SSM anser att del III i Fud-programmet ger en tillräcklig översikt av avvecklingsverksamheten och förutsättningarna för att avveckla de kärntekniska anläggningarna.

SSM ser positivt på att SKB och kärnkraftsföretagen har tagit fram nya riktlinjer för friklassning under nedmontering och rivning samt en mall för struktur och innehåll av avvecklingsplaner.

SSM bedömer att redovisningen av beroenden och flexibilitet ger en tillräcklig bild av de olika typer av samband och beroenden som genomsyrar avvecklingsverksamheten, och i den meningen tydliggör interaktionen mellan reaktorägare och tillståndshavare.

SSM bedömer att redovisningen i nästa Fud-program behöver omfatta en tydligare sammanhållen systemövergripande beskrivning av logistiken för hantering av det rivningsavfall som uppstår i form av ungefärliga volymer av olika avfallskategorier, förutsättningar för mellanlagring vid reaktorförleggningsplatserna samt för borttransport till annan mellanlagring och till slutförvarsanläggningar.

Bevarande av information och kunskap genom generationer

SSM anser att bevarande av kunskap kring slutförvaren kan bidra till att minska risken för framtida intrång. SSM anser att SKB:s målsättning att hålla frågorna levande med de planerade aktiviteterna är en lämplig ansats.

Alternativa metoder

SSM vill i generell mening betona att det finns ett värde för SKB att följa utvecklingsarbetet inom området borrhning av och deponering i djupa borrhål och bedömer att SKB:s

ansats att fortsätta bevaka utvecklingen är rimlig. SSM bedömer likaledes att det är befogat att SKB på ett systematiskt och utförligt sätt bevakar relevant forskning som genomförs i vetenskapssamhället i stort, samt bedömer betydelsen av nya forskningsresultat med bäring på SKB:s uppdrag.

1 Inledning

1.1 Allmänt om programmet

1.1.1 Kärntekniklagens krav på redovisning av Fud-program

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 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.

1.1.2 Regeringens beslut över Fud-program 2013

I linje med SSM:s yttrande uttryckte regeringen i sitt beslut den 13 november 2014 att Fud-program 2013 uppfyllde kärntekniklagens krav. Regeringen instämde i SSM:s bedömning att programmet behövde utvecklas. Regeringen ställde som villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten dels att SKB och reaktorinnehavarna skulle samråda med SSM i frågor som rör avvecklingsplaner och rivningsstudier, dels att SKB skulle säkerställa att kommande Fud-program är tydligare och mer strukturerade samt klargör hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

1.1.3 Genomförda samråd om redovisningen i Fud-program 2016

Inför inlämnandet av Fud-program 2016 har SKB tillsammans med reaktorinnehavarna genomfört samrådsmöten med SSM när det gäller omfattning och inriktning av redovisningen i Fud-program 2016. Samråden har avhandlat dels redovisningen av avvecklingsfrågor i Fud-programmet, dels ambitionerna att redovisa en tydligare och bättre strukturerad redovisning i Fud-programmet. Därutöver har diskussioner vid samrådsmötena avhandlat SKB:s redovisning kopplat till slutförvaret för långlivat avfall, (SFL). Som underlag för diskussionerna vid samrådsmötena har SSM tagit fram en

särskild promemoria som tydliggör myndighetens förväntningar på redovisningen i Fud-program 2016.¹

1.2 Förutsättningar för SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2016

1.2.1 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 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 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 tillståndsprövningsprocess. I SSMFS 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 SSM:s förväntningar på redovisningen i Fud-program 2016, SSM promemoria, SSM2015-1136

1.2.2 Fud-programmets övergripande syfte

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 etablerades genom riksdagens beslut 1984 att anta lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen). 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 att driva en kärnkraftsreaktor ska 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 granskas och utvärderas av SSM som med eget yttrande överlämnar programmet till regeringen för beslut. Förfarandet medger en möjlighet för regeringen att ställa de villkor som behövs med avseende på programmets fortsatta inriktning i en robust men samtidigt flexibel process.

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. 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 är tillståndsgivna kärntekniska verksamheter föremål för myndighetstillsyn av efterlevnaden av 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 ännu inte medgivits tillstånd.

Sammanfattningsvis kan konstateras att krav på forskning och utveckling för verksamheten vid en anläggning för slutförvaring av kärnavfall finns etablerade i två olika avseenden. Dels som ett allmänt krav i 2 kap. 10 § SSMFS 2008:1² riktat mot tillståndshavaren för anläggningen i syfte att upprätthålla strålskyddet och säkerheten i

² Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om säkerheten i kärntekniska anläggningar, SSMFS 2008:1

verksamheten³, kompletterad av 2 kap. 1 § SSMFS 2008:21 som avser säkerheten efter förslutning. 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 §. Redovisningen i Fud-program 2016 syftar alltså till att svara upp mot det senare kravet.

1.2.4 Avgränsning mot pågående beredning av ansökningar om ett system för slutförvaring av använt kärnbränsle

SKB lämnade i mars 2011 in ansökningar till myndigheten respektive till mark- och miljödomstolen om tillstånd att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. SSM överlämnade i juni 2016 ett yttrande till mark- och miljödomstolen över SKB:s ansökan enligt miljöbalken för ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall. SSM är i slutskedet av granskningen av SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen om att etablera ett slutförvar för använt kärnbränsle i Forsmark och en inkapslingsanläggning i Oskarshamn och planerar att yttra sig över ansökningarna till regeringen under slutet av 2017. Det har därmed uppstått en överlappning av SSM:s granskning av SKB:s ansökningar och SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2016 som SSM särskilt behöver beakta.

1.2.5 Avgränsning mot pågående beredning av ansökan om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR)

SKB lämnade i december 2014 in ansökningar till myndigheten respektive till mark- och miljödomstolen om tillstånd att få bygga ut slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR) i Forsmark. SSM granskar för närvarande SKB:s ansökan och nuvarande planering innebär att SSM kommer att lämna ett yttrande till regeringen över SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen under 2018. På motsvarande vis som för SSM:s granskning av ansökningar om att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle har det därmed uppstått en överlappning av SSM:s granskning av SKB:s ansökningar och SSM:s granskning och utvärdering av Fud-program 2016.

1.2.6 Fokus för SSM:s granskning och utvärdering

SSM:s granskning och utvärdering avseende redovisningen av de åtgärder som avses att bli vidtagna inom en tidsrymd av sex år fokuserar i första hand på SKB:s arbete relaterat till utveckling av slutförvaret för långlivat avfall (SFL), och på den slutförvarsgemensamma - mer långsiktiga – forskning och utvecklingsverksamhet som SKB bedriver, men även på åtgärder kopplade till den avveckling och rivning som planeras genomföras den närmaste sexårsperioden.

SSM:s bedömningar i övrigt avser programmets funktion att innehålla en översikt över samtliga de åtgärder som kan bli behövliga, framför allt i syfte att granska och utvärdera systemövergripande aspekter.

³ Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall, SSMFS 2008:21

1.3 SSM:s beredning av ärendet

1.3.1 Granskningens genomförande

SKB lämnade den 29 september 2016 till SSM Fud-program 2016, program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall.

Utgångspunkterna för granskningen har varit tillämpliga krav i kärntekniklagen och kärnteknikförordningen, SSM:s synpunkter på tidigare Fud-program, SSM:s tillsyn av berörda verksamheter, regeringens beslut över Fud-program 2013. samt resultatet av de samråd som genomförts avseende utveckling av slutförvaret för långlivat avfall (SFL) samt redovisning av utveckling och rivning av kärnteknisk anläggningar.

För att inhämta synpunkter som är av betydelse för myndighetens granskning och utvärdering har SSM gått ut med en riktad inbjudan till ett 70-tal remissinstanser om att lämna synpunkter på programmet. Av dessa har 35 remissinstanser inkommit med svar varav 14 har avstått från att yttra sig eller att inte lämna synpunkter på programmet. SSM har i genomförandet av utvärderingen beaktat de remissvar som inkommit. Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG), inkom med sitt remissyttrande den 7 mars 2017, dvs. mer än två månader efter utsatt slutdatum. SSM har inarbetat MKG:s synpunkter i rapporten i den utsträckning som varit möjlig.

SSM har i bedömningarna i denna rapport tagit tillvara och refererat till de remissynpunkter som har ansetts tillföra bedömningen väsentlig information.

1.3.2 Beaktande av pågående beredning av ansökningar om ett system för slutförvaring av använt kärnbränsle

SSM bereder för närvarande SKB:s ansökningar om att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. SKB:s redovisning i Fud-program 2016 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. Underlagsmaterialet som lämnats in för granskning av ansökningarna är betydligt mer omfattande och detaljerat än redovisningen i Fud-program 2016.

SSM tar i granskningen av Fud-programmet inte ställning till om nivån på teknik-utvecklingen och kvaliteten på säkerhetsanalysarbetet 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. SSM föregriper vid granskning och utvärdering av Fud-program 2016 inte sådana bedömningar av aspekter av redovisningen som är väsentliga i samband med att SSM yttrar sig över SKB:s ansökningar (se även avsnitt 1.2.4).

1.3.3 Beaktande av pågående beredning av ansökan om utbyggnad av slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall (SFR)

SSM bereder för närvarande SKB:s ansökan om att utöka slutförvaringskapaciteten för slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall, SFR, genom att bygga ut anläggningen med nya slutförvaringsutrymmen. SKB:s redovisning i Fud-program 2016 motsvarar i allt väsentligt information som SSM granskar inom ramen för pågående beredning och som SSM kommer att bedöma i yttranden över ansökan till regeringen. Underlagsmaterialet som lämnats in för granskning av ansökan att bygga ut SFR är betydligt mer omfattande och detaljerat än redovisningen i Fud-program 2016.

SSM tar i granskningen av Fud-programmet inte ställning till om nivån på teknikutvecklingen och kvaliteten på säkerhetsanalysarbetet och övriga redovisningar motsvarar de krav som lagar och föreskrifter ställer på ansökan om att bygga ut SFR. Denna bedömning sker i granskningen av ansökan. SSM föregriper vid granskning och utvärdering av Fud-program 2016 inte sådana bedömningar av aspekter av redovisningen som är väsentliga i samband med att SSM yttrar sig över SKB:s ansökan (se även avsnitt 1.2.5).

1.4 Granskningsrapportens struktur

SSM:s granskningsrapport följer till del den övergripande strukturen i Fud-program 2016, men avviker i vissa avseenden. SSM har valt att redovisa samlade bedömningar avseende transportsystemet och kärnämneskontroll i separata huvudkapitel. Syftet är att integrera relevant information från olika delar av Fud-program 2016 och redovisa sammanhållande bedömningar för respektive område.

Redovisningen är i tillämplig omfattning strukturerad enligt underrubriker i SKB:s redovisning, remissinstansernas synpunkter och SSM:s bedömning.

Kapitel 2 innehåller SSM:s övergripande synpunkter på Fud-program 2016 och utgör en inledning till myndighetens mer detaljerade bedömningar och synpunkter som redovisas i efterföljande kapitel.

Kapitel 3 innehåller myndighetens bedömningar av SKB:s övergripande verksamhet och handlingsplan, för att utveckla och implementera de verksamheter som behövs för omhändertagande och slutförvaring av kärnkraftsprogrammet restprodukter.

I kapitel 4 redovisas myndighetens samlade bedömningar av SKB:s redovisning avseende omhändertagande och slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall.

I kapitel 5 redovisas myndighetens samlade bedömningar av SKB:s redovisning avseende omhändertagande och slutförvaring av använt kärnbränsle.

SKB:s redovisning avseende transportverksamhet återfinns i huvudsak i kapitel 2 i Fud-program 2016 men transportverksamheten berörs också i andra avsnitt i rapporten. Flera samverkande omständigheter gör att transportverksamheterna framöver kommer att få en viktigare roll i det övergripande systemet för omhändertagandet av kärnkraftens restprodukter. SSM har därför valt att samlat redovisa myndighetens bedömningar av SKB:s redovisning av transportsystemet och dess komponenter i kapitel 6.

På motsvarande sätt bedömer SSM att kärnämneskontrollen kommer att få en mer konkret betydelse och inverkan på SKB:s fortsatta verksamheter. Framför allt med avseende på hantering av använt kärnbränsle men också med hänsyn till det planerade slutförvaret för långlivat avfall. SSM har därför valt att samlat redovisa myndighetens bedömningar av SKB:s redovisning kopplat till kärnämneskontroll i kapitel 7.

Kapitel 8 innehåller myndighetens bedömningar av SKB:s redovisning avseende den slutförvarsövergripande forskning och teknikutveckling som behövs för att lösa förvarens utformnings- och konstruktionsfrågor, samt den forskning som behövs för att genomföra analys av förvarens säkerhet efter förslutning.

I kapitel 9 redovisas myndighetens bedömningar av SKB:s redovisning avseende avveckling av kärntekniska anläggningar.

Kapitel 10 innehåller myndighetens bedömningar av SKB:s redovisning avseende bevarande av kunskap och information.

Kapitel 11 slutligen innehåller myndighetens bedömningar av SKB:s redovisning avseende planerade insatser för att fortsätta bevakningen av utvecklingen kopplat till alternativa metoder som borrhning och deponering i djupa borrhål.

2 Övergripande synpunkter på Fud-program 2016

2.1 Samråd om redovisningen i Fud-program 2016

Regeringen ställde i sitt beslut över Fud-program 2013 som villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten dels att SKB och reaktorinnehavarna skulle samråda med SSM i frågor som rör utveckling av avvecklingsplaner och rivningsstudier, dels att SKB skulle säkerställa att kommande Fud-program är tydligare och mer strukturerade samt klargör hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas i syfte att uppfylla kraven i 10 och 11 §§ kärntekniklagen.

Inför inlämnandet har SKB tillsammans med reaktorinnehavarna genomfört samråd med SSM när det gäller omfattning och inriktning av redovisningen i Fud-program 2016. Samråden har avhandlat dels redovisningen av avvecklingsfrågor, dels ambitionerna att redovisa en tydligare och bättre strukturerad redovisning. SKB har vid samråden också redovisat pågående utvecklingsarbete för slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL).

SSM har vid granskning av Fud-program 2016 beaktat redovisning som relaterar till vad som avhandlats på samråden. SSM:s bedömning av en förbättrad tydlighet avseende planering, motivering och utvärdering av forsknings- och utvecklingsåtgärder bedöms i avsnitt 2.2. SSM:s bedömning av redovisning avseende avvecklingsfrågor redovisas i kapitel 9.

2.2 Struktur och innehåll i SKB:s redovisning

SKB:s redovisning i Fud-program 2016

Fud-program 2016 är uppdelat i fyra delar; I) SKB:s verksamhet och handlingsplan, II) Avfall och slutförvaring, III) Avveckling av kärntekniska anläggningar, och IV) Övriga frågor.

I del I beskrivs verksamhet och handlingsplan för att ta hand om och slutförvara radioaktivt avfall och använt kärnbränsle från driften och avvecklingen av de svenska kärnkraftsreaktorerna. Utgående från handlingsplanen motiveras och sammanfattas de planerade insatserna inom forskning och teknikutveckling som behövs för att genomföra de återstående delarna av systemet och för att utveckla kärnkraftsreaktorerna och andra kärntekniska anläggningar. Där beskrivs också det systematiska arbetssätt som SKB har utvecklat för att genomföra den forskning, utveckling och demonstration som behövs för att kunna realisera planen och ta hand om radioaktivt avfall och använt kärnbränsle på ett säkert och kostnadseffektivt sätt.

I del II beskrivs planerade forsknings- och teknikutvecklingsinsatser under denna Fud-period. Fokus ligger på de frågor som SKB identifierat som prioriterade för den fortsatta hanteringen och slutförvaringen av radioaktivt avfall respektive använt kärnbränsle. Beskrivningen av planerade insatser presenteras för det låg- och medelaktiva avfallet, det använda kärnbränslet och förvarssystemens olika delar, vilket innebär att forskningen och teknikutvecklingen beskrivs integrerat för de tre slutförvararna. Nulägesbeskrivningen av

kunskapsläget redovisas översiktligt och hänvisar till mer detaljerad resultatredovisning i underlagsrapporter.

I del III presenteras planeringen för avvecklingen av kärnkraftsreaktorerna och SKB:s anläggningar liksom de beroenden och den flexibilitet som finns i systemet samt planering för fortsatt utvecklingsarbete.

I del IV beskrivs kunskapsläget och planerade insatser inom två övriga områden som är av intresse för SKB, nämligen frågeställningar kring informationsbevarande över generationer och utvecklingen inom områdena borrning av och deponering i djupa borrhål.

SSM:s bedömning

Som redogjorts för ovan ställde regeringen i sitt beslut som villkor för den fortsatta forsknings- och utvecklingsverksamheten att SKB skulle säkerställa att kommande Fud-program är tydligare och mer strukturerade samt klargör hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

SKB har i de samråd som genomförts med SSM redogjort för de åtgärder som vidtagits för att uppfylla villkoret om ett tydligare Fud-program. SKB har redovisat att syftet med arbetet varit att göra programmet mer lättillgängligt. Dels genom att utveckla och förbättra strukturen för programmet. Dels genom att reducera detaljeringsgrad och därmed omfattningen av programmet och i högre utsträckning referera läsare som är intresserade av detaljer till underliggande referensdokument.

Konkret innebär det bland annat att SKB introducerat ett par nya kapitel i Fud-program 2016 jämfört med Fud-program 2013. Dels kapitel 4 som redogör för hur SKB har organiserat och bedriver forskning och teknikutveckling och hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas. Dels kapitel 5 som beskriver återstående FoU-arbete som behöver genomföras för att etablera och genomföra alla de återstående verksamheter som behövs för att göra slutförvarssystemet komplett. Redovisningen i kapitel 5 fungerar dessutom som en kortfattad introduktion och tydlig länk till redovisningen i Del II, som mer i detalj redogör för planerad FoU under kommande Fud-period, dvs. under de kommande sex åren.

SSM bedömer att de förändringar som genomförts avseende struktur och innehåll i Fud-program 2016 i generell mening lever upp till regeringstvillkoret om att kommande Fud-program är tydligare och mer strukturerade samt klargör hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas. SSM bedömer särskilt att tillkommande element i kapitel 4 och 5 i Fud-program 2016 bidrar till att klargöra hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

SSM har också uppmärksammat att redovisningen i Fud-program 2016 i högre grad än tidigare Fud-redovisningar relaterar framtida aktiviteter till de olika hållpunkter i den stegvisa process för uppförande och driftsättning av en kärnteknisk anläggning som regleras genom SSM:s föreskrifter SSMFS 2008:14. SSM bedömer att den förtydligade kopplingen till de olika beslutsstegen underlättar förståelsen för den övergripande

⁴ Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter om säkerheten i kärntekniska anläggningar, SSMFS 2008:1

planeringen för SKB:s verksamheter och kopplingar till den konkreta tillsynen av tillstånds- och föreskriftskrav som bedrivs inom ramen för SSM:s tillsyn av redan tillståndsgivna verksamheter.

SSM bedömer vidare att den förändrade strukturen i Fud-program 2016 med en del III som är dedikerat till avvecklingsområdet utgör en förbättring av redovisningen. Mot bakgrund av att övrig redovisning i Fud-programmet avser planering för att uppföra och genomföra aktiviteter bedömer SSM det som naturligt att avvecklingsfrågorna, som är av en annan karaktär, redovisas som en avgränsad del av rapporten.

2.3 Remissinstansernas allmänna synpunkter

2.3.1 Kommunernas allmänna synpunkter

Östhammars kommun anger att utgångspunkten för deras arbete är att SSM är expertmyndighet och ska ha den expertis som krävs för att granska och bedöma kvaliteten på dokumenten. Östhammars kommun fokuserar i huvudsak på frågor som faller inom ramen för kommunens ansvar och kompetens och som har betydelse för kunskapsuppbyggnad om radioaktivt avfall och dess hantering.

Östhammars kommun framför en generell synpunkt som kopplar till trovärdighet och kvalitetssäkring. Kommunen framför att det är av betydelse för samtliga framtida projekt att bibehålla en hög trovärdighet i arbetet med att omsätta teorier, modeller m.m. i praktisk handling. Kommunen framför också att eftersom SKB:s organisation kommer att förändras allteftersom projekten implementeras har SKB:s strategi för att upprätthålla en god kompetensförsörjning inom företaget betydelse för trovärdigheten.

Oskarshamns kommun framför att SKB i Fud-program 2016, överskådligt och på ett föredömligt sätt, beskriver slutförvarssystemet och dess olika delar. En utförlig beskrivning görs också kring avvecklingen och de frågor som där måste lösas, inte minst på grund av den förtida avställningen av reaktorer. Kommunen anser att diskussionen som SKB för om behovet av ytterligare kunskap och utveckling är öppen och relevant.

2.3.2 Ideella föreningars generella synpunkter

Naturskyddsföreningens och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskings (MKG) yttrande över Fud-program 2016 inkom 7 mars 2017. Yttrandet är uppdelat i ett huvuddokument och tre bilagor. Yttrande fokuserar på några problemställningar som rör hur det svenska forskningssystemet för kärnavfallsfrågor fungerar.

Bilagorna 1 och 2 utgörs av Yrkande om kompletteringar i Naturskyddsföreningens och MKG:s yttrande till mark- och miljödomstolen och SSM om kompletteringsbehov av kärnbränsleslutförvarsansökan, 2015-06-26 respektive Tillägg till kompletteringsyrkanden rörande Saunaeffekten, bilaga till yttrande till mark- och miljödomstolen och SSM i sak från Naturskyddsföreningen och MKG, 2017-02-14. Bilaga 3 utgörs av Yttrande från Naturskyddsföreningen och Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning, MKG över Fud-program 2013, utan bilaga, 2013-12-30.

De synpunkter som föreningarna för fram i yttrandet fokuserar främst på några problemställningar som rör hur det svenska forskningssystemet för kärnavfallsfrågor fungerar, tillsammans med förslag på hur några av dessa problemställningar skulle kunna hanteras.

Avsnitt 1 i föreningarnas yttrande avser behovet av en strategi för att ta fram den kunskap som föreningarna anser behövs för att bedöma om slutförvaret för använt kärnbränsle har förutsättningar att bli strålsäkert. Avsnittet utgör i allt väsentligt en redogörelse för föreningarnas insatser i samband med pågående prövning av SKB:s ansökan om att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle.

Avsnitt 2 i yttrande avser föreningarnas syn på den omfattande mängden kunskap som föreningarna anser fortfarande behövs rörande slutförvaring av använt kärnbränsle. Redovisningen inkluderar en listning av frågor som berör kopparkapselns integritet och funktionen hos leran. Listan ingår i en bilaga till föreningarnas kompletteringsyrkande till mark- och miljödomstolen och SSM den 31 maj 2015. Föreningarna framför att de frågor som listas bör hanteras av industrin i en utveckling av Fud-program 2016.

Föreningarna poängterar vidare vikten av att arbetet med att utveckla den alternativa metoden djupa borrhål accelereras i Sverige, att arbetet bör koordineras med andra länder, samt att Sverige bör ta initiativ för att se till att ett europeiskt forskningsprogram om djupa borrhål påbörjas. Föreningarna framför som sin åsikt att det med all sannolikhet inte kommer att visa sig att industrins metod för slutförvaring av använt bränsle blir tillräckligt strålsäkert. Föreningarna framför därför att ett projekt för slutförvaring med djupa borrhål bör påbörjas så snart som möjligt för att inte riskera att fördröja möjligheten att säkert slutförvara det använda kärnbränslet.

Föreningarna poängterar även särskilt vikten av att det görs väl underbyggda studier av riskerna för avsiktliga intrång i ett slutförvar av den typen industrin vill bygga. Särskilt olika scenarier för risker att det plutonium som finns i slutförvaret kommer till användning för kärnvapen och hur fysiskt skydd och övervakning långsiktigt kan hindra det bör studeras.

Avsnitt 3 i yttrande avser föreningarnas syn på behovet av ett nytt system för svenskt deltagande i europeisk kärnavfallsforskning. Innehållet utgörs huvudsakligen av en översiktlig redogörelse för pågående och planerade initiativ inom ramen för det Europeiska forskningssamarbetet på kärnavfallsområdet samt en uppmaning till SSM att ta initiativ för att organisera en nationell samordning för att förbättra förutsättningarna för svenskt deltagande i det Europeiska forskningssamarbetet.

Avsnitt 4 i yttrande avser uppföljning av föreningarnas yttrande över Fud-program 2013. Yttrandet innehöll allmänna synpunkter på viktiga frågeställningar för att kunna garantera att det svenska använda kärnbränslet hanteras och slutförvaras på ett säkert sätt. Föreningarna presenterar i avsnittet en lista med de tidigare framförda allmänna synpunkterna och framför att det endast för en av frågeställningarna, som avsåg brister i finansieringssystemet, skett något sedan remisshanteringen av Fud-program 2013.

Föreningarna konstaterar avslutningsvis att det finns väldigt mycket som återstår att göra för att det ska finnas goda förutsättningar att implementera det på lång sikt miljö- och hälsomässigt bästa omhändertagandet av avfall från kärnteknisk verksamhet i Sverige.

Opinionsgruppen för säker slutförvaring (Oss) framför att organisationen ingår i samarbetet Miljöorganisationernas kärnavfallsgranskning (MKG) och därmed är delaktiga i MKG:s yttrande över Fud-program 2016. Organisationen har därför valt att fokusera sina synpunkter på de delar av redovisningen som handlar om slutförvaret för långlivat avfall (SFL). Oss anser att det ur ett demokratiskt perspektiv finns ett brådskande behov för medborgare i Östhammars kommun att få ta del av industrins planer för SFL, för att medge ett så bra beslutsunderlag som möjligt i kommunen gällande tillstånd för Kärnbränsleförvaret och ett utbyggt SFR.

Oss framför att en ytterligare frågeställning som är intressant i Fud-sammanhang är planerade utsläpp av radioaktivt material i Östersjön. Oss hänvisar till att metoden för existerande och planerade slutförvar ingår en långsam, och om det går som industrin tänkt sig begränsad, utspädning av radioaktiva ämnen i Östersjön. Oss efterlyser därför ett fördjupat underlag för hur en aggregerad mängd av radioaktiva utsläpp långsiktigt påverkar närmiljön i Forsmark på sikt, liksom i Östersjön i stort. Med hänvisning till att utsläpp i Östersjön begränsas av både miljöbalkens målparagraf och Helsingforskonventionen framför Oss att det är angeläget att SKB redogör för hur de framtida utsläppen kan försvaras.

Miljövänner för kärnkraft (MFK) framför, med övergripande syfte att avsevärt minska bördan på kommande generationer, att Fud-programmet bör beskriva rimliga åtgärder för att möjliggöra återtag av använt kärnbränsle och eventuellt överväga att öka kapaciteten för mellanlagring i avvaktan på ny teknik, som förverkligar redan fysikaliskt kända möjligheter.

MFK framför vidare att Fud-programmet bör ta hänsyn till redan känd och utprovad teknik med snabba bridreaktorer i kombination med termiska reaktorer som ökar energiuttaget samt minskar avfallsvolymen och förvaringstiden.

MFK framför att det saknas en klar redovisning av vad som är en tillräckligt låg strålningsnivå för att materialet ska kunna anses som ofarligt, och att detta tillsammans med det vetenskapliga underlaget bör redovisas och läggas till grund för förvaringstidens längd. MKG förordar en utredning av acceptabel aktivitetsnivå jämfört med andra risker/”farligheter” i vår omgivning för att mera exakt kunna fastställa rimliga slutförvarstider för olika typer av använt kärnbränsle, med syfte att minimera orimliga krav som bara ökar rädslan för avfallet.

Miljörörelsens kärnavfallsekretariat (Milkas) finner det mindre lämpligt att regeringen, under den tid behandlingen av ärendet rörande det använda kärnbränslet pågår, lämnar någon form av godkännande av Fud-program 2016 då detta skulle kunna uppfattas som ett stöd för eller rentav ett slags godkännande av SKB:s inlämnade ansökan. Milkas framför att det också gäller SKB:s ansökan om tillstånd för förvaring av låg- och medelaktivt avfall (SFR).

Milkas anser att inga medel ur Kärnavfallsfonden bör investeras i KBS-3- och SFR-metoderna med hänvisning till att Kärnavfallsfonden inte ska subventionera kärnavfallsindustrins privata intressen och en följd av detta vore att regeringen inte godkände Fud-program 2016.

Milkas konstaterar att Fud-programmet i sin nuvarande form inte inkluderar någon kostnadsberäkning, och att kostnadsberäkningen återfinns i ”Plan”-rapporterna. Milkas

framför att detta gör att väsentligt underlag saknas. Milkas framför vidare att granskningen av Fud-programmet ska inkludera kostnadsberäkningar och ingå i informationen till remissinstanserna. Milkas anger att kostnadsberäkningar på lång sikt, efter att producentansvaret inte längre gäller, ska ingå.

Milkas framför också, med stöd av ett citat från en representant från Internationella Energibyran IEA, att kärnkraftsindustrin använder kärnavfallet för att vinna PR-poäng för fortsatt drift och utveckling av kärnkraften. Med hänsyn till detta anser Milkas att en från kärnkraftsindustrin oberoende part ska ha ansvar för hanteringen av kärnkraftsavfallet.

Milkas framför att det saknas en detaljerad beskrivning av avfallens olika kategorier, att det dessutom saknas en beskrivning av hur och när avfallet ska kategoriseras, samt en översikt över de tillfälliga lager som finns i dag eller planeras.

Milkas hänvisar till redovisning i Fud-programmet om att en konceptstudie har genomförts för slutförvaret för långlivat avfall (SFL) och ett koncept valts för vilket en säkerhetsutvärdering nu pågår. Milkas framför i anslutning till detta att konceptstudien ska presenteras inklusive en detaljerad tidplan för den tänkta processen, och att nollalternativet också ska presenteras.

Milkas framför att hälsotillståndet hos befolkningen i de berörda områdena ska beskrivas, för att möjliggöra analys av eventuell hälsopåverkan i framtiden.

Milkas framför också att det saknas en beskrivning av nollalternativet, dvs. vad som kan hända, och när, om SFR och KBS-3 inte utvecklas i den takt som man har planerat. Milkas framför i anslutning till detta att en beskrivning av nollalternativet är väsentlig för planeringen av en tidplan för bättre lösningar.

Milkas framför avslutningsvis att ett övervakningsprogram behövs samt en plan för åtgärder om det blir små eller stora läckage. Övervakningen ska ske långsiktigt, med hänsyn till att avfallet aldrig blir ofarligt för människor.

2.3.3 Övriga remissinstansers generella synpunkter

Boverket framför att enligt uppgift kommer en folkomröstning att äga rum i Östhammars kommun rörande medborgarnas syn på lämpligheten av ett slutförvar för använt kärnbränsle i kommunen. Med referens till att ett kommunalt nej inte kan uteslutas bör det fortsatta arbetet med Kärnbränsleförvaret enligt Boverket ha en beredskap för en annan lokalisering. Boverket framför att det aktualiserar också alternativa metoder får att slutligt omhändertata använt kärnbränsle.

Boverket framför att man inte har någon möjlighet att bedöma de ekonomiska förutsättningarna för att långsiktigt klara den forskning och utveckling som behövs för att genomföra den framtida utvecklingen av kärnkraftverken och omhändertata avfallet från dessa. Boverket framför vidare att en tryggad finansiering är avgörande för att få hållbar och genomtänkt utveckling som det är rimligt att denna generation tar ekonomiskt ansvar för. Boverket menar därför att en säkring av finansieringen som också klarar olika utvecklingsscenarier är viktig.

Länsstyrelsen i Kalmar län framhåller att Fud-program 2016 håller hög kvalitet och att redovisningen är väl disponerad och lättillgänglig trots ärendets komplexitet.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk framför ställer sig bakom yttrandet från Oskarshamns kommun.

Nämnden anser att SKB i Fud-program 2016 överskådligt och på ett bra sätt beskriver slutförvarssystemet och dess olika delar och att frågor om avveckling och frågor som behöver lösas med anledning av förtida avställning av reaktorer beskrivs på ett utförligt sätt. Nämnden anser också att det är av vikt att analyser och övrigt tekniskt underlag som presenteras i Fud-programmen är tillgängligt och begripligt för olika grupper i samhället.

Nämnden framhåller också vikten av tillsynsmyndighetens oberoende roll och vikten av att SSM har tillgång till tillräckliga resurser, både för granskning av hela slutförvarssystemet och för att kunna hantera den uppkomna situationen med förtida avveckling av reaktorer. Nämnden framför också att kompetensfrågorna är av vikt med avseende på att det krävs kunskaper kring avställning, avveckling och nedmontering för att på ett säkert sätt kunna riva kärnkraftverken. Nämnden framför att detta är unik kunskap som på sikt kommer att försvinna eftersom den idag finns hos en kunnig men begränsad grupp experter.

Lokal säkerhetsnämnden delar Oskarshamns kommuns oro för att igångsättningen av slutförvarssystemet kan komma att försenas med konsekvensen att Clab:s lagringskapacitet inte räcker till, och att Clab i så fall måste byggas ut eller annan mellanlagring ordnas.

Nämnden noterar att behov av mellanlagring av avfall nämns på många ställen i rapporten, för både lång- och kortlivat låg- och medelaktivt rivningsavfall, i avvaktan på utbyggnad av SFR respektive etableringen av SFL. Nämnden anser med hänvisning till detta att programmet behöver kompletteras med en tydligare redovisning av vilka mellanlager som finns för närvarande och vilka som planeras samt drifttiderna för dessa, i syfte att ge en bättre överblick.

Lokala säkerhetsnämnden hänvisar också till redovisningar av konsekvenser för OKG med avseende på beslut om förtida avveckling och att ett utbyggt SFR inte planeras vara tillgängligt förrän ca 2030. Nämnden anser att olika alternativ för mellanlagring behöver utredas och om befintliga mellanlager kan anses tillräckliga eller om nya behöver byggas.

Nämnden hänvisar vidare till att OKG driver ett markförvar för slutförvaring av driftavfall med mycket låg aktivitet. Nämnden framför vidare, med hänvisning till att stora mängder rivningsavfall kommer att uppstå i Simpevarp i mitten 2020-talet, att det kan bli aktuellt att slutförvara också rivningsavfall i markförvaret framöver. Nämnden anser att det i Fud-programmet behöver klarläggas om markförvaret ska betraktas som permanent förvar eller mellanlager.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) framför att man saknar redovisning av såväl en budget för Fud-programmet som av kostnadsberäkningar och ekonomiska ramar för planerade aktiviteter och KTH framför att det därför är omöjligt att bedöma prioriteringar och SKBs möjligheter att genomföra planerad forskning och utveckling.

KTH noterar att forskning och samarbete med svenska och utländska universitet omnämns i flera kapitel men att man inte får en komplett bild av vad SKB tänker göra inom forskningsområdet, eller hur det ska ske. KTH framför att man snarare får en bild av att SKB betraktar universitet som en sorts ”konsultföretag” som engageras bara för att lösa mindre problem. KTH anser inte att det är en bra väg om man vill ha ett koherent och

uthålligt forskningsprogram, inte heller för att bidra till säkerställande och bevarande av kompetens.

KTH noterar också att det i Fud-program 2016 inte finns någon diskussion om hur man bör skapa ett hållbart system för kompetensuppbyggnad och -bevarande inom det kärnavfallsprogram som SKB ansvarar för. KTH ställer frågan om Sverige ska ha en utbildning som försörjer kärnavfallsprogrammet med kompetent personal. KTH undrar också om man (läs SKB) ska samarbeta med svenska universitet för att skapa ett sådant program.

KTH anger att frågan om mänskliga intrång berörs väldigt kortfattat i avsnittet ”Framtida mänsklig aktivitet” och med en väldigt generell slutsats så att det inte framgår vad SKB kommer att göra, förutom att delta i Hidraprojektet. KTH refererar till att det finns flera internationella bedömningar att mänskliga intrång står för de största framtida riskerna – liksom i flera andra tekniska system - i vilka ”human errors” kan leda till stora olyckor. KTH framför att det krävs mer arbete av SKB för att bättre kunna bedöma dessa risker.

Kungliga Vetenskapsakademien (KVA) anser att Fud-program 2016 är välstrukturerat och detaljerat. KVA anser att avsnittet om planerade forsknings- och teknikutvecklingsinsatser ger en god nulägesbeskrivning som leder till logiska och välmotiverade programförslag för framtiden. KVA noterar också att programmet vilar på en omfattande dokumentation i form av ca 420 referenser, varav 410 från 2005 eller senare.

KVA noterar att under rubriken Övriga frågor beskrivs nuläge och planerad bevakning av konceptet Deponering i djupa borrhål. KVA noterar dock att ingenting nämns om alternativa strategier för hantering av kärnavfall och kärnbränsle, såsom transmutation, eller om återvinning (upparbetning). KVA framför att man inte bedömer dessa forskningsområden vara relevanta för SKB i dagsläget, men att det kan synas motiverat att SKB även framledes bevakar dessa områden, utan egna forskningsinsatser. KVA motiverar sin synpunkt med att förändringarna i världen rörande kärnkraftens utbyggnad eller avveckling, utveckling av nya reaktortyper, liksom även fusionsforskningen, bör följas i Sverige, även om det nationella kärnenergiprogrammet efter politiska beslut föreskriver en strategi som innebär avveckling och deponering av kärnavfall och utbränt kärnbränsle i berggrundsförvar. KVA framför att en allmän erfarenhet för övrigt är att nationella såväl som internationella politiska ställningstagande i så gott som alla frågor radikalt kan ändras med tiden.

Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (Swedac) vill med sitt remissyttrande påvisa fördelar med att använda ackrediterade kontrollformer i stället för nyutveckling av system i olika former. Swedac hänvisar särskilt till att det finns etablerade lösningar för kontroll- och provningsverksamhet under ackreditering enligt förordningen (EG) nr 765/2008. Swedac framför också att ackreditering kan vara ett stöd till myndighetens egen tillsyn för att kvalitetssäkra att konstruktioner, tillverkning och installationer håller en tillräckligt hög kvalitet för sitt ändamål. Swedac exemplifierar vidare med att kontroll- och provningsorgan inom ackrediteringens ram kan ta fram tillförlitliga underlag med verifierade metoder, t.ex. för olika materials egenskaper. Swedac anger också att man gärna bistår Strålsäkerhetsmyndigheten att ta fram ordningar under ackreditering för områden där sådana saknas.

Swedac hänvisar till SKB:s redogörelse för att delar av det som omfattas av bolagets ansökan regleras i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:13) om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar. Swedac framför att det utöver

(vad som regleras av föreskrifterna) finns fler exempel där ackrediterade organ kan komma till användning.

Swedac anger mer specifikt att organ exempelvis kan ackrediteras för uppgifter inom kärnämneskontroll enligt programmets avsnitt 7.6 dvs. administrativa system för redovisning av kärnämne och var det finns placerat, samt tekniska system för kontroll och bevakning av att det inte avleds.

Swedac anger att organ också kan ackrediteras för uppgifter i samband med kontroll och provning av kapseln för använt kärnbränsle, där det framgår att de utredningar som SKB planerar till viss del kommer att göras i samarbete med ackrediterade kontroll- och kvalificeringsorgan. Swedac framför med hänvisning till att SKB avser att använda föreskrifterna i SSMFS 2008:13 som bas för detta, att det kan övervägas vilka uppgifter utanför föreskrifternas tillämpningsområde som kan utföras av ackrediterade kontrollorgan. Med hänvisning till SKB:s redovisning av fortsatt arbete med att utarbeta detaljerade acceptanskriterier för oförstörande provning framför Swedac att det även i detta avseende bör övervägas vilka uppgifter som kan utföras av kontrollorgan under ackreditering.

Swedac anger även med hänvisning till redovisning i avsnitt 4.5.3 om SKB:s vattenlaboratorium i Äspö att ackrediterade vattenkemilaboratorier kan komma till användning till exempel för att analysera kemiska komponenter i grundvatten.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) anser att SKB:s program för forskning, utveckling och demonstration generellt håller hög standard.

SGU anser vidare att det hade varit intressant om Fud-programmet också hade haft som tydlig utgångspunkt att peka på att problemställningarna kring kärnkraftens slutförvaring var knutna till en framåtsyftande forskning som skulle visa på att effekterna på den yttre miljön fortsatt finns i fokus – det vill säga miljöbalkens krav kunde också tydligt ha fått prägla Fud-programmet (inte bara effekterna ur ett säkerhetsperspektiv).

Regionförbundet i Kalmar hänvisar till att regeringen i samband med godkännande av Fud-program 2013 ställde krav på att kommande program skulle vara tydligare och mer strukturerade samt klargöra hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas. Regionförbundet noterar med anledning av detta att Fud-program 2016 har en ny form och ny struktur. Regionförbundet noterar att besluten om att ta de äldsta reaktorerna i Oskarshamn och Ringhals ur drift medfört att avfallsfrågorna blivit alltmer aktuella att lösa. Förbundet anser att detta blir tydligt i Fud-programmet där avveckling av kärntekniska anläggningar har fått ett större fokus och behandlas i en egen del, del III.

Regionförbundet anger att synpunkter på remissen har bearbetas i samarbete med Oskarshamns kommun genom LKO-gruppen i vilken regionförbundet ingår. Regionförbundet lämnar därför inget eget yttrande med mer detaljerade synpunkter utan lämnar synpunkter genom att ställa sig bakom yttrande från Oskarshamns kommun.

*Uppsala universitet*s sammanfattande synpunkter anges som; att universitetet ser med tillfredsställelse att de delar av Fud-programmet som specifikt rör de nukleära aspekterna har täckts på ett i stora delar adekvat sätt. att relevanta frågeställningar inom geofysikområdet är belysta på ett bra och övertygande sätt, och att universitet uppmuntrar ansträngningarna att mer i detalj undersöka aspekterna kring sulfidinducerad korrosion.

Universitetet anger inledningsvis att frågan om kärnkraftskompetens är en fråga som berör hela landet. En allmän kommentar som berör hela kärnkraftsbranschen är frågan om kärnteknisk kompetensförsörjning i landet. Universitetet framför att i Fud-program 2016, liksom i flera uttalanden från kärnkraftsindustrin, förutses att kompetens att hantera reaktordrift, avveckling av reaktorer och byggande samt drift av anläggningar för inkapsling och djupförvar finns eller kommer att finnas tillgänglig. Universitetet framför att det från ett lärosätesperspektiv kan konstateras att detta kan vara en alltför optimistisk hållning. Dels håller kärnteknisk utbildningskapacitet på lärosätena att raskt minska på grund av bristande finansiering och dels har signaler från såväl politik som industri medfört att studenter numera väljer andra studieinriktningar än kärnkraftsteknik. Universitetet framför att det är angeläget att denna aspekt noggrant beaktas i SKB:s fortsatta forsknings- och utvecklingsarbete då kompetensbrist kan komma att utgöra en allvarlig flaskhals i framtiden.

Sveriges geotekniska institut (SGI) anser överlag att SKB har ett välunderbyggt program för forskning, utveckling och demonstration. SGI anger att många av de framförda synpunkterna är giltiga för flera av de aktuella förvaren och redovisar inledningsvis SGI:s viktigaste synpunkter och förslag.

SGI anser att det behövs mer forskning kring potentiell aseismisk skjuvdeformation. SGI anser att det behövs metodutveckling för kartläggning av sprickegenskaper i anslutning till deponeringshål och tunnlar. SGI tror på möjligheten att utveckla mer effektiva urvalskriterier och därmed minska andelen hålllokaliseringar (för kopparkapseln) som väljs bort. SGI önskar därför se tydligare urvalskriterier för hålllokaliseringar i nästkommande Fud-program. SGI hänvisar till att SKB framför att bergspänningar i Forsmark är behäftade med stora osäkerheter och att SKB har för avsikt att via in-situ-mätningar och modellering kunna ge en bättre spatial bild av spänningsfältets storlek och riktning. SGI framför att det också föreligger stora osäkerheter avseende många så kallade deformationszoners utbredning och egenskaper, inkluderande kunskap om icke identifierade zoner och berggenskaper. SGI framför i anslutning till detta att informationen kommer att öka och de geologiska modellerna kommer att förbättras efterhand som förvaret byggs ut. SGI framför vidare att modellerna ligger till grund för bergmekanisk modellering i lokal skala och att det därför är osäkert om en förfinad modellering redan i kommande Fud-period kan ge en trovärdig modell över bergspänningar på förvarsnivå i nuläget. SGI noterar att SKB anger att sådan modellering planeras göras. SGI anser att denna bör förskjutas till kommande Fud-perioder och att fokus nu behöver ligga på processförståelse och modelleringsteknik.

SGI framför också inledningsvis förslag på några specifika forskningsinsatser.

Med hänvisning till att SKB anser att den ojämförligt största osäkerheten kopplat till seismicitet rör jordskalvs frekvens, magnitud och variabilitet under en glaciationscykel, anser SGI att SKB:s (och Posivas) studier av naturliga analogier, främst Grönland, bör kunna utökas till att mer i detalj studera och följa seismiciteten runt den avsmältande Grönlandsisen.

SGI anger att man inte har klart för sig om observationsmetoden, som ska användas för att kontrollera att förutspådda beteenden håller sig innanför uppsatta kravgränser, också omfattar förvaret efter förslutning. Här anser SGI att det behövs både forskning, utveckling och demonstration kring och av tänkta instrumenteringar och mätmetoder med avseende på observationsmetoden.

SGI framför också att det är angeläget att forsknings- och utvecklingsinsatser görs avseende metodutveckling av bergspänningar i lokal skala.

Sveriges Kärntekniska Sällskap (SKS) konstaterar att SKB har valt att i Fud-program 2016 inte planera för några forsknings- eller utvecklingsinsatser inom ny reaktorteknik, upparbetning, separation och transmutation. SKS konstaterar att SKB avser att begränsa sitt engagemang till att omfatta ”kunskapsbevakning” av närliggande områden som kan ha betydelse för det svenska kärnavfallsprogrammet.

SKS anser därför att SKB:s Fud-program inte uppfyller syftet i 11-12 §§ i kärntekniklagen med krav på att det ska bedrivas en ”allsidig forsknings- och utvecklingsverksamhet”. SKS framför att även om SKB har nått en hög mognadsgrad vad beträffar KBS-3-systemet och att SKB successivt når allt längre fram i tillståndsprövningsprocessen att få uppföra en slutförvarsanläggning har inte kravet på ”allsidig” forskning försvunnit.

SKS framför att forskning på ny kärnteknik innebär en möjlighet som är för värdefull att ignoreras, en innovation som kan ändra synen på avfallet men som behöver aktivt stöd för att studeras. SKS anser att SKB lägger sig på en för låg ambitionsnivå när det gäller forskningsinsatser på kärnteknikområdet och att man underskattar vikten av att bibehålla en rimlig nivå på forskning och utveckling som har stor betydelse också för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara kärnavfallet.

Att inte stödja denna typ av forskning anser SKS är ogynnsamt av flera skäl, bland annat att det inte räcker att passivt följa området för att kunna bedöma hur teknikutvecklingen kan komma att ha betydelse för det nuvarande kärnavfallsprogrammet. SKS framför vidare att SKB:s forsknings- och utvecklingsverksamhet är en viktig källa för att upprätthålla utbildning och nationell kompetens på området, vilket har varit fallet historiskt. SKB har genom Fud-programmet stöttat den nationella kärntekniska forskningen vilket har lett till att ett flertal forskare har kunnat etablera sig på området och därigenom bidragit till att stärka den svenska kärntekniska kompetensen.

SKS menar att forskning och utveckling på området är mycket viktigt för att även i framtiden upprätthålla kompetensen runt kärntekniken vilket på sikt även har stor betydelse för en säker hantering av kärnavfallsfrågan, och hänvisar till att SSM lyfte fram frågan vid granskningen av Fud-program 2013. SKS menar att betydelsen av dessa frågor på intet sätt har minskat. Tvärtom kan sägas att behovet av utvecklings- och forskningsmedel på dessa områden har ökat i takt med att kärnkraftindustrin i övrigt avsätter allt mindre direkta forskningsmedel och minskade statliga forskningsanslag på kärnteknikområdet. SKS framför att, som resultat av det försämrade ekonomiska läget för kärnkraftsföretagen och som en följd av politiska beslut en omfördelning av forskningsanslag på statlig och EU-nivå, det pågår en nedmontering av svensk kärnkraftsforskning på bred front vilket på sikt är skadlig för kunskapsuppbyggnaden, inklusive utvecklingen av slutförvaret.

SKS anser att det är av stor vikt att SKB även i framtiden stödjer forskning inom ny kärnteknik vid svenska universitet och högskolor, med målet att stödja sådan forskning som kan förenkla och förbättra avfallshanteringsprocessen.

SKS framför ytterligare argument för SKB att fortsätta stödja forskningen på området upparbetning och transmutation, bland annat genom att hänvisa till miljöbalkens hänsynsregler med koppling till hushållning med råvaror och energi. SKS framför i anslutning till detta att en lyckad utveckling på området inte skulle eliminera behovet av

slutförvaring av högaktivt avfall, men att avfallsmängderna och nedbrytningstiden av radiotoxiciteten i avfallet reduceras avsevärt. SKS anser att i kombination med ett minskat behov av att bryta uran minskar också risken för att det lagrade kärnbränslet används till framställning av kärnvapen. SKS framför avslutningsvis att återvinning och avfallsminimering är själva essensen när det gäller forskning med inriktning mot en sluten kärnbränslecykel.

Chalmers tekniska högskola framför generella synpunkter om dels separation och transmutation, dels nationell kompetens och konkurrensutsättning. Övriga, mer detaljerade synpunkter, som Chalmers framför redovisas i anslutning till respektive sakområde i SSM:s granskningsrapport.

När det gäller separation och transmutation framför Chalmers att det är viktigt att vara uppdaterad om komplement och alternativ och att det är fortsatt viktigt för SKB för att säkerställa att modern kunskap används på bästa sätt när slutförvaret väl byggs.

Chalmers framför vidare att separation/transmutation är en mycket lovande teknik för att reducera mängden radioaktivt avfall med lång halveringstid. Chalmers hävdar att konceptet separation/upparbetning har potential för mer effektiv användning av kärnbränslet, minskade slutförvaringskostnader (på grund av mindre nödvändig yta eftersom värmeutvecklingen på lång sikt blir mindre) och minskade risker för kommande generationer. Chalmers konstaterar vidare att Fud-programmet inte tar upp något kring behov av forskning om separation/transmutation och att avsaknaden av forskning kring detta koncept på sikt kommer att innebära att tekniken och kunnandet inte längre kommer att vara tillgängligt om man skulle önska gå i en sådan riktning. Chalmers konstaterar också att Sverige traditionellt har haft en hög profil inom detta område i världen men att den samlade kunskap som fanns är på väg att försvinna.

När det gäller perspektivet nationell kompetens/konkurrensutsättning framför Chalmers att nationell kompetens för forskningsfrågeställningar relaterade till slutförvar och angränsande områden är av största vikt. Chalmers poängterar att finansiering av denna har blivit allt svårare att säkerställa sett från forskarperspektiv, samtidigt som det även är viktigt för uppdragsgivare, som t.ex. SKB, att kompetensen finns kvar i Sverige och att det finns en konkurrensutsättning för att få bästa forskning för insatt kapital. Chalmers framför att det i ljuset av detta inte går att trycka nog på nödvändigheten av att använda sig av den nationella kompetens som finns på universitet och högskolor, som håller hög kvalitet, och som står sig väl i internationell jämförelse.

Chalmers anser, efter att ha läst Fud-program 2016, att det framträder en bild där en icke oansenlig del av forskning och finansiering sker vid utländska lärosäten och forskningsinstitut, och det är önskvärt att denna till större del förläggs till Sverige. Chalmers framför att, då det avser icke-konkurrensutsatta medel, det är viktigt att man noga undersöker var den bästa kompetensen finns i landet och att man sprider nämnda medel på ett bra sätt för att hålla liv i hela Sveriges kärntekniska verksamhet.

Sveriges energiföreningars centralorganisation (SERO) anser att valet av Forsmark som plats för Kärnbränsleförvaret är ett mycket dåligt val, och att platsvalet inte är baserat på kriterierna bästa plats, det bästa berget eller den bästa metoden. SERO framför att Forsmark är beläget i en geologiskt aktiv zon, att grundvattnet på slutförvarsnivå har extremt hög salthalt, att läget vid Östersjön innebär ökad risk för inläckande havsvatten, att platsen är belägen i ett Natura 2000-område och att avstånd till kärnkraftverk i drift är ca 1 km. SERO framför också att bottensediment i hamnområdet är kontaminerat av

radioaktivt nedfall från Tjernobyl. SERO framför att den alternativa platsen Hultsfred borde valts med hänvisning till att området är geologiskt stabilt, att grundvattnet är sött, att avståndet till Clab och närmaste reaktor i drift är ca 55 km, och om man väljer KBS-3-metoden eller ”djupa borrhål”.

SERO framför att valet av Forsmark medför stora risker för försening av genomförandet av Kärnbränsleförvaret, med hänvisning till att risken för störningar av driften vid reaktorerna Forsmark 1, 2 och 3 är mycket stor. SERO framför vidare, att om SKB skulle få tillstånd att bygga slutförvaret vid Forsmark bör alla tre reaktorerna först utrustas med oberoende härdkyllning. SERO framför dessutom, med hänvisning till konsekvenserna av olyckan i Fukushima, att allt använt bränsle som förvaras i bränslebassängerna vid reaktorerna bör flyttas till nya lagringsanläggningar med ett säkerhetsavstånd av minst 30 km till kärnkraftstationerna.

SERO framför att organisationen vid upprepade tillfällen hävdade att det utbrända reaktorbränslet som förvaras i Clab bör överföras till torrlager, och anser att torrlagring borde vara ett lämpligt val för att utöka lagringskapacitet för använt kärnbränsle. SERO anser att man också måste utvärdera den så kallade ”dry cask”-metoden och bedömer att lämpliga lokaliseringar av sådana förvar skulle kunna utgöras av nedlagda flygplatser och skjutfält som inte är friklassade från miljösynpunkt. SERO framför att förvar av den modellen sannolikt skulle komma att etableras i glesbygd runt om i landet, och att bevakningen av dessa borde bidra till att ge en hel del sysselsättningstillfällen.

SERO framför vidare att besluten om tidigare lagd stängning av reaktorer påverkar likviditeten i Kärnavfallsfonden i betydande grad, och att detta måste beaktas, helst innan sådana beslut tas.

SERO framför också att man anser att Clink inte ska lokaliseras i anslutning till Clab utan minst 30 km bort. SERO framför att utformningen av Clab innebär stora risker då anläggningen är beroende av ett aktivt kylsystem. SERO anser att i händelse av haverier i dagens kylsystem (cirkulationssystem, värmeväxlare, kraftförsörjning) finns inget reservsystem, och att en situation där kylningen inte fungerar medför risk för utsläpp/skador motsvarande vad som hände i Fukushima. SERO framför därför att även Clab borde utrustas med oberoende kylsystem, motsvarande vad som krävs för kärnkraftreaktorer.

3 Synpunkter på SKB:s verksamhet och handlingsplan

3.1 Inledning

SKB redogör i de fem inledande kapitlen (Del I) i Fud-program 2016 för företagets verksamhet och handlingsplan.

Kapitel 1 innehåller en övergripande redogörelse för förutsättningarna för SKB:s verksamhet i form av gällande regelverk, reaktorernas planerade driftstider, politiska inriktningsbeslut och uttalanden, grundläggande principer för genomförandet samt principerna för indelning av kärnkraftens restprodukter i olika avfallskategorier. SKB redogör också översiktligt för bakgrunden för Fud-processen och Fud-programmens relation till andra redovisningar som inlämnas till myndigheten samt bolagets samarbete med motsvarande organisation i Finland, Posiva OY.

Kapitel 2 innehåller en övergripande beskrivning av det svenska systemet för omhändertagande av använt kärnbränsle och låg- och medelaktivt avfall.

Kapitel 3 omfattar planer för genomförandet av SKB:s verksamhet. SKB redogör särskilt för förändrade förutsättningar för verksamheten som en konsekvens av förtida avställningar av reaktorerna O1 och O2 respektive R1 och R2. Förutom en översiktlig huvudtidplan för alla delar i programmet redovisas separata och mer detaljerade genomförandeplaner för i) låg- och medelaktivt avfall, ii) använt bränsle, och iii) avveckling av kärntekniska anläggningar. Dessutom görs en särskild redovisning av handlingsalternativ vid eventuella framtida förändrade förutsättningar.

Kapitel 4, som innehåller tillkommande redovisning jämfört med Fud-program 2013, beskriver det systematiska arbetssätt som SKB har utvecklat för att genomföra den forskning, utveckling och demonstration som behövs.

Kapitel 5, som också innehåller tillkommande redovisning jämfört med Fud-program 2013, sammanfattar och motiverar planerade insatser inom forskning och teknik-utveckling som behövs för att genomföra återstående arbete. Redovisningen utgör i det avseendet en viktig länk mellan redovisningen i kapitel 3, som övergripande beskriver vad som återstår att göra, och redovisningen i Del II, som beskriver mer i detalj de verksamheter som planeras genomföras under kommande Fud-period, det vill säga under de kommande sex åren.

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

3.2 Förutsättningarna för SKB:s verksamhet

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

Inledningsvis redogörs i avsnitt 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 kärnkraftsföretagens aktuella planeringsförutsättningar. Under 2015 fattades beslut om förtida avställning av fyra reaktorer. Beslutet innebär att Oskarshamn 1 ställs av vid halvårsskiftet 2017 medan Oskarshamn 2 som ställts av för ombyggnad inte kommer att återstartas. För reaktorerna i Ringhals innebär det att Ringhals 1 och Ringhals 2 ställs av vid halvårsskiftet 2020 respektive 2019. För övriga sex reaktorer är den planerade drifttiden, liksom i Fud-program 2013, 60 år. Detta gäller reaktorerna Forsmark 1, Forsmark 2 och Forsmark 3, Oskarshamn 3 samt Ringhals 3 och Ringhals 4.

Totalt bedöms det svenska kärnkraftsprogrammet med nuvarande planeringsförutsättningar ge upphov till ca 6 000 kapslar, motsvarande ca 12 000 ton använt kärnbränsle. Därutöver beräknas programmet generera 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 kärnbränsle 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 kärnbränsle 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 att bereda utrymme för omhändertagande av visst radioaktivt avfall från AB SVAFO, Studsvik Nuclear AB, Cyclife AB⁵ samt European Spallation Source ERIC (ESS) samt viss mängd övrigt använt kärnbränsle från Ågestareaktorn, MOX-bränsle som mellanlagras i Clab samt bränslerester från provningsprogram i Studsvik.

SKB redogör i avsnitt 1.2 översiktligt för Fud-programmens roll i det svenska systemet. Det första programmet, FoU-program 84, togs fram för att utgöra en del av ansökanunderlaget 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.

Avsnitt 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 2016 görs i förekommande fall hänvisningar till aktuella redovisningar, t.ex.; inlämnade ansökningar för Kärnbränsleförvaret och inkapsling-sanläggning samt SFR; studier och planer för avveckling av kärnkraftsreaktorer och andra

⁵ Tidigare Studsvik Nuclear Environmental AB respektive del av Studsvik Nuclear AB:s verksamhet.

kärntekniska anläggningar; återkommande helhetsbedömningar inkluderande säkerhetsredovisningar (SAR) för Clab och SFR; samt regelbundna redovisningar i de så kallade planrapporterna.

SKB redogör i avsnitt 1.4 för att man har inlett ett fördjupat samarbete med Posiva, med målet att utveckla gemensamma tekniska lösningar för slutförvarssystemet inför driftsättningen. Samarbetet syftar till att lösa de utformningsfrågor och frågor kopplade till kvalitetsstyrning och kontroll som återstår för i första hand de tekniska barriärerna så att myndigheternas krav tillgodoses. Samarbetet innebär att nu cirka hälften av alla teknikutvecklingsprojekt inom KBS-3-systemet, främst inom kapsel- och bentonitfrågor, samfinansieras av SKB och Posiva.

SKB redogör också i avsnitt 1.5 översiktligt för principerna för beräkning av framtida kostnader och fondering av medel för programmets genomförande.

3.3 Övergripande beskrivning av SKB:s verksamheter

3.3.1 Allmänt

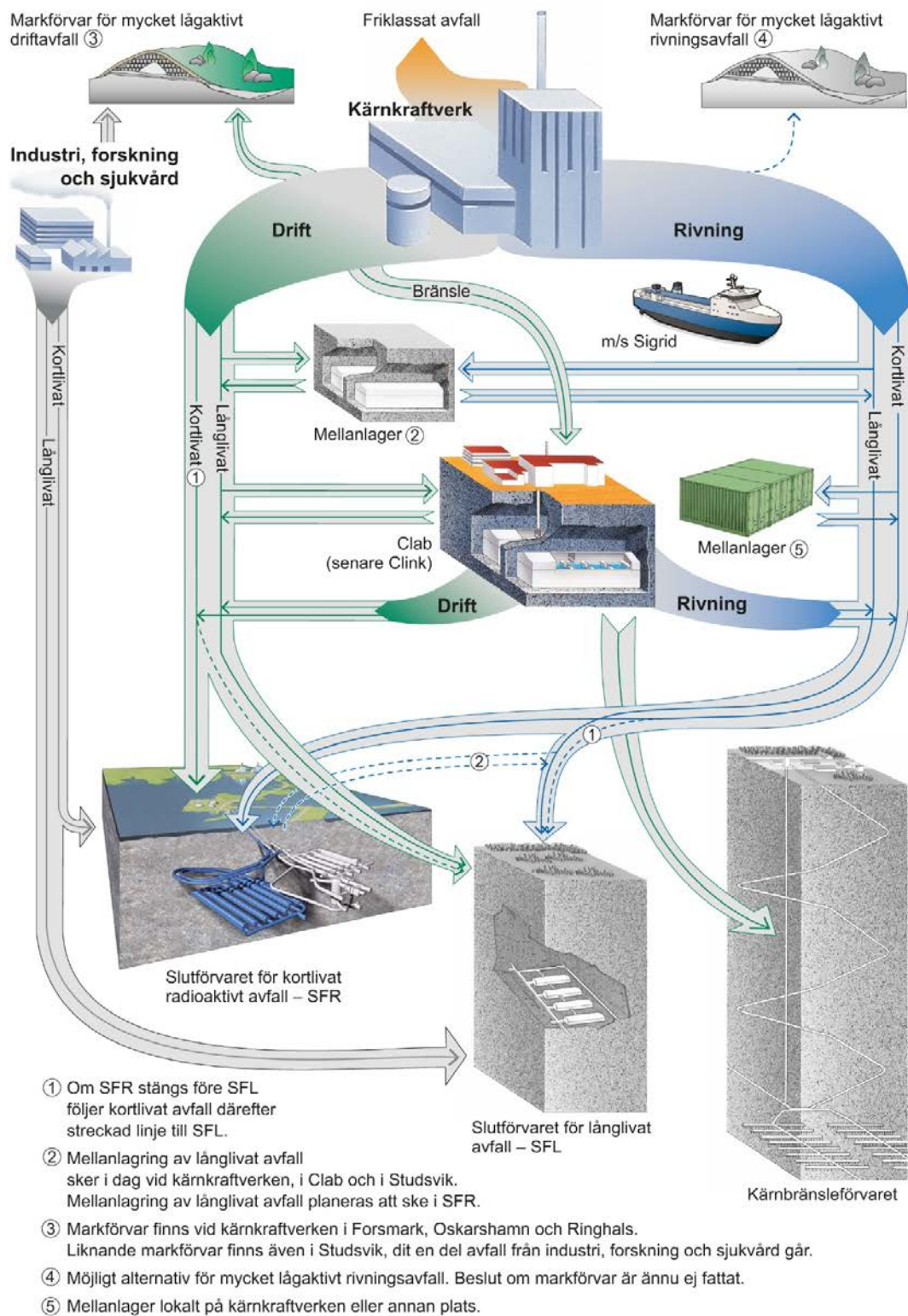
Systemet för att ta hand om använt kärnbränsle och radioaktivt avfall beskrivs i avsnitt 2.1 och presenteras översiktligt i figur 2-1 (sida 37 i Fud-program 2016) som återges nedan. En stor del av det hanteringssystem som behövs för att hantera och slutförvara kärnkraftens restprodukter har redan byggts 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. I systemet för omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall finns både anläggningar som drivs i avfallsproducenternas regi (lokala markförvar och mellanlager) och anläggningar som drivs, eller kommer att drivas, i SKB:s regi (SFR, SFL, anläggningar inom KBS-3-systemet).

SKB svarar för transportsystemet, som är gemensamt för det låg- och medelaktiva avfallet och det använda kärnbränslet. Transporterna sker huvudsakligen till sjöss, eftersom kärnkraftverken och SKB:s anläggningar ligger vid kusten. Undantag är Ågestaverket där transport av rivningsavfallet kommer att ske på landsväg.

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 anläggning för maskinbearbetning och montering av kopparkapseln.

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.



Figur 1: Systemet för att ta hand om använt kärnbränsle och kärnavfall. (SKB: Fud-program 2016).

3.3.2 Anläggningar inom systemet för låg- och medelaktivt avfall

Anläggningar för behandling av avfall

Behandlingsanläggningar för låg- och medelaktivt avfall finns vid kärnkraftverken och Studsvik. Avfallet behandlas och konditioneras i avfallskollin med syftet att dessa ska kunna transporteras och inplaceras i en slutförvarsanläggning utan behov av ytterligare behandling av avfallskollit som sådant.

Slutförvaring av mycket lågaktivt rivningsavfall i markförvar

Markförvar för slutförvaring av mycket lågaktivt driftavfall finns vid kärnkraftverken i Forsmark, Oskarshamn och Ringhals samt i Studsvik. SKB undersöker möjligheten att slutförvara även mycket lågaktivt avfall från avveckling och rivning av kärntekniska anläggningar i markförvar. Avfall som placeras i markförvar är av sådan karaktär att radioaktiviteten ska ha klingat av så mycket att markförvaren kan friklassas 30 år efter sluttäckning.

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 5.2.1 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 det utbyggda SFR eller på annan plats och utreder därför möjligheterna för detta.

Slutförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall (SFL)

SKB planerar för att runt år 2030 ansöka om att uppföra SFL och kunna ta det i drift runt år 2045. Anläggningen blir förhållandevis liten jämfört med SKB:s övriga slutförvar. Den totala lagringsvolymen uppskattas till ca 16 000 kubikmeter. SKB redogör i avsnitt 5.2.2 mer i detalj för planering och milstolpar för utbyggnaden samt för huvudskeden och tidsplan för genomförandet av projektet.

3.3.3 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 hårdkomponenter.

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 har ansökt om att få 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. Ett tilläggsyrkande avseende utökad mellanlagring i Clab/Clink till 11 000 ton lämnades in 2015 tillsammans med en uppdaterad säkerhetsredovisning.

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 borrhålor i botten på tunnarna. Efter att kapslarna placerats i deponeringshål, 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.

Remissinstansernas synpunkter

Stockholms Universitet hänvisar till SKB:s skrivning i avsnitt 2.1.1 avseende markförvar. Universitetet efterfrågar bakomliggande skäl till att friklassning kan göras efter 50 år. Universitetet önskar också få förklarat vad som händer med avfallet efter det att markförvaret friklassats, om det till exempel ska förbrännas för att koncentrera kvarvarande aktivitet.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk framför en oro över att igångsättningen av slutförvarssystemet kan komma att försenas vilket i sin tur kan komma att innebära att Clab:s lagringskapacitet inte kommer att räcka till. Nämnden framför vidare att om detta inträffar blir konsekvensen att Clab måste byggas ut eller annan mellanlagring ordnas.

3.3.4 Transportsystemet

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 strålskärmning och transporteras till SFR i ISO-containerar. Det medelaktiva avfallet behöver strålskärmning och merparten gjuts in i betong eller bitumen och transporteras i behållare (ATB) med tjocka väggar av stål. Långlivat avfall i form av styrtavar och hårdkomponenter 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.

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.

3.4 Plan för genomförandet

SKB redovisar i kapitel 3 översiktligt planering för att uppföra och ta i drift nya verksamheter samt att på sikt avveckla alla i kärnkraftsprogrammet ingående 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.

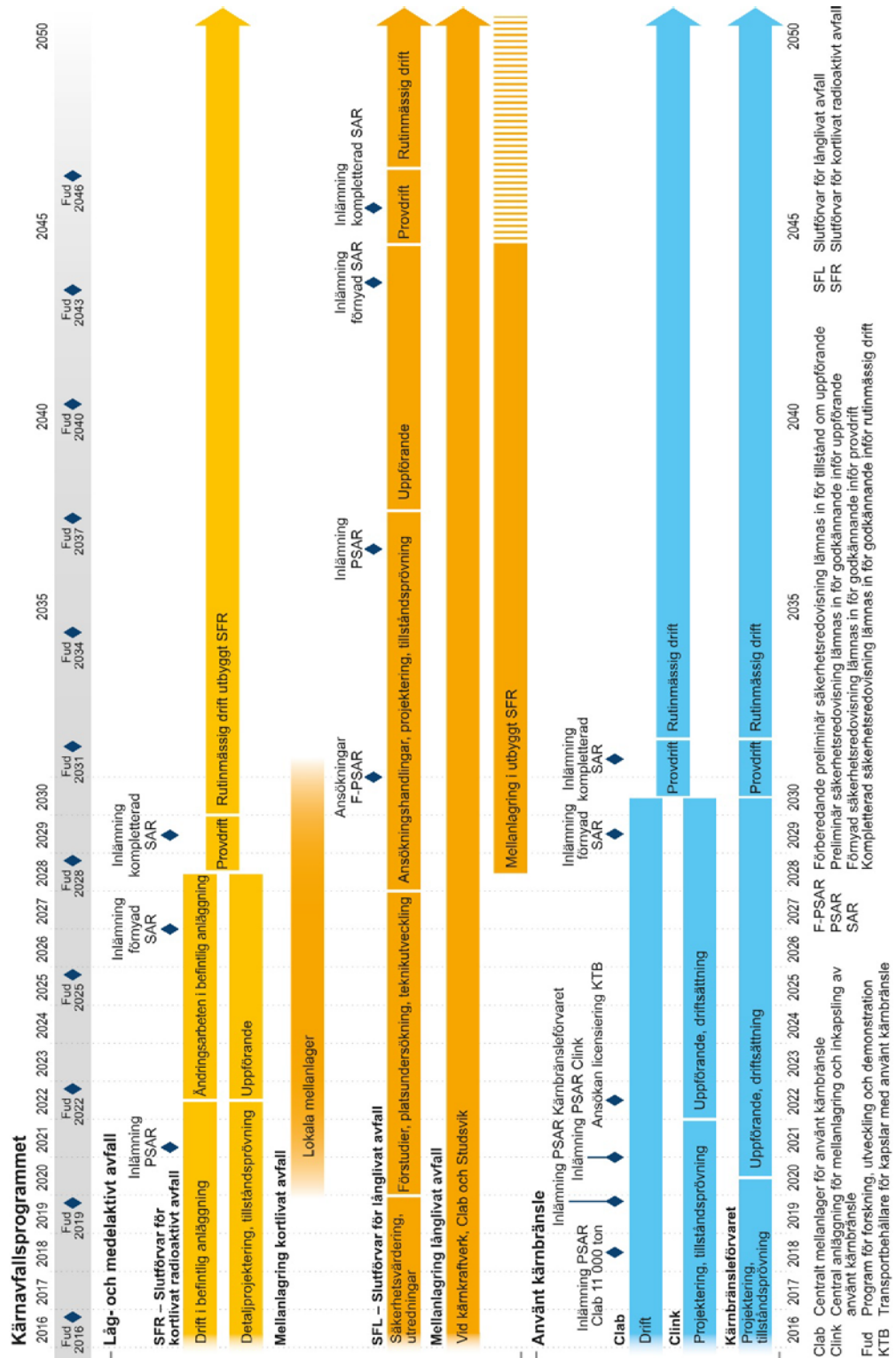
SKB redogör inledningsvis i avsnitt 3.1 översiktligt för konsekvenserna för kärnavfallsprogrammet som besluten om förtida avställning av fyra reaktorerna Oskarshamn 1, Oskarshamn 2, Ringhals 1 och Ringhals 2 medfört. När det gäller använt kärnbränsle så medför den förtida avställningen dels att den totala mängden använt bränsle från det svenska kärnkraftsprogrammet minskar, dels att en större mängd bränsle (resthårdar) kommer tidigare till Clab än beräknat. En annan konsekvens av den förtida avställningen är att rivning av de första sju reaktorerna kommer att påbörjas innan SFR-utbyggnaden tas i drift för deponering av avfall. Detta innebär att rivningsavfallet behöver mellanlagras lokalt på kraftverksområdena.

SKB redovisar i avsnitt 3.2 en övergripande handlingsplan för hela kärnavfallsprogrammet. SKB:s planering för nya anläggningar utgår från en stegvis beslutsprocess som har sin grund i SSM:s föreskrifter, och är i linje med internationella rekommendationer. SKB har i sin planering utgått från de olika tillstånd och medgivanden som erfordras enligt denna stegvisa process och angivit dem som milstolpar. De viktigaste milstolparna, vilka är gemensamma för samtliga planerade anläggningar, är:

- *Tillstånd enligt kärntekniklagen och miljöbalken att få bygga en ny anläggning* – baserad på redovisning av en förberedande preliminär säkerhetsredovisning (F-PSAR)
- *Godkännande av säkerhetsredovisning inför uppförande* – baserad på redovisning av en preliminär säkerhetsredovisning (PSAR) som redogör för anläggningens utformning, hur verksamheten anordnas och hur kraven uppfylls.
- *Godkännande av säkerhetsredovisning inför provdrift respektive rutinmässig drift* – baserad på succesiva redovisningar av förnyad respektive kompletterad säkerhetsredovisning (SAR). Säkerhetsredovisningen ska sammantaget visa hur anläggningens säkerhet är anordnad och ska avspegla anläggningen som den är byggd, analyserad och verifierad samt visa hur gällande krav på dess konstruktion, funktion, organisation och verksamhet är uppfyllda.
- *Godkännande av säkerhetsredovisningen inför förslutning av förvaren* – baserad på en kompletterad säkerhetsredovisning (SAR) samt plan för avveckling – och för slutförvarsanläggningar – en plan för förslutning av anläggningen.

En övergripande huvudtidplan för hela kärnavfallsprogrammet redovisas i figur 3-1 (sida 43 i Fud-program 2016). Planeringen för de tillkommande anläggningarna är i stort

indelad i teknikutveckling och lokalisering (SFL), projektering och tillståndsprövning, uppförande, provdrift samt rutinemässig drift. Milstolparna som redovisas är i högre grad än tidigare kopplat till successiva inlämningar av uppdaterade säkerhetsredovisningar.



Figur 2: Övergripande tidsplan för SKB:s kärnavfallsprogram. (SKB: Fud-program 2016).

SSM kommenterar den mer detaljerade genomförandeplanen för låg- och medelaktivt avfall i avsnitt 3.3 i Fud-programmet som en del av SSM:s samlade synpunkter på SKB:s redovisning av omhändertagande och slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall i kapitel 4 i denna rapport.

På motsvarande sätt kommenterar SSM den mer detaljerade genomförandeplanen för använt kärnbränsle i avsnitt 3.4 i Fud-programmet som en del av SSM:s samlade synpunkter på SKB:s redovisning av omhändertagande och slutförvaring använt kärnbränsle.

Remissinstansernas synpunkter

Uppsala Universitet hänvisar till SKB:s skrivning i avsnitt 3.1 om effekter från förtida avställning av reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 samt Ringhals 1 och 2. Universitetet efterlyser en mer djuplodande analys av konsekvensen för hanteringssystemet av en förtida avställning av reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 samt Ringhals 1 och 2.

3.5 Handlingsalternativ vid förändrade förutsättningar

SKB redogör i avsnitt 3.6 för programmets flexibilitet vid förändrade förutsättningar. SKB:s och tillståndshavarnas planering för omhändertagande av avfallet baseras på de förutsättningar och antaganden som gäller i dag för kärnkraftsprogrammet och har anpassats till följd effekterna av beslutet om att stänga reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 samt Ringhals 1 och 2. För övriga reaktorer baseras planeringen på tidigare antaganden om en driftstid om 60 år. SKB anger att planeringen omfattar osäkerheter av olika slag men att verksamheten medger en förhållandevis stor flexibilitet. SKB redovisar också att planeringen kan komma att påverkas av de pågående tillståndsprovningarna.

SKB:s redovisning omfattar såväl förlängning som förkortning av planerade driftstider för de reaktorer som inte ska ställas av. SKB för ett resonemang kring effekter i form av ändrade tidsplaner för inlagring av använt kärnbränsle i Clab. SKB beskriver också hur tidigare lagd respektive senare lagd rivning av reaktorerna i på ett övergripande plan påverkar planeringen för slutförvaren för avfallet, det vill säga SFR och SFL.

SKB resonerar också kring effekterna av en tidigare lagd eller senare lagd idrifttagning av slutförvarsanläggningarna för det låg- och medelaktiva avfallet, framför allt med koppling till behov av mellanlagringskapacitet för det låg- och medelaktiva avfallet. För det långlivade avfallet anger SKB att mellanlagringskapacitet finns tillgänglig fram till ca 2040. Situationen är annorlunda för det kortlivade avfallet som utgör större volymer men som också kan hanteras på fler sätt. Utöver deponering i SFR så kan visst avfall slutförvaras i markförvar på förlägningsplatserna eller friklassas och hanteras som konventionellt avfall.

SKB anger att man tillsammans med kärnkraftsföretagen utrett vilken lagringskapacitet som finns på respektive anläggning samt vilket lagringsbehov som kommer att uppstå fram tills det utbyggda SFR är i drift. SKB anger vidare att man kontinuerligt ser över behovet av mellanlagring av långlivat avfall i relation till befintlig och planerad kapacitet, för att säkerställa säkra och effektiva mellanlagringslösningar.

I ett särskilt avsnitt redovisas förutsättningar för flexibilitet för inlagring av kärnbränsle i Clab. SKB planerar att inleda provdrift av Kärnbränsleförvaret och Clink ca 2030.

Aktuellt tillstånd för Clab omfattar 8000 ton kärnbränsle och för att anläggningen ska kunna ta emot kärnbränsle fram till dess har SKB ansökt om att utöka lagringskapaciteten till 11000 ton genom att lasta om kärnbränsle från normalkassetter till 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 2038. Om det blir nödvändigt kan Clab byggas ut med ytterligare ett bergrum med förvaringsbassänger. SKB redovisar att torrlagring av använt kärnbränsle används i flera andra länder. SKB bedömer att ytterligare mellanlagringskapacitet kan åstadkommas genom torrlagring av använt kärnbränsle som ett alternativ att bygga ut Clab.

Remissinstansers synpunkter

Uppsala Universitet noterar SKB:s skrivning i avsnitt 3.6.1 om mindre förlängningar av reaktorernas drifttider. Universitetet anser att det finns skäl att redan nu studera ett fall där nya reaktorer har införts i det svenska energisystemet och hur det kan tänkas påverka såväl mellanlagring, inkapsling som slutförvaring.

3.6 Fortsatt forskning och utveckling

Kapitel 5 i Fud-programmet innehåller en översikt av de forsknings- och utvecklingsbehov som SKB identifierat för att utveckla och etablera och genomföra återstående delar av kärnavfallsprogrammet. Kapitlet utgör i den meningen en översiktlig introduktion till mer detaljerade redovisningar för respektive fokusområde som redogörs för i kapitel 6 till 21.

I avsnitt 5.1 beskrivs principiellt grunderna för planeringen av framtida forsknings- och teknikutvecklingsinsatser, vilken utgår från den stegvisa beslutsprocessen som redovisats i avsnitt 3.2 i Fud-rapporten. SKB anger att det är naturligt att milstolpar kopplade till inlämnande av ansökningar blir styrande för planeringen av forsknings- och utvecklingsinsatser eftersom de styr när olika frågor ska vara lösta och när redovisning ska ske av aktuellt kunskapsläge och av de tekniska lösningar som är tänkta att användas. SKB anger vidare att milstolpar som är kopplade till beslutsstegen i form av ansökningar styr när kunskap och utveckling av teknik behöver ha nått en viss nivå medan SSM:s godkännande styr när SKB kan påbörja aktiviteter som uppförande eller drift av anläggningar.

SKB anger att programmet för framtida forsknings- och utvecklingsinsatser har delats in i tre huvudsakliga grupper:

- Behov av ökad processförståelse, det vill säga den vetenskapliga förståelsen för processer som påverkar slutförvarssystemet och därmed grunden för att bedöma deras betydelse för säkerheten efter förslutning.
- Behov av kunskap och kompetens kring utformning, konstruktion, tillverkning och installation av de komponenter som ska användas i anläggningarna.
- Behov av kunskap och kompetens kring kontroll och provning för att verifiera att systemets barriärer och komponenter produceras och installeras enligt godkända specifikationer och därmed uppfyller kraven. Här ingår även utveckling av metoder och instrument för kontroll av slutförvaret och förvarsplatsen.

SKB anger också att det dessutom behövs mer kunskap om inventariet av radionuklider i det låg- och medelaktiva avfallet, om egenskaperna hos det använda kärnbränslet och om utveckling av teknik för hantering av både avfall och använt kärnbränsle.

I avsnitt 5.2 ges en översikt av de milstolpar som är relevanta för respektive förvar och Clink samt kunskapsläget som erfordras och hur långt teknikutvecklingen ska ha nått vid respektive milstolpe. SSM bedömer redovisningen i dessa avsnitt som en integrerad del av SSM:s samlade bedömning av redovisningen av omhändertagandet av låg- och medelaktivt avfall i kapitel 5 och SSM:s samlade bedömning av redovisningen av omhändertagandet av använt kärnbränsle i kapitel 6.

Därefter beskrivs i avsnitt 5.3 till 5.10 den forskning och teknikutveckling som behövs för att lösa förvarens utformnings- och konstruktionsfrågor, samt den forskning som behövs för att genomföra analys av förvarens säkerhet efter förslutning. SSM bedömer redovisningen i avsnitt 5.3 (låg- och medelaktivt avfall), 5.4 (använt bränsle), 5.5 (kapsel), 5.6 (cementbaserade material), 5.7 (buffert, återfyllning, förslutning), 5.8 (berg), 5.9 (ytecosystem), 5.10 (klimat och klimatrelaterade processer) som integrerade delar av SSM:s samlade bedömningar för respektive område som redovisas i kapitel 6 till 13 i Fud-programmet. SSM:s bedömningar återfinns i kapitel 4-8 i denna rapport.

I avsnitt 5.11 ges en översikt av teknikutvecklingsbehoven utifrån avveckling av kärntekniska anläggningar. SSM bedömer redovisningen i avsnittet som en integrerad del av SSM:s samlade bedömning av den mer detaljerade redovisningen för avveckling av kärntekniska anläggningar som redovisas i Del III i Fud-rapporten. SSM:s bedömningar återfinns i kapitel 9 i denna rapport.

I avsnitt 5.12 sammanfattas övrig verksamhet och kunskap som är relevant för SKB:s uppdrag. SSM bedömer redovisningen i avsnittet som en integrerad del av SSM:s samlade bedömning av den mer detaljerade redovisningen i kapitel 20 (bevarande av information och kunskap över generationer) respektive kapitel 21 (deponering i djupa borrhål). SSM:s bedömningar återfinns i kapitel 10 respektive kapitel 11 i denna rapport.

3.7 SKB:s ledning och styrning av verksamheten

3.7.1 Arbetssätt, resurser och kompetens

SKB:s redovisning

SKB bedriver ett långsiktigt forskningsprogram med syfte att underbygga analysen av säkerheten för befintliga och planerade slutförvar efter förslutning, vilket innefattar förståelse av processer i slutförvarsmiljön och data som behövs inom säkerhetsanalyser. Forskning genomförs för att underbygga framtagning av lämpliga tekniska utformningar i slutförvar med avseende på både driftsäkerhet och säkerhet efter slutlig förslutning. Ett stort fokus har under lång tid varit att ta fram ett tillräckligt forskningsunderlag för SKB:s ansökan om uppförande, innehav och drift av ett slutförvar för använt kärnbränsle. Ett fortsatt forskningsarbete kommer att krävas inom ramen för en stegvis prövning då förnyade och mera detaljerade forskningsbehov identifieras för kommande faser. SKB pekar också på forskningsbehov till stöd för utbyggnad och fortsatt drift av SFR samt till stöd för utformning av ett slutförvar för långlivat radioaktivt avfall (SFL). I SKB:s strategi för att prioritera forskningsinsatser ingår ett forskningsråd där olika

representanter för SKB:s olika verksamhetsgrenar kan diskutera och analysera forskningsbehov från olika perspektiv. Planerna sammanfattas i SKB:s återkommande Fud-rapporter som erfordras enligt kärntekniklagen.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s övergripande strategi för identifiering och prioritering av kommande forskningsinsatser är ändamålsenlig. Det är viktigt att forskningsbehoven utvärderas och omprövas på en regelbunden basis med tanke på prioriteringar inom säkerhetsanalysen, utvecklingen av detaljerade slutförvarslösningar samt tillkommande forskningsresultat utanför SKB-sfären.

SSM anser att det finns ett behov av att SKB på ett systematiskt och utförligt sätt bevakar relevant forskning som genomförs i vetenskapssamhället i stort, av SSM, andra myndigheter och av oberoende organisationer samt bedömer betydelsen av nya forskningsresultat med beaktande av bl.a. slutförvarsmiljöns egenskaper. I framtida säkerhetsanalyser behöver det visas att all relevant forskning beaktas och utvärderas med utgångspunkt från den samlade kunskapen om slutförvarssystemets utförande och förväntade förvarsbetingelser.

Enligt SSM:s bedömning behöver SKB:s strategi för prioritering av forskningsinsatser vidareutvecklas, efter ett eventuellt tillstånd enligt kärntekniklagen och tillåtlighet enligt miljöbalken, för att på ett tydligare sätt kunna överblicka forskningsbehov under olika faser i slutförvarsprogrammet. Krav på ett mycket långsiktigt förhållningssätt finns exempelvis inom uppförande och underhåll av förvarsutrymmen samt planering och genomförande av demonstrationer och långtidsförsök i slutförvarsmiljön. SKB behöver också med utgångspunkt från SSM:s specifika föreskriftskrav utförligare utvärdera och explicit redovisa forskningsbehov för att underbygga kravuppfyllelse i förhållande till individuella föreskriftskrav i SSM:s föreskrifter exempelvis skydd av människors hälsa, miljöskydd, optimering och bästa möjliga teknik, samt barriärernas konstruktion och utförande.

3.7.2 Ledning och styrning av fortsatt teknikutveckling

SKB:s redovisning

SKB:s teknikutveckling syftar till att tillgodose behov av att uppfylla samtliga krav kopplat till både långsiktig säkerhet efter förslutning samt säkerheten vid driften av kärntekniska anläggningar. Prioritering av insatser utgår från tidsplaner och milstolpar för samtliga befintliga och planerade anläggningar. Status för aktuell teknikutveckling stäms regelbundet av mot dessa tidplaner. SKB har organiserat utvecklingsprojekt enligt olika så kallade produktionslinjer som inbegriper olika typer av komponenter i slutförvarsmiljön så som kapsel, buffert, återfyllning etc.

SKB delar in utvecklingsprojekt i tre faser; i) konceptfas, ii) konstruktionsfas och iii) införande- och överlämningsfas. Den första fasen avser specifikation av funktioner och krav samt identifiering av möjliga tekniska lösningar. I nästa fas genomförs först en övergripande systemkonstruktion och därefter en detaljkonstruktion som ska ge allt tekniskt underlag för att i nästa steg kunna implementera ett teknikutvecklingsprojekt i verkligheten. I den sista fasen genomförs de åtgärder som krävs för införandet i en verklig

anläggning så som utbildning, upphandling, kvalitetssäkring, kvalificering av procedurer och dokumentation.

Viktiga inslag för att specificera krav på konstruktionslösningar och teknikutveckling är framtagning av konstruktionsförutsättningar för försvarskomponenter och definition av säkerhetsfunktioner för tiden efter slutlig förslutning. SKB pekar på behovet av en iterativ process där preliminära kvantitativa krav utvärderas inom ramen för en säkerhetsanalys. Därefter sker en uppdatering och ökning av detaljeringsgraden av konstruktionsförutsättningarna för att utgöra ett underlag för nästa steg i iterationscykeln. Inför implementering behöver krav i konstruktionsförutsättningarna vara praktiskt uppnåeliga och verifierbara. SKB pekar på att en iterativ process alltid kan innebära att de tilltänka tekniska lösningarna visas vara olämpliga eller orealistiska från resursanvändnings-synpunkt.

När väl tekniska lösningar har specificerats behöver åtgärder för kvalitetsstyrning och kvalitetskontroll identifieras och utarbetas. SKB planerar exempelvis att genomföra kvalificering av tillverknings- och provningsprocesser bland annat med utgångspunkt från säkerhetsbetydelse, tillgängliga standarder och normer samt tillgänglig teknik. I vissa fall finns erforderlig metodik redan tillgänglig från andra tillämpningar medan betydande utvecklingsarbete krävs i andra fall. SKB planerar även framtagning av olika typer av kontrollprogram i samband med uppförande och drift av slutförvarsanläggningen.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s övergripande metodik och planer för teknikutveckling på ett generellt plan är lämpliga. SKB har i flera avseenden kommit långt i sin teknikutveckling med utgångspunkt från resultat från Äspö-, kapsel- och bentonitlaboratorierna. Dock kvarstår fortfarande betydande utmaningar, så som viss teknikutveckling för tillverkning och provning av en försluten kopparkapsel samt hantering av återfyllnadsprocessen i en realistisk bergmiljö. SKB:s långtgående krav på tillverkning och provning av kopparkapslar är delvis beroende på de höga krav som har specificerats inom den säkerhetsanalysmetodik som har tillämpats inom SKB:s säkerhetsanalys SR-Site.

SSM konstaterar att SKB med gradvis ökande detaljeringsgrad behöver utvärdera konstruktionsförutsättningar, teknikutveckling och provningsmetodik med utgångspunkt från kompatibilitet för komponenter i slutförvaret samt även i perspektivet att långsiktigt kunna demonstrera kravuppfyllelse i förhållande till SSM:s olika föreskriftskrav. SKB behöver exempelvis inom kommande säkerhetsanalyser konkretisera konstruktionsstyrande fall och fall för att visa uppfyllelse av krav kopplat till bästa möjliga teknik och optimering. I synnerhet krav på optimering kan innebära särskilda insatser för att på överskådligt sätt visa de föreslagna detaljkonstruktionernas lämplighet för slutförvarets samlade skyddsförmåga i olika tidsskalor. Det krävs ytterligare insatser inför kommande steg i SKB:s program för att visa att erhållna erfarenheter samt förväntad teknikutveckling inte innebär begränsningar som inte kan hanteras eller innefattas av säkerhetsanalysberäkningar för demonstration av kravuppfyllelse.

Enligt SSM:s bedömning bör SKB i kommande Fud-program tydligt redovisa utvecklingsbehov kopplat till säkerhetsanalysmetodik samt förslag till förbättrings-åtgärder baserat på erfarenheterna från SR-Site och SR-PSU.

SSM anser att SKB både inom säkerhetsanalys och inom arbetet med framtagning av försvarsutformningar behöver fokusera på organisatoriska frågor (MTO) samt risk och

konsekvenser kopplade till mänskliga misstag vid tillverkning, uppförande och drift. De mycket långa planerade driftstiderna för slutförvaret medför höga krav på att kunna upprätthålla en väl fungerande driftorganisation under ett flertal årtionden. Slutförvarslösningar behöver vara så robusta som möjligt för att minimera risk kopplade till mänskliga misstag. Scenarier och fall behöver också tas fram inom säkerhetsanalysen som illustrerar och vid behov beaktar riskbidrag från denna typ av risk.

SSM ser det som en potentiell risk att SKB för tidigt snävar in sin teknikutveckling till att enbart omfatta nuvarande referensutformning av ett slutförvar. SSM bedömer att SKB även framledes behöver bevaka kunskaper, erfarenheter och forskningsresultat kopplat till alternativa tillverknings- och provningsmetoder som kan uppfylla motsvarande övergripande krav på respektive slutförvarskomponent.

3.7.3 Arbetsverktyg

SKB:s redovisning

SKB har som väsentliga arbetsverktyg inom Fud-program 2016 identifierat i) databaser, ii) modell- och beräkningsverktyg, iii) platsmodeller och iv) kvalitetssäkring.

SKB upprätthåller för närvarande ett flertal databaser som avser information om olika typer av radioaktiva avfall inklusive använt kärnbränsle, data från platsundersökningsprogrammet, analyser från experiment, kravhantering som underlag för SKB:s forsknings- och utvecklingsarbete, SKB:s dokument och biblioteksmaterial samt renodlad vetenskaplig data. Planerade ytterligare insatser avser gradvis uppdatering samt administrativt underhåll med tanke på utveckling av operativsystem och programvara.

SKB har använt ett stort antal modell- och beräkningsverktyg vid genomförandet av säkerhetsanalyserna SR-Site och SR-PSU. SKB har specificerat kvalitetskrav som ska vara uppfyllda för modell- och beräkningsverktyg, dels kommersiell programvara, dels egenutvecklade program. Dessa avser ändamålsenlighet i förhållande till säkerhetsanalysens behov, rutiner för utveckling och kontroll av programvara, samt hantering och dataanvändning i samband med beräkningar. SKB håller för närvarande på att uppdatera modell- och beräkningsverktygen samt sammanställa dem i en databas.

Inför KBS-3-ansökan sammanställde SKB tillgänglig information om Forsmark och Laxemar i platsbeskrivande modeller för respektive plats. För Forsmarksplatsen sker för närvarande ytterligare informationsinsamling i samband med ett monitoringsprogram. Successivt tillförs därmed ytterligare information och i samband med eventuella förnyade säkerhetsredovisningar kommer även större uppdateringar av platsbeskrivande modeller att genomföras.

Inom ramen för säkerhetsanalys har SKB ledningsrutiner för upphandling, godkännande av leverantörer, innehåll i databaser och godkännande av modell- och beräkningsverktyg. SKB presenterar fortlöpande information i vetenskapliga publikationer och i den egna rapportserien. Detta föregås alltid av en dokumenterad granskningsprocess.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s redovisade planer för att upprätthålla och utveckla kvaliteten i säkerhetsanalyser samt forsknings- och utvecklingsprojekt är ändamålsenliga och av

rimlig omfattning. I takt med att SKB:s program fortskrider behöver detta arbete intensifieras med en tydligare och mer omfattande styrning av såväl arbeten som SKB själva genomför som det arbete som utförs av externa leverantörer. Kvalitetssäkringsrutiner bör bli en integrerad del av verksamheten och dokumenterade kvalitetskontroller behöver genomföras i lämplig omfattning.

SSM konstaterar att SKB i kommande steg av sitt program bör genomföra ytterligare insatser för att säkerställa en konsekvent användning av data respektive utförlig kvalificering av data för säkerhetsanalysberäkningar inklusive metoder och rutiner för härledning av lämpliga parametrar. Det är angeläget att både experimentella försök och modelleringsverksamhet inom angränsande områden utgår ifrån från början konsekvent tillämpade förutsättningar och indata.

I vissa områden finns behov av att utveckla och modernisera SKB:s programvara för säkerhetsanalysberäkningar. SSM anser att sådan programutveckling bör genomföras baserat på tydliga instruktioner för dokumentation och kvalitetskontroll, inklusive dokumenterad versionshantering. Det är också angeläget att SKB på ett kvalitetssäkrat sätt arkiverar in- och utdatafiler. Särskild uppmärksamhet krävs för att säkerställa att externa leverantörer uppfyller samtliga kvalitetssäkringskrav. SSM anser att SKB bör vidareutveckla kapacitet för probabilistiska metoder och även utanför radionuklidtransportområdet utveckla användningen av känslighetsanalyser.

3.7.4 Resurs- och kompetensförsörjning

SKB:s redovisning

SKB har tagit fram en kompetensförsörjningsprocess för att även på lång sikt kunna tillgodose omfattande kompetensbehov med både egen personal och externa leverantörer. Hög kompetens hos egen personal erfordras för strategiskt viktiga områden, men den egna personalen ska även kunna styra, leda och upphandla erforderlig kompetens inom andra områden. En stor del av kunskap och teknik som SKB behöver finns allmänt tillgänglig på den öppna marknaden, men inom vissa strategiska områden innebär kompetensförsörjningen större utmaningar. Detta gäller exempelvis kunskaper kopplade till kapseltillverkning och provning, lerbarriärer, cementmaterial, och olika typer av radioaktivt avfall. Av strategiskt stor betydelse är också områden kopplade till den samlade förståelsen av slutförvarssystemets långsiktiga utveckling och omgivningspåverkan.

SKB har sedan lång tid tillbaka en del av sin verksamhet knuten till universitet och högskolor, vilka bidrar med forskningsresultat samt vidmakthållande av nationell kompetens.

SKB bedriver ett omfattande samarbete inom ramen för internationella samarbetsprojekt och organisationer samt även med avfallsbolag i andra länder. I synnerhet samarbetet med SKB:s systerorganisation i Finland, Posiva, har utvecklats under ett antal år, vilket nu innefattar betydande inslag av gemensam forskning och gemensamma utvecklingsprojekt. Beträffande internationella samarbetsprojekt bidrar EU med omfattande finansiering inom EU:s ramprogram. SKB deltar för närvarande i åtta EU-projekt. Dessa projekt ger breddad kompetens och ett omfattande kontaktnät. SKB deltar även i det europeiska samarbetet IGD-TP med syftet att utveckla europeisk kompetens för implementering av slutförvaring.

SKB deltar även i arbetsgrupper och projekt inom de internationella organisationerna OECD-NEA och IAEA. Detta arbete fokuseras på strategiska frågor och frågor som kan kopplas till samordning av utrednings- och forskningsinsatser mellan olika länder. Sverige har ratificerat IAEA:s avfallskonvention och SKB bidrar med material till Sveriges nationella rapport vart tredje år.

SSM:s bedömning

SSM anser att frågor kring kompetensförsörjning både inom SKB och nationellt har stor betydelse för slutförvaring av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall i Sverige. Detta beror bland annat på de långa ledtiderna för prövningsprocess och uppförandefas, liksom de långa driftstiderna för planerade slutförvar. Andra bidragande orsaker till svårigheter med kompetensförsörjning är de breda spektrum av ämnesområden som behöver beaktas och bevakas vid utvärdering av framförallt långsiktig säkerhet efter förslutning, men även ämnesområden som behövs vid analys och upprätthållande av anläggningarnas driftsäkerhet.

SSM konstaterar att SKB:s nuvarande fördelning av resurser mellan egen personal och externa leverantörer förefaller vara ändamålsenlig, men att omprövning av behoven aktualiseras när SKB:s program går över i en uppförande- och implementeringsfas. SKB bör sträva efter att bredda sin kompetens och sitt kontaktnät inom områden av särskilt kritisk betydelse för utvärdering av långsiktig säkerhet. Det är viktigt att SKB inte blir allt för beroende av enstaka experter, i synnerhet för de områdena som har störst påverkan på långsiktig säkerhet.

SSM är positiv till de internationella samarbeten som SKB redovisar. SKB:s samarbete med Posiva förefaller vara ändamålsenligt med tanke på de stora likheterna mellan de svenska och finska slutförvarsprogrammen. Samarbeten bör kunna möjliggöra kompetensutveckling och effektiv resursanvändning. SSM är också positiv till samarbeten både inom EU-sfären med samarbetsprojekt inom EU:s ramprogram, samt aktiviteter som organiseras av de internationella organisationerna OECD-NEA och IAEA. Dessa samarbeten kompletterar varandra så till vida att EU-projekten med dedikerade resurser möjliggör fördjupning, medan samarbetet inom OECD-NEA och IAEA kan inriktas på övergripande strategier och metoder.

3.7.5 Anläggningar för forskning, utveckling och demonstration

SKB:s redovisning

SKB:s program för utveckling av ett slutförvar för använt kärnbränsle har under de senaste två årtiondena till stor del varit beroende av verksamheten vid Äspölaboratoriet i Oskarshamn. Denna anläggning har haft en betydelse för utveckling av metodik för platsundersökningar och metodik för konstruktionsarbeten och undersökning av berget under pågående byggnation. Ett betydande antal forskningsprojekt har också initierats för att undersöka såväl förhållanden i den naturliga berggrunden som utvecklingen av förvarssystemet och de tekniska barriärerna. En del av dessa försök pågår fortfarande. SKB har också genomfört vissa demonstrationsförsök för att utveckla hantering av förvarskomponenter och drift av slutförvaret. Äspölaboratoriet kommer enligt SKB:s planer att användas för fortsatta långtidsförsök och fullskaliga tester, liksom även nya försök för barriärer och cementmaterial av relevans för SFR och det planerade SFL-förvaret. SKB använder sig av två modelleringsgrupper (SKB Task Force) för att

utvärdera och planera försök vid Äspölaboratoriet, en kopplad till hydrogeologi och radionuklidtransport, och en kopplad till tekniska barriärer.

SKB:s kapsellaboratorium används för att utveckla metoder för svetsning och förslutning av kopparkapslar, liksom system för oförstörande provning av kapslar. Tillverkning av komponenter till kapseln sker dock i andra anläggningar hos externa leverantörer. SKB konstaterar att verksamheten vid detta laboratorium är nödvändig för utvecklingen av tillförlitliga procedurer för tillämpning i den planerade inkapslingsanläggningen.

SKB:s övriga laboratorier innefattar ett bentonitlaboratorium, ett vattenkemilaboratorium samt ett materiallaboratorium för provning av bentonitleror. Samtliga dessa anläggningar är förlagda i anslutning till Äspölaboratoriet. I bentonitlaboratoriet genomförs tester av bland annat vattenmättnadsfasen för bentonitbuffertar samt vattenmättnadsfasen för simulerade återfyllda tunnlar under mera kontrollerade former i jämförelse med förhållanden på det planerade förvarsdjupet. Dessa försök utgör komplement till försöken i Äspölaboratoriet.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar liksom SKB att Äspölaboratoriet har varit en viktig resurs för forskning och utveckling av metoder för slutförvaring. Anläggningen förväntas under lång tid förbli användbar för utvecklingen av det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle, men även som SKB påpekar, experiment med bäring på SFR och SFL kan bli aktuella. SSM konstaterar att försök och demonstrationsaktiviteter inte kan begränsa sig till Äspö eftersom de även behöver genomföras i den aktuella slutförvarsanläggningen i samband med en uppförande- och driftsfas. Detta gäller i synnerhet för aktiviteter som är känsliga för tillgången till representativa betingelser i den opåverkade berggrunden. Exempel på viktiga skillnader mellan Forsmarksplatsen och berggrunden vid Äspö avser frekvens av vattenförande sprickor och bergspänningsförhållanden. Dessa aspekter kan påverka förekomst av spjälkning och sprickbildning i tunnelväggar, liksom den hydrogeologiska och geokemiska utvecklingen i anslutning till tekniska barriärer. Dessa begränsningar medför dock sannolikt inget betydande hinder att utnyttja Äspö för demonstrationsförsök, vissa typer av långtidsförsök och preliminär utvärdering av slutförvarsmetoder i olika sammanhang. I många fall är de lokala bergförhållanden mest betydelsefulla. Tillgången till Äspö kan förenkla och åtminstone i viss utsträckning begränsa försöksverksamheten vid den tilltänkta slutförvarsanläggningen.

Beträffande SKB:s egna övriga försöksanläggningar kapsellaboratorium, bentonitlaboratorium, vattenkemilaboratorium samt materiallaboratorium konstaterar SSM att de förväntas fylla betydelsefulla funktioner i slutförvarsprogrammet. SSM anser att experimentell verksamhet som är särskilt viktig för utvärderingen av säkerheten efter förslutning i erforderlig utsträckning bör genomföras i SKB:s egen regi snarare än enbart hos externa leverantörer.

3.8 SSM:s samlade bedömning av SKB:s verksamhet och handlingsplan

Övergripande om SKB:s verksamhet och handlingsplan

SSM noterar att strukturen för Fud-program 2016 har utvecklats och är mer lättillgängligt jämfört med Fud-program 2013. SSM bedömer att del I av Fud-program 2016 är en bra

introduktion till SKB:s verksamhet och planer för att ta hand om kärnkraftens restprodukter på ett säkert och kostnadseffektivt sätt.

Planeringsförutsättningar för SKB:s verksamhet

SSM finner det rimligt att SKB utgår från reaktorernas planerade drifttider vid planeringen av omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall. Programmets långa utsträckning i tiden kan innebära att planeringsförutsättningarna förändras över tid, likväl som att det kan göras omvärderingar av nuvarande utgångspunkter för programmet. 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.

SSM bedömer att SKB:s beskrivningar av handlingsalternativ vid förändrade förutsättningar i form av översiktliga konsekvensanalyser för scenarier med förlängda eller förkortade drifttider för dagens kärnkraftreaktorer är rimligt realistiska och åskådliggörande.

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.

Övergripande beskrivning av verksamheter och planer för genomförandet

SSM bedömer att den övergripande redovisningen av verksamheterna i kapitel 2, tillsammans med den verksamhetsövergripande genomförandeplanen i avsnitt 3.1, underbyggd av de mer detaljerade genomförandeplanerna för systemet för det låg- och medelaktiva avfallet (avsnitt 3.3), för KBS-3-systemet (avsnitt 3.4), och för avveckling av kärntekniska anläggningar (avsnitt 3.5), ger en tillräcklig inblick i SKB:s program för att myndigheten ska kunna bedöma programmet.

SSM bedömer vidare att redovisningen av flexibilitet i systemet (avsnitt 3.6) är rimlig i förhållande till Fud-programmets övergripande syfte.

Fortsatt forskning och utveckling

SSM vill särskilt lyfta fram värdet av kapitel 5 i SKB:s redovisning som sammanfattar och motiverar planerade insatser inom forskning och teknikutveckling som behövs för att genomföra återstående arbete. Redovisningen utgör i den meningen en viktig länk mellan redovisningen i kapitel 3, som övergripande beskriver vad som återstår att göra, och redovisningen i Del II, som mer i detalj redogör för planerade forsknings- och utvecklingsinsatser under kommande Fud-period, dvs. under de kommande sex åren.

SSM bedömer att kapitel 5 tillsammans med redovisningen i del II ger en god överblick av SKB:s planer för fortsatt forskning och utveckling, på så sätt att kapitel 5 presenterar en översikt av allt som behöver göras framöver medan kapitel 6 detaljerar SKB planering för den kommande Fud-perioden, det vill säga de kommande sex åren.

SKB:s ledning och styrning av verksamheten

SSM bedömer att kapitel 4 i SKB:s redovisning, som beskriver det systematiska arbetssätt som SKB har utvecklat för att genomföra behövlig forskning, utveckling och demonstration är värdefullt. Redovisningen kompletterar övrig information i Fud-programmet på ett förtjänstfullt sätt. Medan övriga delar i Fud-programmet är fokuserade på vad som ska åstadkommas, bidrar redovisningen i kapitel 4 till en bättre övergripande förståelse för hur forsknings- och utvecklingsåtgärder planeras, motiveras och utvärderas.

4 Omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall

SSM lämnar i detta kapitel samlade synpunkter på redovisningen avseende låg- och medelaktivt avfall i Fud-program 2016. Bedömningarna avser SKB:s redovisningar i avsnitt 3.3, Genomförandeplan för låg- och medelaktivt avfall, avsnitt 5.3 som beskriver behoven av fortsatt forskning och utveckling avseende det låg- och medelaktiva avfallet samt kapitel 6 som mer i detalj beskriver forsknings- och teknikutvecklingsinsatser för det låg- och medelaktiva avfallet som pågår, startas eller avslutas under innevarande Fud-period.

4.1 Genomförandeplan för omhändertagande av låg- och medelaktivt avfall

SSM:s synpunkter i detta avsnitt kompletterar de mer övergripande synpunkter som lämnats i kapitel 3 på SKB:s verksamhet och handlingsplan. SSM:s synpunkter avseende transportsystemet redovisas sammanhållet i kapitel 6, och SSM:s synpunkter avseende kärnämneskontroll redovisas sammanhållet i kapitel 7, i denna rapport.

SKB:s redovisning

SKB:s arbete med såväl utbyggnaden av SFR som utvecklingsarbetet med SFL har försenats. SKB anger att tidsplanerna anpassats till att tillståndsprövningarna bedöms ta längre tid än vad som tidigare antagits. Enligt nuvarande planering förväntas utbyggnaden av SFR kunna starta först under 2022, med en planerad provdrift 2028, vilket är en försening med ungefär fyra år jämfört med Fud-program 2013. Av redovisningen framgår också att arbetet med SFL är försenat. Förutom att slutförandet av säkerhetsvärderingen flyttats fram två år, från 2016 till 2018, så framgår av tidsplanerna som redovisas i såväl figur 3-2 som figur 3-5 i Fud-programmet att planerad start av förstudierna har skjutits fram ca fyra år.

Av redovisningen framgår att beslutet att stänga ner fyra reaktorer i närtid påverkar branschens behov av mellanlager och slutförvar. Några av kärnkraftsföretagen har för avsikt att anordna mellanlager för kortlivat rivningsavfall tills SFR-utbyggnaden tas i drift, antingen på kraftverksområdena eller på annan plats. I Fud-programmet hänvisas till en utredning om möjligheten till ett centralt mellanlager och att utredningen klargjorde att SKB inte bör driva frågan om ett centralt mellanlager för kortlivat rivningsavfall i egen regi.

Nuvarande planer innebär att SFR inte kommer att ta emot något avfall för slutförvaring under tiden som utbyggnaden pågår, vilket innebär att det kommer att finnas ett behov av att mellanlagra driftavfall på de avfallsproducerande anläggningarna under motsvarande period. Skulle ett starkt behov av att deponera avfall under utbyggnadsperioden uppstå, anger SKB att ett deponeringsfönster planeras in. Av redovisningen framgår att för Barsebäck Kraft AB, OKG AB och Ringhals AB bedöms det finnas behov av utökad kapacitet för mellanlagring av kortlivat avfall. Forsmark Kraftgrupp AB bedöms ha tillräcklig kapacitet, detta under förutsättning att utrymmen i befintliga mellanlager kan frigöras innan utbyggnaden av SFR påbörjas.

Det långlivade rivningsavfallet planeras att mellanlagras lokalt på kraftverken och enligt redovisningen i Fud-programmet i SFR-utbyggnaden när denna är driftklar. Eftersom SFL planeras att driftsättas år 2045 behöver uppkommet långlivat rivningsavfall lagras åtminstone fram till denna tidpunkt. Av redovisningen framgår att OKG AB och Ringhals AB bedöms ha tillräcklig kapacitet i befintliga mellanlager. Vid såväl Barsebäck Kraft AB som Forsmark Kraftgrupp AB finns kapacitet för mellanlagring av långlivat avfall men det framgår inte av redovisningen om denna kapacitet bedöms vara tillräcklig. Vidare framgår att AB Svafo planerar att uppföra ett nytt mellanlager som ska vara i drift år 2019, för att täcka sina behov. Om SFL inte är driftklart när den förvaringsdel i SFR som är tänkt att användas som mellanlager av långlivat avfall behöver användas för deponering av kortlivat avfall, behöver det långlivade avfallet föras till ett annat mellanlager. SKB anger att man kontinuerligt ser över behovet av mellanlagring av långlivat avfall eftersom en god lagringskapacitet säkrar ett robust hanteringssystem för avfallet.

Av SKB:s redovisning framgår också att transportsystemet behöver kompletteras med en behållare för transport av långlivat avfall, avsett för slutförvaring i SFL och att nuvarande planering innebär att nya transportbehållare för långlivat avfall kommer att levereras 2020.

SSM:s bedömning

SSM instämmer i SKB:s beskrivning av de förändrade förutsättningarna för omhändertagande av det låg- och medelaktiva avfallet. Utöver konsekvenser i form av en tidigare-lagd avveckling av reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 respektive Ringhals 1 och 2, har konkreta avvecklingsåtgärder initierats vid såväl Barsebäckverket som forskningsreaktorerna på Studsviksområdet.

SSM konstaterar att såväl avvecklingsbesluten som de senarelagda planerna för idrifttagandet av SFR påverkar arbetet med att säkerställa en tillräcklig mellanlagringskapacitet i befintliga och planerade mellanlager för både kortlivat och långlivat avfall. SSM bedömer att den övergripande beskrivning av planeringen med att säkerställa en tillräcklig mellanlagringskapacitet som ges i Fud-program 2016, behöver utvecklas och fördjupas till nästkommande redovisning av Fud-programmet. SSM bedömer också att något mer detaljerade beskrivningar behöver ges av dels ungefärliga avfallsvolymer som behöver mellanlagras vid respektive anläggning, dels ungefärliga mellanlagringskapaciteter, för kortlivat respektive långlivat avfall över tid.

SSM bedömer vidare att de anläggningar som drivs och planeras av SKB i tillämplig omfattning kan komma att utgöra viktiga resurser för omhändertagande av annat radioaktivt avfall än det som idag omfattas av Fud-programmet, till exempel:

- 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 anläggningarna i Studsvik.
- Avfall från innehållande förhöjda halter av naturligt förekommande radioaktiva ämnen, som inte kan deponeras på kommunala deponier. Det kan också röra poster med höga halter uran, t.ex. utarmat uran.

För att underlätta förståelsen för förutsättningarna för SKB att ta emot sådant avfall är det önskvärt att SKB tydliggör vilka möjligheter som finns och kommer att finnas för deponering av radioaktivt avfall utöver kärnavfall i SKB:s anläggningar.

SSM lämnar synpunkter på SKB:s redovisning av transportsystemet i sin helhet i kapitel 6.

4.2 Framtida insatser för slutförvaret för kortlivat avfall (SFR)

SKB:s redovisning

SKB redogör i avsnitt 5.2 i Fud-program 2016 för viktiga redovisningar som ska tas fram och det arbete som ligger till grund för att bygga ut SFR och ta anläggningen i drift. Redovisningen är i Fud-program 2016 tydligare än i föregående Fud-redovisning knuten till den stegvisa beslutsprocess som har sin grund i SSM:s föreskrifter. SKB har i sin planering utgått från de olika tillstånd och medgivanden som erfordras enligt denna stegvisa process, baserat på redovisning av underlag inför uppförande, under uppförandeskedet, inför provdrift, inför rutinmässig drift och inför förslutning.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun uttolkar av redovisningen i avsnitt 9.2.3 i Fud-program 2016, att silon vid förslutningstillfället inte kommer att vara fylld av avfall och efterfrågar med anledning av detta hur SKB planerar att fylla ut silon i SFR vid förslutning. Kommunen efterfrågar också information om hur stor gasutvecklingen är till följd av korrosion respektive nedbrytning av organiskt material. Kommunen framför också önskemål om att SKB i Fud-program 2019 ska redovisa en beskrivning av gastransportsystemet i 1 och 2 BMA.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB har redovisat en lämplig sammanfattning av det arbete som ligger till grund för att bygga ut SFR. De fortsatta stegen i utbyggnaden av SFR är tätt kopplade till den process som SSM:s föreskrifter kräver med krav på redovisningar av PSAR inför byggstart och SAR inför provdrift. Uppförandeskedet för en anläggning som byggs ut är inte reglerat i SSM:s föreskrifter till någon större grad och SSM rekommenderar därför att SKB redan nu beaktar de viktiga aspekterna av kravställning och lämpliga redovisningar under uppförandet av utbyggnaden.

SSM granskar för närvarande SKB:s ansökan om att bygga ut SFR och tar i det arbetet del av mer aktuell information om pågående utvecklingsarbete, jämfört med vad som redovisas i Fud-program 2016. SSM föregriper därför inte bedömningar av sakfrågor som hanteras i granskningen av SKB:s ansökningar utan fokuserar på att bedöma frågorna utifrån deras relevans för SKB:s föreslagna forsknings- och utvecklingsprogram.

4.3 Framtida insatser för slutförvaret för långlivat avfall (SFL)

SKB:s redovisning

När det gäller förvarskonceptet för SFL hänvisar SKB till den utredning som presenterades 2013 med en utvärdering av olika förvarsutformningar tillsammans med förslag på avfallsbehållare, transportsystem samt anläggningar för konditionering, mellanlagring och slutförvaring av avfall. Baserat på utredningen föreslås SFL utformas på relativt stort djup med två olika förvarsdelar, en förvarsdel för metalliska avfall med en betongbarriär och en förvarsdel med historiskt avfall med en bentonitbarriär.

SKB anger att nästa steg i utvecklingen är att utvärdera det föreslagna förvarskonceptet med avseende på säkerheten efter förslutning. Säkerhetsvärderingen utgör ett steg i den iterativa process som SKB tillämpar för utveckling av slutförvar för radioaktivt avfall, där teknikutveckling och forskning följs av utvärdering av säkerhet efter förslutning, och arbetet kommer att pågå fram till 2018.

Säkerhetsvärderingen syftar till att ge SKB underlag för att bedöma om det föreslagna konceptet har potential att uppfylla kraven på säkerhet efter förslutning samt ge underlag för att bedöma under vilka förutsättningar förvarskonceptet (avfallet, barriärerna och förvarets omgivning) har potential att uppfylla säkerhetskraven. SKB anger att resultaten från säkerhetsvärderingen är nödvändiga för eventuell modifiering av konceptet, för utvecklingen av de tekniska barriärerna, acceptanskriterier för avfallet och för val av plats. Utvärderingen ska även ge underlag för att identifiera de områden där SKB behöver förbättra kunskapsläget för att senare kunna utföra fullständiga analyser av säkerheten under drift och efter förslutning av SFL.

Avseende teknikutveckling redovisar SKB att en förstudie rörande slutförvarsanläggningens utformning har genomförts, med syfte att identifiera utvecklingsbehov och därmed fungera som underlag till teknikutvecklingsplanen för SFL. Resultatet av studien ger en övergripande beskrivning av anläggningens utformning och funktion.

SKB redogör för att förstudien har nyttjat erfarenheter och kompetens från processkartläggning och projektering av Kärnbränsleförvaret och SFR-utbyggnaden. SKB anger i anslutning till detta att uppförandet av SFL inte förväntas kräva någon specifik teknikutveckling med undantag av själva förvarsutrymmena, eftersom kommersiellt tillgänglig utrustning bedöms kunna användas och erfarenheter från uppförandet av Kärnbränsleförvaret och utbyggnaden av SFR kommer SFL tillgodo. Däremot bedömer SKB att utvecklingen av tekniska lösningar för dels utformning och uppförande av förvarsdelarna, dels hantering och slutförvaring av stora komponenter kräver särskilda insatser. SKB anger vidare att för utrustningar och system för driftperioden, exempelvis terminalfordon och traverser, planeras ingen specifik utveckling för SFL utan här kan erfarenheter från SFR och Kärnbränsleförvaret nyttjas. För återfyllnad av förvarsutrymmena bedöms dock att tekniska lösningar för att installera betong och bentonit behöver utvecklas specifikt för SFL. Parallellt med säkerhetsvärderingen inventeras olika metoder för återfyllnad.

När det gäller lokaliseringen av SFL avser SKB att bedriva en stegvis lokaliseringsprocess med målsättningen att välja plats i slutet av 2020-talet. SKB har sedan tidigare lagt fast grundläggande förutsättningar för lokalisering av slutförvar för radioaktivt avfall;

- Säkerheten under drift och efter förslutning samt påverkan på miljön måste uppfylla kraven i kärntekniklagen och miljöbalken.
- Det lokala politiska och opinionsmässiga stödet behöver vara brett och stabilt.

SKB anger att målsättningen är att driva en öppen och transparent process i samråd med SSM och berörda kommuner, där förutsättningarna för olika aktörer tidigt är klarlagda och där processens olika steg är förankrade och kommunicerade. SKB kommer därför att i likhet med tidigare processer identifiera och presentera de lokaliseringsfaktorer som utgör grund för värdering och urval.

SKB anger att säkerhetsvärderingen bland annat kommer att leverera säkerhetsrelaterade krav för en tänkt förläggingsplats. Baserat på dessa krav kommer de lokaliseringsfaktorer som ska användas för platsvärderingen att identifieras och fastställas. SKB anger vidare att lokaliseringsfaktorerna inte förväntas skilja sig avsevärt från de faktorer som använts i tidigare lokaliseringsprocesser som SKB har genomfört, men att en översyn baserad på säkerhetsvärderingens slutsatser och tidigare erfarenheter kommer att göras. SKB anger också att man under kommande treårsperiod kommer att genomföra utredningar för att identifiera kompetensbehov och lämplig organisation för lokaliseringsarbetet, med målet att i Fud-program 2019 kunna presentera lokaliseringsfaktorerna samt en planering för lokaliseringsprocessen som helhet.

SKB anger att man utgående från lokaliseringsfaktorerna och den kunskap om geologin som förvärvats genom tidigare platsvalsprocesser som grund, kan ta nästa steg i lokaliseringsarbetet. Utöver de säkerhetsrelaterade egenskaperna är den lokala acceptansen väsentlig för lokaliseringen, men även andra faktorer såsom hälsa, miljö, infrastruktur och samhällsresurser vägs in. SKB anger vidare att berörda kommuner och andra intressenter involveras i detta steg i processen som kommer att resultera i en sammanvägd värdering av aktuella platsers egenskaper med avseende på lokaliseringsfaktorerna.

SKB anger avslutningsvis att nästa steg i lokaliseringsprocessen är att genomföra platsundersökningar för att ytterligare öka kunskapen om platsspecifika egenskaper. Av SKB:s redovisade tidsplan i figur 3-5 framgår att platsundersökningarna planeras att vara avslutade ca 2028. Tidsplanen antyder vidare att SKB i anslutning till platsundersökningarnas avslutande avser att välja den plats för SFL som kommande tillståndsansökningar baseras på. Tillståndsansökningar för SFL planeras att lämnas in runt 2030.

För det mer konkreta arbetet som kommer att genomföras under kommande Fud-period avser SKB att fokusera på två områden, dels genomförande av den pågående säkerhetsvärderingen av SFL, dels ta fram en strategi för platsvalsprocessen. SKB anger att säkerhetsvärderingen utgör basen för att identifiera områden för fortsatt forskning och teknikutveckling och för arbetet därefter med att formulera det långsiktiga forskningsprogram som behövs för att genomföra fullständiga säkerhetsanalyser. SKB anger i anslutning till detta att en översiktlig genomgång av kunskapsläget efter säkerhetsanalysen, SR-PSU, som lämnades in till stöd för ansökningarna för att bygga ut SFR, indikerar att de kvarvarande frågeställningar som identifierats för SFR till stor del är giltiga även för SFL.

SKB anger att utgångspunkten i *pågående säkerhetsvärderingen* är det föreslagna förvarskonceptet (avsnitt 2.1.2 i Fud-program 2016) och de underlag som tagits fram inom aktiviteter kopplade till säkerhetsanalyserna för Kärnbränsleförvaret (SR-Site) och

utbyggnaden av SFR (SR-PSU). Forsknings- och utvecklingsbehov som identifieras utgör i sin tur utgångspunkt för formulerandet av ett långsiktigt forskningsprogram kopplat till långlivat avfall och SFL. SKB betonar att säkerhetsvärderingen även har en viktig roll för arbetet med lokalisering av SFL då den förväntas klargöra kraven på berget som barriär.

Avseende strategi för platsvalsprocess anger SKB att val av plats för SFL kommer att baseras på de lokaliseringsfaktorer som planeras att tas fram samt kunskap om olika platser och deras egenskaper. Lokaliseringsfaktorerna och utvärderingsparametrarna kommer bland annat baseras på den kravbild för platsen som säkerhetsvärderingen resulterar i. När lokaliseringsfaktorerna fastlagts genomförs en sammanställning av befintligt material av relevans för lokaliseringen i form av förstudier. Berörda kommuner och andra intressenter involveras i processen. Nästa steg i processen är platsundersökningar som innebär att geosfärs- och biosfärsparametrar undersöks och övervakas enligt den metodik SKB utvecklat inom ramen för tidigare lokaliseringar. Arbetet planeras också omfatta utredningar om faktorer som hälsa, miljö, infrastruktur och samhällsresurser.

SKB redogör avslutningsvis för hur långt SKB:s arbete behöver ha utvecklats i den stegvisa prövningen som leder till etablerandet av verksamheten.

Inför tillståndsansökan avser SKB att ta fram en förberedande preliminär säkerhetsredovisning (F-PSAR) och identifiera och beskriva en plats som underlag för analysen. Teknikutvecklingen behöver vara så långt driven att det går att visa att förvaret är säkert efter förslutning. En första version av konstruktionsförutsättningarna behöver presenteras och det ska göras troligt att den tekniska lösningen kan tas fram och installeras så att kravuppfyllelsen kan verifieras. SKB anger att konstruktioner i förvarsdelarna samt tekniska lösningar för återfyllning bedöms vara områden som behöver utvecklas, då dessa skiljer sig jämfört med övriga förvar. Vidare behöver preliminära acceptanskriterier för avfallet finnas liksom redovisningar av tekniska lösningar för att uppfylla dessa krav.

I nästa steg av processen, inför uppförande, uppdateras säkerhetsredovisningen till en preliminär säkerhetsredovisning (PSAR). Arbetet med teknikutvecklingen behöver då ha utmynnat i ett underlag för projektering av konstruktioner för förvaret. Arbetet med att projektera kan sedan genomföras parallellt med att arbetet med att driva rampen ned till förvaret.

I det efterföljande steget, inför provdrift, planeras detaljkonstruktion av förslutningskomponenterna att genomföras som ett underlag till att kunna projektera förslutningen. Förslutningsplanen uppdateras och en rivningsplan tas fram.

Remissinstansernas synpunkter

Boverket anger att redovisningen i Fud-programmet pekar på att det finns flaskhalsar i hanteringskedjan i och med att SFR och SFL inte står färdiga att ta emot avfall som uppstår vid avvecklingen, med hänvisning till beslut om att ytterligare fyra reaktorer ska stängas av. Boverket menar att det är angeläget att utformningen av SFL utvecklas och att en lokaliseringsprocess inleds så snart som det finns underlag som krav på ett sådant område.

Sveriges geotekniska institut (SGI) anger att lokaliseringen av SFL förutsätts ta hänsyn till nuvarande klimatförändringar och klimatscenarier som IPCC:s olika utvecklingskurvor och successivt uppdaterat material från SMHI. SGI framför att viss egen forskning kan

krävas som underlag till kommande säkerhetsredovisningar som visar hur valda platser kan komma att påverkas i ett geotekniskt perspektiv av olika scenarier.

Sveriges geologiska undersökning (SGU), anser att det är viktigt att objektivt utgå från allt tillgängligt underlagsmaterial vid lokalisering av SFL, inklusive sådant kartmaterial och utredningar som tillkommit sedan genomförandet av lokaliseringsstudierna för slutförvaret för använt bränsle. SGU exemplifierar genom att peka på de stora mängder grundvattenrelaterad kartering och utredningsmaterial som tillkommit efter införandet av EU:s vattendirektiv, som på ett tydligare sätt än tidigare visar på områden som är viktiga ur ett grundvattenperspektiv.

SGU anser vidare att det är viktigt att SKB vid lokalisering av SFL inte influeras alltför mycket av de tidsmässiga fördelarna med samlokalisering med annat slutförvar, utan att arbetet får bedrivas objektivt t.ex. ur ett geologiskt och hydrogeologiskt perspektiv. SGU framför att om tidsfördelarna och lokaliseringsprocessen tillsammans fortfarande talar för samlokalisering, så anser SGU att det är viktigt att kunna redovisa eventuella kumulativa effekter på omgivande grundvatten och ekosystem.

SGU lyfter också fram att det i avsnitt 4.3.3 i Fud-programmet beskrivs att SKB endast anser det motiverat att bedriva underhåll av platsmodellen i Forsmark, med hänvisning till att både SFR och Kärnbränsleförvaret är lokaliserade till Forsmark. SGU lyfter frågan om att återuppta modellunderhållet även i Oskarshamn. SGU menar att ett beslut att inte återuppta modellunderhållet i Oskarshamn kan lägga hinder i vägen för en kommande platsvalsprocess, med hänvisning till att SKB deklarerat att en grundläggande förutsättning i lokaliseringsarbetet är att ”Det politiska och opinionsmässiga stödet behöver vara brett och stabilt”.

Opinionsgruppen för Säker Slutförvaring (Oss), har inkommit med remissynpunkter formulerade som frågor/frågeställningar enligt nedan.

Oss, undrar om SKB:s formulering ”Planeringen för omhändertagandet av det långlivade låg- och medelaktiva avfallet syftar till ett sammanhållet system för hantering och slutlig förvaring.” innebär att avsikten är att bygga SFL i anslutning till SFR i Forsmark?

Med hänvisning till formuleringen på s.48 ”Som ett nästa steg i utvecklingen påbörjades 2015 en säkerhetsvärdering av det föreslagna förvarskonceptet. Säkerhetsvärderingen planeras att avslutas 2018.” frågar Oss om säkerhetsvärderingen görs oberoende av lokalisering, och varför en önskad eller trolig lokalisering inte är aktualiserad eftersom säkerhetsvärderingen för SFL ska vara klar 2018?

Oss frågar också på vilket sätt principerna för ett tänkt SFL-förvar skiljer sig från principerna för SFR när det gäller långsiktig säkerhet efter förslutning. Är valet av geologisk förvaring är avhängigt, eller inte är avhängigt, lokalisering under havet.

Oss noterar att säkerhetsvärderingen görs stegvis vid flera tillfällen (iterativt) för att utröna om valt koncept uppfyller kraven på säkerhet efter förslutning. Oss frågar om samma kriterier vid säkerhetsvärdering gäller oberoende av om det handlar om lokalisering under hav eller på landmassan.

Med hänvisning till att en grundläggande förutsättning för lokaliseringen av SFL formulerats som att ”Det lokala politiska och opinionsmässiga stödet behöver vara brett

och stabilt” undrar Oss om det innebär att inga andra kommuner är Östhammar och Oskarshamn i praktiken kan komma ifråga.

Med hänvisning till formuleringar i dokumentation från samrådsmöte och i Fud-program 2016 undrar Oss om det finns något som motsäger en lokalisering av SFL i Forsmark och om Forsmark är SKB:s huvudalternativ? Oss menar att det är viktigt att veta eftersom det har en direkt koppling till en eventuell utbyggnad av SFR och till tillståndsprocessen för Kärnbränsleförvaret och den aviserade folkomröstningen i Östhammar kommun, och om medborgarna ska ta ställning till ett slutförvar eller till tre.

Miljörelsens kärnavfallsekretariat (Milkas) efterfrågar en presentation av den konceptstudie för SFL som genomförts. Milkas efterfrågar också en presentation av nollalternativet.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att SKB:s redovisning avseende utvecklingsarbetet för slutförvaret för långlivat avfall (SFL) försenats, och att de resultat och slutsatser från säkerhetsvärderingsarbetet som var tänkt att redovisas i Fud-program 2016 kommer att redovisas först i Fud-program 2019. SSM noterar i anslutning till detta att planerad start för förstudiearbetet flyttas fram till 2020, en försening med fyra år jämfört med redovisningen i Fud-program 2013. SSM konstaterar med utgångspunkt från SKB:s redovisning i övrigt att grundläggande principer samt inriktning för arbetet som redovisades i Fud-program 2013 ligger fast.

SSM noterar dock att den säkerhetsanalys utan specifika platsdata som enligt redovisningen i Fud-program 2013 planerades genomföras i samband med avslutandet av förstudierna nu förefaller ha strukits från programmet, men förändringen motiveras inte. Detta innebär att den säkerhetsvärdering som SKB avser att genomföra till Fud-program 2019 också förefaller att bli den sista som planeras innan tillståndsansökan lämnas in runt år 2030. SSM bedömer att SKB i Fud-program 2019 bör tydliggöra behovet av – eller inte – att genomföra en säkerhetsanalys utan specifika platsdata som tidigare planerats.

SSM ställer sig bakom de syften med den planerade säkerhetsvärderingen som SKB har identifierat och bedömer att det är angeläget att utvärderingen kan ge återkoppling på såväl förvarets utformning, dess lokalisering som fastställa krav på avfallets behandling och förpackning.

SSM noterar att SKB utifrån utfallet från konceptstudien som redovisades i slutet av 2013 valt att gå vidare med två olika koncept för respektive förvarsdel i SFL, en bergsal med betongbarriär för hårdkomponenter och en bergsal med bentonitbarriär för det historiska avfallet. Det innebär att SKB valt att i nuläget inte gå vidare med säkerhetsvärdering av övriga koncept som beaktats i konceptstudien.

Enligt SSM:s uppfattning utgör denna typ av konceptstudier ett värdefullt inlag för att bedöma för- och nackdelar med olika typer av materialval och konstruktionslösningar. Samtidigt är de hittills presenterade utredningarna otillräckliga för att i sig bedöma ändamålsenligheten med de föreslagna koncepten. SSM förväntar sig därför, i linje med vad SKB framför i Fud-program 2016, att redovisningen i Fud-program 2019 bekräftar att säkerhetsvärderingen baserats på tillräckligt djupgående analyser som belyser de föreslagna utformningarnas förväntade funktion på kort och lång sikt, t.ex. deras påverkan av kommande klimatutvecklingar med glaciationer och permafrost, kort- och långsiktigt

degradering av barriärerna och annat konstruktionsmaterial, frågor kopplade till driften och uppförandet samt kostnader som underlag för att bedöma kravuppfyllelse.

SSM instämmer i SKB:s slutsatser att delar av det utvecklingsarbete som bedrivs inom ramen för utbyggnaden av SFR och även Kärnbränsleförvaret, kan komma att kunna utnyttjas i arbetet med att vidareutveckla konceptet för SFL. Med tanke på att SFL-avfallet innehåller betydligt mer långlivad aktivitet jämfört med det avfall som deponeras i SFR, ställs det dock mer långtgående krav på förvaret och i förlängningen dess skyddsförmåga. SSM anser att det är angeläget att SKB säkerställer en tillräckligt bred ansats i det fortsatta utvecklingsarbetet av SFL, i syfte att säkerställa en så robust och tålig utformning av barriärssystemet som rimligt möjligt. SKB bör därför försäkra sig om att ett tillräckligt stort urval av alternativa utformningar av barriärssystem har utvärderats som en utgångspunkt för den fortsatta etableringsprocessen för SFL. Givet osäkerheterna i nuvarande skede i utvecklingsarbetet vill SSM därför betona vikten av att SKB har beredskap för att hantera en situation där utfallet från säkerhetsvärderingen inte bekräftar att de utvalda koncepten har potential att uppfylla kraven på strålskydd och säkerhet efter förslutning. Utvecklande av väl underbyggda utformningar av de båda förvarsdelarna i SFL är grundläggande för att kunna fastställa acceptanskrav på avfallet. Framtagande av preliminära acceptanskrav för det långlivade avfallet är i sig en viktig förutsättning för en ändamålsenlig hantering av det avfall som uppstår i samband med att utvecklings- och rivningsarbetet av kärnkraftverken genomförs.

SSM bedömer det som positivt att SKB:s redovisning av strategin för det kommande lokaliseringsarbetet av SFL visar att SKB avser genomföra en öppen och transparent platsvalsprocess för SFL där förutsättningarna för olika aktörer är tidigt klarlagda och processens olika steg är förankrade och kommunicerade. Detta gäller bland annat frågan om kommunernas frivillighet i medverkan i lokaliseringsprocessen, krav på utvärdering och bedömning inför platsval och genomförande av platsundersökningsarbetet. SSM bedömer vidare, i linje med vad SGU framför, att det är viktigt att objektivt utgå från allt tillgängligt underlagsmaterial vid lokalisering av SFL, inklusive material och utredningar som tillkommit sedan genomförandet av lokaliseringsstudierna för slutförvaret för använt bränsle.

SSM bedömer att det är viktigt att redovisningen i Fud-program 2019 motsvarar de intentioner som redovisas i Fud-program 2016. SSM förväntar sig därför att redovisningen av SKB:s planerade lokaliseringsarbete är tillräckligt utförligt beskrivet i Fud-program 2019 för att myndigheter, kommuner och andra berörda tydligt ska kunna ta ställning till SKB:s planer. SSM vill också betona vikten av att säkerhetsaspekterna ges vederbörlig prioritet i lokaliseringsprocessen.

4.4 Det låg- och medelaktiva avfallet

4.4.1 Nuklidinventarium

SKB:s redovisning avseende referensinventarium

SKB beskriver det arbete som bedrivs rörande radionuklidinventarierna i tre olika avsnitt, referensinventarium, metodutveckling för svärmätbara nuklider samt osäkerheter i radionuklidinventariet. För varje avsnitt beskrivs dels nuläget, dels det fortsatta programmet.

I nulägesavsnittet om referensinventariet beskrivs det arbete som behövs för att uppdatera det inventarium som utgjorde underlag för ansökan om utbyggt SFR, nämligen att ta fram ett inventarium för avvecklingsavfallet från anläggningarna på Studsvikområdet. Vidare beskrivs den inventering av nuklidinventariet i avfallsdatabasen Triumf. SKB beskriver vidare att man har tagit fram ett uppdaterat referensinventarium för det långlivade avfallet från svenska kärnkraftverk och det arbete som gjorts för att ta fram ett inventarium för det långlivade historiska avfallet liksom driftavfallet.

Erfarenheter från planeringen av segmenteringen av interndelar från reaktorerna B1 och B2 i Barsebäck, liksom forskningsreaktorn i Studsvik har enligt SKB visat på ett utvecklingsbehov av det befintliga avfallsregistret. Avsikten är att aktivitetsinnehållet i avfallet ska baseras på beräknade aktivitetsnivåer i avfallet för varje enskilt segment i kombination med uppmätt dosrat. Registret behöver därför kunna ta emot information om varje enskilt segment. Det ska dessutom vara möjligt att koppla registret till en beräkningsmodell som utifrån uppmätt dosrat kan bestämma aktivitetsinnehållet. Utifrån provtagning och analyser från reaktoravfallet i Barsebäck och Studsvik ska beräkningsmetoderna verifieras för uppskattning av inducerad aktivitet samt kontamination på primärsystemytor.

SKB har inventerat styrstavarna i Clab i syfte att ta fram en beräkningsmodell som, utifrån varje styrstavs drifthistorik, kan beräkna deras aktivitetsinnehåll.

Vad gäller spallationsanläggningen ESS i Lund kommer SKB fortsatt bevaka den fortsatta planeringen.

Remissinstansers synpunkter

Oskarshamns kommun framför att man saknar beskrivning av typiska karaktäristika som, utöver radioaktiva ämnen, gäller för avfallet. Kommunen framför att man även bör beskriva fysikaliska, biologiska och kemiska egenskaper hos det låg- och medelaktiva avfallet. Kommunens bedömning är att sådana egenskaper kan ha stor betydelse för avfallets hantering, konditionering och deponering.

Länsstyrelsen i Kalmar län framför att man saknar beskrivning, utöver radioaktiva egenskaper, av andra typiska karaktäristiska som fysikaliska, biologiska och kemiska egenskaper hos det låg- och medelaktiva avfallet.

Stockholms universitet framför att det är av stor vikt att ha kunskap om sammansättningen av radionuklider i det låg- och medelaktiva avfallet för att förstå de risker som kan uppkomma i samband med hantering och förvaring. Universitetet hänvisar till avsnitten 6.1.2 och 6.1.3 som innehåller redovisning om uppskattning/bestämning av svärmätbara nuklider och beräkningsmetoder för detta. Universitetet framför att verifiering mot mätningar är av yttersta vikt, och efterfrågar information om det gjorts eller planeras neutronaktiveringsanalys av avfallskomponenter för sådan verifiering, med hänvisning till att nukliderna Cs-135 och I-129 borde vara åtkomlig för sådan analys.

Universitetet framför vidare att man ser SKB:s skrivning i sista stycket avsnitt 6.1.2 om att ”... behov av att utveckla beräkningsmetoder för uppskattning av svärmätbara nuklider i system med långvarig aktivitetsuppbyggnad ...” som märklig. Universitetet menar att det borde vara en självklarhet att sådana effekter finns med i beräkningsmetoderna, och om så inte varit fallet så är det bra att det nu åtgärdas.

Universitetet framför också med hänvisning till redovisningen i avsnitt 6.3 att det inte framgår vad som menas med att hårdkomponenter och andra metalldelar ska stabiliseras. Universitetet undrar om ”stabilisering” bara avser mekanisk stabilisering eller om det också avser någon slags immobilisering typ fällning och ingjutning i glas.

SSM:s bedömning

SSM kan konstatera att SKB har tagit fram ett uppdaterat radionuklidinventarium för det långlivade avfallet från kärnkraftverken. SSM är i grunden positiv till detta arbete då det utgör en viktig grund för värderingen av säkerheten för det planerade SFL. Av den underlagsrapport (R-13-17) som har tagits fram kan SSM konstatera att inventariet till största del förefaller baseras på kärnfysikaliska beräkningar av neutronaktivering av metallegeringar i hårdnära regioner. SSM har förståelse för detta tillvägagångssätt, men anser att det är angeläget att de metoder som avses tillämpas i så hög grad som möjligt också valideras och kompletteras med faktiska mätningar.

Skrivningarna i Fud-program 2016 anger att uppmätta dosrater, tillsammans med beräkningar, till stor del ska användas för att bestämma aktivitetsinnehållet i det producerade avfallet. Problemet som SSM ser är att dosraten i så hög utsträckning styrs av två parametrar; integrerat neutronflöde och halten kobolt i det bestrålade materialet. Eftersom förekomsten av kobolt för många hårdnära material bestäms av graden av förorening och så långt som möjligt därför har undvikits i konstruktionen bör förekomsten av kobolt vara förenad med stora osäkerheter. Detta innebär i sin tur att en bestämning av det integrerade neutronflödet, och via denna uppskattning bestämma förekomsten av andra aktiveringsprodukter, får betydande osäkerheter. För material med en välkänd initial förekomst av kobolt bör däremot dosraten kunna användas för att verifiera det beräknade integrerade neutronflödet. SSM ställer sig därför tveksam till planerna att i så hög grad förlita sig på dosraterna vid uppskattningarna av aktivitetsinventariet i avfallet till SFL. SSM noterar att SKB avser att bevaka de analyser som görs av provbitar från reaktorerna Barsebäck och Studsvik. Enligt SSM:s bedömning behöver planerna för att erhålla kollispecifik information rörande aktivitetsinventariet förtydligas.

SKB:s planer gällande bestämning av aktivitetsinventariet i styrtavarna från BWR är delvis oklara i Fud-program 2016. Även här uppfattar SSM det planerade arbetet att SKB avser att bestämma styrtavornas aktivitetsinventarium helt baserat på teoretiska grunder. En speciell egenskap med styrtavarna är att de innehåller betydande mängder av radionukliden tritium. Tritium har visserligen en relativt kort halveringstid (12 år), men dess egenskaper gör att den är rörlig och har i tidigare utvärderingar av SFL visat sig ge ett dominerande dosbidrag under den tid som följer efter förslutning av slutförvaret. Väljer SKB att konditionera styrtavarna genom segmentering kan det också bli fråga om betydande driftrelaterade utsläpp. SSM bedömer mot denna bakgrund att det arbete som SKB avser att inleda för att bättre kartlägga styrtavarna som positivt.

SKB:s redovisning avseende metodutveckling för svärmätbara nuklider och osäkerheter

SKB anger att man i samband med sammanställningen av inventariet till tillståndsansökan för utbyggnaden av SFR identifierat ett visst förbättringsbehov gällande de svärmätbara nukliderna molybden-93, teknitium-99, jod-129 och cesium-135. I det fortsatta arbetet kommer fler dataserier att analyseras för att bättre kunna bestämma ursprunget till den frigjorda aktiviteten. Vidare kommer modeller tas fram för varje reaktor, i stället för per reaktortyp. Likaså ska det vara möjligt att variera det skadade

kärnbränslets ålder och utbränningsgrad. Arbetet inkluderar även en översyn av metodiken att ta fram en prognos för dessa nuklider.

SKB har identifierat en risk att svärmätbara nuklider, som bestäms genom mätning av processvatten, kan underskattas om inte särskilda prover tas i samband med systemdekontamineringar. Databasen har därför uppdaterats med uppgifter från de mätningar av frigjord transuranaktivitet som gjorts i samband med systemdekontamineringar. För de fall som prover inte har analyserats med avseende på transuraner och andra svärmätbara nuklider kommer en schablon att tas fram. SKB har även inlett ett arbete med att se över metodiken för hur de svärmätbara nukliderna antas fördelas mellan olika förvarsdelar i SFR.

Gällande radionukliden kol-14 har undersökningar gjorts dels på frigjord aktivitet i samband med att jonbytarmassorna torkas vid Forsmarks kärnkraftverk, dels på prover av torkad jonbytarmassa från samma anläggning. Enligt resultaten är det klarlagt att torkningssteget driver av stora mängder oorganiskt, och i viss mån även organiskt, kol-14 från massorna.

För att bestämma klor-36 i neutronbestrålade komponenter har ett arbete inletts med att bestämma halten klor-35 i ursprungsmaterialet.

Slutligen har SKB identifierat ett behov av att bättre beakta avklingning av kortlivad aktivitet när korrelationsfaktorer används för att bestämma förekomsten av långlivad aktivitet i system där ackumulation kan ske. Detta gäller t.ex. för avfall som uppstår i Clab liksom lagrade jonbytarmassor.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på det utvecklingsarbete som SKB genomfört inom området tillsammans med avfallsproducenterna. SSM bedömer att de uppskattningar som SKB tidigare genomförde var präglade av allt för hög grad av schablonmässighet. De metoder som nu används utgår i större utsträckning från såväl direkta som indirekta analyser av svärmätbara nuklider.

Av Fud-programmet framgår inte i detalj vilka insatser som SKB planerar för ytterligare förbättringar av de metoder som används. SSM ser ett behov av ett fortsatt utvecklingsarbete gällande verifieringen av de modeller som numera används för att bestämma förekomsten av svärmätbara nuklider som t.ex. jod-129. Även om SSM bedömer att nuvarande modeller ger möjligheter till en säkrare uppskattning, är det angeläget att insatser vidtas för att verifiera dessa modeller genom direkta mätningar.

SSM ser positivt på SKB:s arbete att utveckla den metod som SKB tillämpar för att fördela aktivitetsinnehållet mellan olika förvarsdelar. SSM önskar i nästa Fud-program en tydligare och mer detaljerad beskrivning av hur detta arbete genomförs.

SKB:s redovisning avseende osäkerheter i radionuklidinventariet

SKB anger att ett mätprogram har inletts i syfte att reducera osäkerheterna i uppskattningarna. Till att börja med har analyser gjorts av reaktorvattenprover av teknetium-99 och jod-129 vid reaktorerna Oskarshamn 1 och 3. SKB planerar att analysera förekomsten av dessa nuklider i vattenprover från fler reaktorer under kommande år. SKB har, tillsammans med Studsvik Nuclear AB, inlett ett arbete som syftar till att kunna

genomföra verifierande mätningar av molybden-93. Inom ramen för den pågående avvecklingen av reaktorerna i Barsebäck och Studsvik kommer material att provtas för bestämning av såväl inducerad aktivitet som kontamination av systemytor.

SSM:s bedömning

SSM bedömer det som positivt att SKB initierat aktiviteter för att utveckla en förbättrad metodik för uppskattning av svårsmältbara nuklider. SSM anser att det är angeläget att SKB och reaktorägarna så långt som rimligen är möjligt verifierar de metoder som används för att bestämma avfallens aktivitetsinnehåll.

SKB:s redovisning avseende acceptanskriterier för långlivat avfall

SKB redogör för att acceptanskriterier för det långlivade låg- och medelaktiva avfallet definieras först när utformningen av SFL bestämts, men att det redan i dag finns ett behov av att klargöra planeringsförutsättningarna för hanteringen av det avfall som uppstår vid drift och rivning av de kärntekniska anläggningarna. SKB anger att man succesivt utvecklar planeringsförutsättningarna och i takt med att detaljerna kring förvarets utformning konkretiseras kommer preliminära acceptanskriterier för avfallet formuleras.

SKB redogör vidare för att den pågående säkerhetsvärderingen för SFL bland annat syftar till att formulera krav på avfallet utifrån det föreslagna förvarskonceptet. Kraven, som relaterar till förvarets säkerhet efter förslutning, kommer tillsammans med exempelvis krav för att möjliggöra säker och effektiv transport samt hantering och drift, att utgöra underlag för att formulera preliminära acceptanskriterier för avfallet, som kommer att påbörjas efter genomförd säkerhetsvärdering. Arbetet innefattar även en analys av vad som ska göras med det avfall som i sin nuvarande form inte uppfyller acceptanskriterierna, för att identifiera möjliga åtgärder för att hantera sådant avfall.

SSM:s bedömning

SSM vill med hänvisning till förseningen i utvecklingsarbetet för SFL betona vikten av att SKB så snart det låter sig göras utvecklar preliminära acceptanskriterier för det SFL-avfall som behöver tas om hand i samband med avvecklingen av de reaktorer som ställts av tidigare än planerat.

4.4.2 Konditionering av långlivat avfall

SKB:s redovisning

SKB redogör för att tekniska frågor kring hur avfallet ska behandlas och förpackas behöver lösas utifrån acceptanskriterierna för långlivat avfall. SKB beskriver att detta kan innebära utvecklande av nya typer av behållare eller utveckling av material och metoder för stabilisering av avfall med cement i syfte att säkerställa att avfallet inte flyttar på sig under transport och hantering och till att minska oanvänt utrymme i avfallsbehållaren.

SKB konstaterar att avfall i form av hårdkomponenter redan i dagsläget är placerat i ståltankar och att motsvarande förfarande är planerat i Barsebäck. SKB anger att det kan vara aktuellt att under den senare delen av Fud-perioden påbörja utvecklingen av en metod och anläggning för stabilisering av avfall i ståltankar utifrån preliminära acceptanskriterier för avfallet.

Vad gäller styrtstavar från BWR anger SKB att huvudspåret är att dessa ska segmenteras innan slutförvaring. Detta avses att göras i samband med att dessa flyttas från Clab i syfte att öka lagringskapaciteten i anläggningen. Utvecklingsinsatser för den planerade segmenteringen kommer att göras när det finns behov av att frigöra lagringskapacitet i Clab eller i tidsmässig anslutning till driftsättningen av SFL.

SKB redogör för att avfall från Studsvik Nuclear AB (SNAB) och AB SVAFO föreligger i en variation av geometrier och att avfallet kan behöva placeras i nya behållare. På konceptuell nivå har avfallsbehållare utvecklats inom ramen för SFL konceptstudie och för att använda dessa behöver en omlastningsstation utvecklas.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att det är angeläget att avfall konditioneras på så ändamålsenligt vis som möjligt, med avseende på fortsatt hantering och slutförvaring. Även om hanteringen av avfallet så långt som möjligt ska vara reversibel är det angeläget att avfallets konditionering kan förväntas vara så slutgiltig som möjligt, detta för att om möjligt undvika behov av omkonditionering av avfallet. Vad det gäller avfallets karaktärisering finns det fördelar att detta genomförs i samband med konditioneringen, dels på grund av sönderfall av kortlivad aktivitet, dels på grund av att information riskerar att gå förlorad över tid. Dessa båda aspekter kan försvåra möjligheterna att karaktärisera de långlivade, och ofta svärmätta, radioaktiva ämnen i avfallet. SSM konstaterar att SKB och reaktorägarna avser att använda ståltankar för det långlivade rivningsavfallet som motsvarar de ståltankar som redan används för mellanlagring av bl.a. långlivat avfall från effekthöjningsprojekten. SSM bedömer utifrån ett hanteringsperspektiv att detta är fördelaktigt eftersom ståltankar med avvecklingsavfall passar in i det befintliga hanteringssystemet.

4.4.3 Hantering av reaktortankar och stora komponenter

SKB redovisar att hela BWR-reaktortankar avses deponeras i det utbyggda SFR. Fram till att detaljprojekteringen för det utbyggda SFR startar sker teknikutveckling för att kunna hantera reaktortankarna och övriga stora komponenter, bland annat för att belysa fördelar respektive nackdelar med att deponera dessa hela. SKB refererar till flera utredningar som jämför hantering av hela respektive segmenterade BWR-reaktortankar och anger att en preliminär typbeskrivning för hela BWR-reaktortankar också har tagits fram.

SKB redovisar vidare att PWR-reaktortankarna och interndelarna från Ringhals reaktorer planeras mellanlagras på anläggningen tills de ska slutförvaras i SFL. Utredningar för att värdera om reaktortankarna ska segmenteras och hanteras i mindre delar, eller hanteras hela (med eller utan interndelar kvar i tanken) ska genomföras som underlag för den fortsatta planeringen av SFL. SKB redovisar också att segmentering av PWR-reaktortankar i kraftverket eller på annan plats har utretts av SKB tillsammans med SNAB och Westinghouse.

SKB anger att delar av utredningarna som gjorts för BWR-reaktortankarna är relevanta även för hanteringen av PWR-reaktortankar. SKB refererar också till en pågående jämförande analys av olika hanteringsalternativ för PWR-reaktortankar som genomförs gemensamt av SKB och Vattenfall och som syftar till att belysa hela hanteringskedjan, inklusive rivning, transport och slutförvaring, med avseende på säkerhet, teknik, miljö och kostnader. Resultatet av analysen ska användas som underlag i avvecklingsprojekten för reaktorerna i Ringhals och Ågesta samt för SKB:s planering för utformning av SFL

och SFR. Slutligt val av omhändertagande och hantering är även avhängigt utvecklingen av acceptanskriterier för avfallet.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun refererar till avsnitt 6.4 i Fud-programmet avseende hantering av reaktortankar och stora komponenter. Kommunen önskar en tydligare redovisning av SKB:s avväganden mellan deponering av hela komponenter kontra segmentering i förhållande till de allmänna hänsynsreglerna i miljöbalken, BMT (Bästa Möjliga Teknik) samt strålskyddslagens krav på ALARA-principen (As Low As Reasonably Achievable).

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s arbete med analyser och teknikutveckling för hantering av reaktortankar från tryckvattenreaktorer och andra stora komponenter är rimligt och adekvat. Även om det dröjer viss tid innan deponering av reaktortankar och stora komponenter blir aktuell är det viktigt att förutsättningarna för hanteringen blir klarlagda, som underlag för såväl inledande hantering av reaktortankar vid reaktoranläggningarna som för projekteringen av SFL och att behövliga typbeskrivningar utvecklas då nya erfarenheter erhålls. Frågan om hanteringen av reaktortankarna från kokvattenreaktorerna (BWR) hanteras för närvarande inom ramen för tillståndsprövningen av utbyggnaden av SFR.

4.4.4 Avfallsbehållare och avfallstransportbehållare

SKB:s redovisning

SKB anger att ett visst utvecklingsarbete avseende avfallsbehållare och avfalls-transportbehållare behöver genomföras för att kunna genomföra avvecklingen av de kärntekniska anläggningarna på ett optimalt sätt.

SKB redovisar att en ny avfallstransportbehållare för långlivat avfall planeras certifieras och driftsättas 2020 (ATB 1T) och att ytterligare typer av avfallstransportbehållare kan komma att utvecklas. Behovet av avfallstransportbehållare styrs av vilka tillkommande avfallsbehållare som kommer att utvecklas.

SKB redovisar också att fortsatt teknikutveckling av avfallsbehållare för rivningsavfall, fyrkokill och tvåkokill, ska ske under Fud-perioden med målet att förutsättningarna ska vara fastlagda inför detaljprojektering av utbyggnaden av SFR. Tekniska frågor kring hur långlivat avfall från AB SVAFO och Studsvik Nuclear AB ska behandlas och förpackas behöver lösas när acceptanskriterier för långlivat avfall lagts fast och kan innefatta utveckling av nya typer av behållare.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s arbete med utveckling av behövliga avfallsbehållare och avfallstransportbehållare är rimligt. SSM vill understryka betydelsen av att framförallt nya typer av avfallsbehållare utvecklas i samarbete och koordinerat med avvecklingsprojekten, så att det avfall som uppstår vid avvecklingen av de avställda reaktorerna kan omhändertas på ett säkert och effektivt sätt.

4.4.5 Nedbrytningsprodukter från organiskt material och dess interaktioner med radionuklider

SKB:s redovisning

I ett antal av de avfallstyper som finns i SFR återfinns organiskt material, stor andel av detta utgörs av cellulosa. Cellulosa kan vid alkaliska förhållanden brytas ner till isosaccharinsyra (ISA). ISA kan fungera som ligand och bilda metallorganiska komplex, med flertalet av de närvarande radionukliderna, vilka är lösliga. ISA kan även sorbera på cementmineral och genom detta minska tillgängligheten för komplexbildning med radionuklider.

SKB lyfter fram att för systemet cement-plutonium-ISA finns få data över hur närvaron av olika koncentrationer av ISA påverkar sorptionsförmågan hos plutonium till cementmineral vilket medför att inom SR-PSU har en konservativ sorptionsreduktionsfaktor för plutonium(III)/plutonium(IV) ansatts. SKB startade 2014 en studie för att erhålla fördjupade kunskaper om cement-plutonium-ISA. Såväl experimentella studier som modellering av resultaten pågår. Resultat från genomförd studie kommer förhoppningsvis att bidra till mindre osäkra sorptionsreduktionsfaktorer för plutonium vilka kan användas i kommande säkerhetsanalyser för SFR och SFL.

SKB redovisar att ett exempel på ofta förekommande filterhjälpmedel i driftavfall från kärnkraftverken är UP2, medlet består av polyakrylonitril (PAN). Vid alkalina till hyperalkalina förhållanden bryts polymerstrukturen ner och lösliga föreningar bildas, vilka kan påverka sorptionen eller lösligheten av radionuklider. Genomförd studie visade att nedbrytningsprodukter från filterhjälpmedlet påverkade sorptionen av europium(III) samt att försöken med nickel(II) indikerade att lösligheten för nickel(II) ökade i närvaron av nedbrytningsprodukter. SKB deltar i förberedelser inför ansökan inom teknikplattformen IGD-TP för förstärkt europeiskt samarbete kring slutförvarsfrågor och projektet Cori (Cement Organics Radionuclide Interaction) där ytterligare studier av filterhjälpmedel planeras.

SKB redovisar vidare att i SFR-utbyggnaden kommer stora mängder betong att användas som konstruktionsmaterial. Betongtillsatsmedel såsom flytmedel kommer att behöva användas för att erhålla högkvalitativ betong med lämpliga egenskaper. Dessa tillsatsmedel består bland annat av organiska polymerer, vilka kan komma att brytas ner under de förhållanden som råder i förvaret efter förslutning och bilda lösliga organiska föreningar vilka kan påverka sorptionen eller lösligheten av radionuklider. Av redovisningen framgår att innan byggstart av SFR-utbyggnaden är det av vikt att SKB har en förståelse av effekten av dessa organiska polymerer så att SKB kan krävställa vilka tillsatsmedel som betongentreprenörer tillåts använda i betongen. Under 2016 startar SKB ett samarbete med KTH där nedbrytningen av tillsatsmedelfamilj (polykarboxylat-baserade superplasticerare) ska studeras. Studien syftar till att studera eventuella bildade nedbrytningsprodukters påverkan på sorptionen.

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga Vetenskapsakademien (KVA) framför synpunkter med koppling till redovisningen i avsnitt 6.6 om nedbrytningsprodukter från organiskt material och dess interaktion med radionuklider.

KVA framför med hänvisning till redovisningen i avsnitt 6.6.1 att bildningen av polyhydroxykarboxylsyror (bl.a. ISA) vid alkalisk nedbrytning av cellulosa, och inverkan av dessa syror på radionuklidens löslighet och mobilitet har studerats sedan omkring 1995. KVA framför att det dock är välmotiverat att fördjupa kunskapen om dessa ämnens komplexbildning med speciellt de långlivade aktiniderna.

KVA framför med hänvisning till redovisningen i avsnitt 6.6.2 och 6.6.3 att det även är välmotiverat att analysera produkter vid alkalisk nedbrytning av andra förekommande organiska ämnen som kan föreligga i cementmiljön. KVA framför att möjlig bildning av hydroxysyror och hydroxykarboxylsyror som i likhet med ISA kan bilda starka och lösliga metallkomplex vid högt pH speciellt bör undersökas.

KVA konstaterar att även de naturligt förekommande vattenlösliga syror (fulvosyror och humussyror vid högt pH) är hydroxykarboxylsyror, vilka vid pH över ca 10 kan bilda starka metallkomplex. KVA framför sin åsikt att kunskapsläget rörande humus-ämnenas komplexbildning med bl.a. aktiniderna vid höga pH är sannolikt otillräckligt.

Chalmers tekniska högskola framför med hänvisning till avsnitt 6.6 att forskning kring ISA:s påverkan av Pu-sorption till cement är bra och nödvändig samt att en utökning av studier av ISA-cementi-interaktion behövs. Chalmers anser att utöver studiet av sorption av Pu(III) och Pu(IV) vid olika ISA-koncentrationer, behöver studier av ISA:s komplexering med Pu(III)/Pu(IV) studeras och termodynamiska data för Pu-ISA komplex fastställas. Chalmers påtalar att sorption av plutonium på cement kan ske både i komplexerad och i okomplexerad form, samtidigt som ISA i sig kan sorbera, vilket bör kunna beskrivas för att underlätta modellering och minska osäkerheter.

Chalmers anser vidare att frånvaron av data för beta-ISA bör åtgärdas. Chalmers framför att vid nedbrytning av cellulosabaserade material under alkaliska förhållanden kommer till slut alfa- och beta-ISA att bildas. Chalmers anger att dessa bildas i ungefär lika delar, men i litteraturen finns i princip endast data för interaktioner (komplexering/sorption) baserade på alfa-formen. Chalmers framför att behovet av att undersöka betaformens löslighets-, komplexerings- och sorptionsegenskaper är stort, och fram till dess att detta är gjort är studierna av cellulosas nedbrytning ofullständig och bör kompletteras.

Chalmers framför också att man önskar se en utökning av studier av relevanta nuklider med filterhjälpmedel och superplasticerare. Chalmers anser att undersökningar av filterhjälpmedlens nedbrytningsprodukters komplexerings- och sorptionsförmåga måste utökas med fler och relevanta nuklider. Chalmers framför att Ni(II)- och Eu(II)-resultaten är intressanta, men termodynamiska data för komplexering utöver sorption behövs. Chalmers bedömer att det i ett slutförvarssammanhang torde vara av stort intresse att utöka dessa studier till att omfatta tre- och fyrvärda aktinider/lantanider. Chalmers framför också att komplexerings- och sorptionsstudier bör göras på liknande sätt för superplasticerare och anser att det är mycket positivt om det redan görs.

SSM:s bedömning

SSM granskar dessa frågeställningar inom ramen för pågående prövning av SKB:s ansökan om utbyggt SFR och kopplade begäran om komplettering. SSM gör inte någon detaljerad bedömning inom ramen för granskningen av Fud-program 2016 utan bedömer enbart övergripande de planerade studier som SKB avser att genomföra den närmaste tiden.

SSM ser positivt på att studier pågår för att fördjupa kunskapen om systemet cement-plutonium-ISA med strävan att minska osäkerheter i sorptionsreduktionsfaktorer. Detta då sorptionsreduktionsfaktorer är en parameter av vikt i säkerhetsanalyser för såväl SFR som SFL. SSM anser att det är av vikt att projektet Cori och fortsatta specifika studier med radionuklider som visats sig viktiga för SFR, däribland Ni(II), genomförs. SSM anser vidare att det är av stor vikt att SKB på ett tydligt sätt kan kravställa de eventuella tillsatsmedel som behövs i betongen vid kommande byggnation och därför är fördjupad kunskap av stor betydelse.

4.4.6 Korrosion av aluminium och zink

Här beaktas avsnitt 6.7 i Fud-2016 i vilket SKB avhandlar frågor som rör korrosion av aluminium och zink.

SKB:s redovisning

SKB lyfter i detta avsnitt fram problematiken med vätgasutveckling från aluminium- och zinkkorrosion i avfall deponerat i SFR vilket kan, om gasavledningen inte är adekvat dimensionerad, leda till övertryck och således påfrestningar för betongkonstruktionerna som omsluter avfallet.

SKB har antagit en korrosionshastighet för Zn och Al om 1 mm/år vilket resulterar i bedömningen att allt avfall innehållande Zn och Al kommer att korrodera inom två och ett halvt år efter förslutning, ett scenario som medför en intensiv vätgasutveckling. Experimentet Concrete and Clay som bedrivs vid Äspölaboratoriet och initierades 2010 har dock visat på betydligt lägre hastigheter (ca 50 µm/år). För att erhålla fördjupad förståelse kring vätgasdrivande korrosion av dessa två metaller och hur processen sker över tid har SKB, tillsammans med forskare på KTH, initierat en studie av aluminium- och zinkkorrosion i syrefritt grundvatten för att fortlöpande bestämma korrosionsprodukter och -hastigheter med hjälp av spektroskopiska respektive gravimetriska metoder.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB fördjupar sig ytterligare i denna process och bedömer att det forskningsprojektet som SKB initierat tillsammans med KTH är ändamålsenligt. SSM anser dock att SKB behöver bredda sin inriktning till att inkludera samtliga vätgasutvecklande korrosionsprocesser för metaller som förekommer i förvaret.

4.4.7 Mikrobiell gasproduktion

Här beaktas avsnitt 6.8 i Fud-2016 i vilket SKB avhandlar frågor som rör mikrobiell gasproduktion

SKB:s redovisning

SKB redogör för att en process som potentiellt kan orsaka gasbildning är metanbildning genom mikrobiell nedbrytning av organiskt material såsom cellulosa. Genom att tillse ogynnsamma förhållanden i SFR för mikrobiell nedbrytning, kan den eventuella gasbildningen begränsas. Som exempel redogör SKB för att man i redovisningen av

säkerheten efter förslutning inför utbyggnaden av SFR (SR-PSU) formulerat krav på högt pH i förvaret, och att ett av syftena med högt pH är just att begränsa mikrobiell aktivitet.

SKB redovisar att ytterligare studier kommer att öka förståelsen och förutsäga framtida pH-utveckling i olika delar av förvaret och också hur olika pH-förhållanden kommer att påverka gasbildning genom metanbildning.

SKB redovisar också att inom EU-projektet Mind, där SKB är representerade, behandlas frågeställningar som belystes i SR-PSU vilka kommer att utredas vidare inför kommande säkerhetsredovisning (PSAR) inför uppförandet. Inom projektet kommer till exempel experimentella studier av pH-utvecklings påverkan på utveckling av metangas samt modellering av mikrobiella processer som är relevanta för låg- och medelaktivt avfall att göras. Projektet kommer att avslutas 2019 med en syntes av den forskning som bedrivits avseende biologisk nedbrytning av avfall och avfallsformer. Kunskapen kring mängden metangas som potentiellt kan bildas behövs för att öka kunskapsnivån när det gäller gastransport och upptagsprocesser av gas i ytsystemet.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att frågeställningen är starkt kopplad till den pågående granskningen enligt lagen om kärnteknisk avfall av SKB:s ansökan om utbyggt SFR och därför gör SSM inte någon detaljerad bedömning av SKB:s redovisning i det avseendet inom ramen för granskningen av Fud-program 2016.

Av redovisningen framgår att EU-projektet MIND kommer att avslutas under 2019 med en syntes av den forskning som bedrivits avseende biologisk nedbrytning av avfall och avfallsformer. SSM förväntar sig att SKB i Fud-program 2019 redovisar en sammanfattande redogörelse för utfallet och de övergripande slutsatserna från projektet, samt i vilket avseende dessa är tillämpliga i SKB:s arbete.

SSM ser positivt på att SKB kommer att genomföra ytterligare studier för att öka förståelsen och för att kunna förutsäga framtida pH-utveckling i olika delar av förvaret. Vidare ser SSM det som positivt att studierna inkluderar hur olika pH-förhållanden i förvaret kommer att påverka gasbildning genom metanbildning.

4.4.8 Svällande avfall

SKB:s redovisning

Då svällande avfall kan påverka betongbarriärens integritet och därigenom påverka radionuklidernas uttransport från förvaret har frågeställningen studerats främst under 1980- och 1990-talet. Utifrån resultat från dessa studier har modellering av effekten av svällande avfall på betongbarriärerna för silon och bergssalen för medelaktivt avfall (1BMA) utförts. Svällningsförsök på torkad jonbytarmassa har genomförts för att förbättra de antaganden som gjorts kring de svälltryck som kan uppstå för avfallstyper där jonbytarmassa är ingjuten i bitumen.

Försök planeras i Äspö-laboratoriet där den eventuella svällningen av en bitumeningjuten jonbytarmassa kommer att studeras. I dessa försök planeras även andra parametrar än svällningstryck att studeras, nämligen lakningshastighet av anjoner och katjoner. Syftet

med försöken är att kunna minska de pessimistiska antaganden som SKB antagit kring när bitumeningjutna radionuklider är tillgängliga för uttransport.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att frågeställningen kring svällande avfall och då främst den bitumeningjutna jonbytomassan fortfarande är aktuell även om den identifierades redan i samband med idrifttagningen av SFR. SSM ser positivt på de experiment som programmet pekar på och som avses genomföras med bitumen och i en försvarslikande laboratoriemiljö. SSM förväntar sig i Fud-program 2019 en tydlig lägesrapport för status i experimentets genomförande. Frågeställningen diskuteras också inom ramen för tillsynen av SFR, liksom i samband med tillståndsprövningen utbyggnationen av SFR.

4.5 SSM:s samlade bedömning

SSM instämmer i SKB:s beskrivning av de förändrade förutsättningarna för omhändertagande av det låg- och medelaktiva avfallet som en konsekvens av tidigarelagd avveckling av reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 respektive Ringhals 1 och 2 samt inledande av konkreta avvecklingsåtgärder vid Barsebäcksverket och forskningsreaktorerna i Studsvik samt senarelagd idrifttagande av det utbyggda SFR.

SSM bedömer utifrån redovisningen i Fud-program 2016 att de åtgärder som vidtagits vid reaktorläggningarna samt av SKB för att bemöta de förändrade förutsättningarna är ändamålsenliga. SSM bedömer ändå, liksom flera remissinstanser påpekat, att redovisningen kan utvecklas i kommande Fud-program. Framför allt genom, att utifrån ett övergripande systemperspektiv, redogöra för att tillräckliga mellanlagringskapaciteter (existerande och planerade) är tillgängliga när det behövs med hänsyn till behovet av mellanlagring av det avfall som uppstår vid avvecklingsprojekten och som inte kan transporteras till slutförvarsanläggningar.

SSM bedömer att SKB har redovisat en lämplig sammanfattning av det arbete som ligger till grund för att bygga ut SFR. SSM granskar för närvarande SKB:s ansökan om att bygga ut SFR och avstår därför från att lämna mer detaljerade synpunkter på SKB:s redovisning avseende framtida insatser för SFR.

SSM konstaterar att SKB:s redovisning avseende utvecklingsarbetet för slutförvaret för långlivat avfall (SFL) försenats, men att grundläggande principer samt inriktning för arbetet som redovisades i Fud-program 2013 väsentligen ligger fast. SSM vill ändå betona vikten av att SKB så snart det låter sig göras utvecklar ett koncept för SFL, som är tillräckligt detaljerat för att utgöra en robust utgångspunkt för nästa fas i utvecklingsprocessen, som utgångspunkt och för de fortsatta åtgärder som erfordras.

SSM ser i den meningen fram emot att ta del av utfallet från säkerhetsvärderingen i redovisningen i Fud-program 2019. SSM vill särskilt betona vikten av att utfallet från säkerhetsvärderingen håller tillräcklig kvalitet för att underbygga vägledande beslut om inriktningen för fortsatta aktiviteter. Med avseende på det SFL-avfallens nuklid-sammansättning och långlivade karaktär samt därtill kopplade krav på kvalificerade barriärsfunktioner, vill SSM betona betydelsen av utfallet från säkerhetsvärderingen som beslutsunderlag för att gå vidare – eller ej – i det fortsatta arbetet med de nu säkerhets-

värderade koncepten. SSM bedömer också att det är viktigt att planer för lokaliseringsarbetet är tillräckligt utförligt beskrivna och säkerställer att säkerhetsaspekterna ges vederbörlig prioritet i lokaliseringsprocessen.

SSM bedömer det som särskilt viktigt att SKB snarast möjligt utvecklar preliminära acceptanskriterier för det SFL-avfall som avses omhändertas och konditioneras i närtid, så att tillståndshavare inom vilkas verksamheter avfallet uppstår/uppstått har möjlighet att konditionera avfallet på ett ändamålsenligt vis.

SSM ser positivt på det utvecklingsarbete som SKB genomfört avseende metodutveckling för mätning av svärmätbara nuklider och ser ett behov av ett fortsatt utvecklingsarbete gällande bland annat verifieringen av de modeller som numera används. SSM bedömer det likaledes positivt att SKB initierat aktiviteter för att utveckla en förbättrad metodik för uppskattning av svärmätbara nuklider.

SSM vill understryka betydelsen av att nya typer av avfallsbehållare utvecklas i samarbete och koordinerat med utvecklingsprojekten. SSM bedömer att analyser och teknikutveckling för hantering av reaktortankar och stora komponenter är rimligt rimliga och adekvata.

Med hänvisning till pågående granskning av SKB:s ansökan om utbyggt SFR gör SSM ingen detaljerad bedömning av insatser avseende nedbrytningsprodukter från organiskt material och dess interaktioner med radionuklider. SSM bedömer ändå, och på ett övergripande plan, att det är viktigt att SKB på ett tydligt sätt kan kravställa de eventuella tillsatsmedel som behövs i betongen vid kommande byggnation. SSM bedömer också att och att det är positivt att SKB fördjupar sig ytterligare i problematiken kring gasuppbyggnad och korrosionsprocesser och mikrobiella processer.

5 Omhändertagande använt bränsle

SSM kommenterar i detta kapitel samlat redovisningen avseende omhändertagande av använt kärnbränsle i Fud-program 2016. Bedömningarna avser SKB:s redovisningar i avsnitt 3.4, (Genomförandeplan för använt bränsle), avsnitt 5.2.3 (Kärnbränsleförvaret och Clink), avsnitt 5.4 och avsnitt 5.5 som beskriver behoven av fortsatt forskning och utveckling avseende det använda kärnbränslet respektive kopparkapseln samt kapitel 7 och 8 som mer i detalj beskriver forsknings- och teknikutvecklingsinsatser för det använda kärnbränslet respektive kopparkapseln som pågår, startas eller avslutas under innevarande Fud-period.

5.1 Genomförandeplan för använt kärnbränsle

SSM:s synpunkter i detta avsnitt kompletterar de mer övergripande synpunkter som lämnats i kapitel 3 på SKB:s verksamhet och handlingsplan.

SKB:s redovisning

SKB redovisar i avsnitt 3.4 genomförandeplanen för omhändertagande och slutförvaring av det använda kärnbränslet utgående från den översiktliga tidsplan med viktiga milstolpar för genomförandet som redovisas i Figur 3-6 i Fud-program 2016.

SKB redogör i avsnitt 3.4.1 för nuläget i pågående verksamheter kopplat till tillståndsprövningar samt planering och projektering för att etablera återstående verksamheter i KBS-3-systemet, det vill säga den integrerade mellanlagrings- och inkapslingsanläggningen i Oskarshamn och slutförvarsanläggningen i Forsmark. SKB anger att nuvarande planering bygger på vad som, med aktuella erfarenheter, bedöms som realistiska tidsplaner med målsättningen att driften av systemet ska starta så tidigt som möjligt.

SKB redovisar att de två anläggningsprojekten och arbetet med säkerhetsredovisningar för anläggningarna inom KBS-3-systemet är primära avnämare av den forskning och teknikutveckling för KBS-3-systemet som genomförs. SKB anger vidare att teknikutvecklingsprojekten för Kärnbränsleförvaret är strukturerade i enlighet med de så kallade produktionslinjerna vilka är kopplade till förvarets barriärer och delar (kapsel, buffert, återfyllning, förslutning och berg). Projekten styrs övergripande av en strategisk teknikutvecklingsplan som kopplar ihop teknikutvecklingens leveranser med anläggningsprojekt och framtida säkerhetsredovisningar.

I avsnitt 3.4.2 redogör SKB med stöd av figur 3-7 för övergripande planering för KBS-3-systemets genomförande utgående från viktiga milstolpar i form av tillståndsprövning, projektering, uppförande och driftsättning. Enligt planerna inleds uppförandet av Kärnbränsleförvarets tillfarter cirka 2020. För Clink inleds uppförandet cirka 2022 så att anläggningarna ska kunna tas i drift samtidigt cirka 2030. SKB anger att tidpunkten för byggstart och idrifttagningen av Kärnbränsleförvaret och Clink senarelags med cirka ett år, jämfört med de planer som redovisades i Fud-program 2013, med hänsyn till att tillståndsprövningarna bedöms ta längre tid än vad som tidigare ansatts.

Avsnitt 3.4.4 och 3.4.6 innehåller beskrivningar av nuläge och planering för fortsatt arbete med att etablera Clink respektive Kärnbränsleförvaret. Redovisningen baseras på projekteringsarbetets olika faser och redovisningar som behöver underbygga beslut om medgivande för uppförande, provdrift respektive rutinmässig drift. Redovisningen beskriver mer utförligt och förtydligar de åtgärder som avses genomföras och redovisas i samband med de milstolpar som anges i figur 3-7.

SKB redogör särskilt i avsnitt 3.4.3 för åtgärder för att erforderlig lagringskapacitet är tillgänglig i Clab när den behövs. SKB redovisar att man har ansökt om ändring i gällande tillstånd för Clab avseende begränsning av totalt inlagrad mängd bränsle från 8 000 till 11 000 ton bränsle. SKB redovisar vidare att man planerar för att frigöra lagringsutrymme i Clab genom att lasta om kärnbränsle från normalkassetter till kompaktkassetter. SKB anger också att ytterligare lagringskapacitet kan frigöras genom att segmentera och kompaktera de BWR-styrstavar som för närvarande lagras i Clab, och att eventuellt fortsättningsvis mellanlagra dessa på annan plats.

Avsnitt 5.2.3 innehåller en fördjupad redovisning av genomförandet av slutförvaring av använt kärnbränsle. Redovisningen syftar till att redogöra för kopplingen mellan forsknings- och teknikutveckling och de olika milstolpar och skeden som finns definierade för anläggningarna i slutförvarssystemet, från byggstart till avveckling respektive förslutning. Förenklat kan redovisningen sägas översiktligt beskriva hur långt som utvecklingen behöver ha drivits i olika avseenden vid respektive hållpunkt i form av medgivande till start av uppförandet, medgivande att inleda provdrift, medgivande att inleda rutinmässig drift samt inför förslutning.

SKB redogör också för att det inte finns några krav på att kapslarna med använt kärnbränsle ska kunna återtas. SKB bedömer ändå att det är principiellt möjligt att både före och efter förslutning återta kapslar från det planerade Kärnbränsleförvaret, och att detta demonstrerats praktiskt i försök gjorda i Äspölaboratoriet. SKB redogör också för att inkapslingsdelen av Clink kommer att konstrueras så att det blir möjligt att återföra kapslar med kärnbränsle för förnyad inkapsling, som en tänkbar åtgärd för att hantera eventuella fel som uppstår eller upptäcks under deponeringssekvensen.

Avsnitt 3.4.5 innehåller en översiktlig redovisning av utveckling av transportsystemet. Av redovisningen framgår att nuvarande behållare för transport av använt bränsle från kärnkraftverken till Clab/Clink behöver bytas ut för att uppfylla moderna krav, och att nuvarande behållare för transport av använt bränsle från kärnkraftverken till Clab/Clink behöver bytas ut för att uppfylla moderna krav. SSM:s bedömningar av transportverksamheten redovisas i kapitel 6 i denna rapport.

Remissinstansernas synpunkter

Oskarshamns kommun refererar till SKB:s redogörelse för möjligheten att frigöra lagringsutrymme i Clab genom att segmentera styrstavar från kokarvattenreaktorer som lagras i förvaringsbassängerna. Enligt SKB kan segmenteringen utföras i mottagningsdelen på Clab. Kommunen efterfrågar redovisning av om åtgärden föranleder konsekvenser för hanteringen av övrigt avfall i Clab eller för avfall som fortlöpande inkommer till Clab.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) refererar till SKB:s redovisning av åtgärder för att utöka Clab:s lagringskapacitet, och behovet av att uppgradera kylkedjan. SGU framför att det är viktigt att även identifiera kylkedjans effekter på grundvatten i omgivningen,

antingen genom kylkedjans direkta eller indirekta termiska påverkan nära Clab och/eller kylkedjans utsläppspunkt, men även att ta hänsyn till vattenbalans och grundvatten/ytvattenutbyte – beroende på vilket råvatten som kommer på fråga för det ökade kylbehovet.

SGU noterar att det inte förs någon diskussion i Fud-program 2016 om eventuella behov av fysiska tekniska kontroll- och övervakningsprogram efter förslutning. SSM tolkar SGU:s remissvar som att SGU efterfrågar en tydligare diskussion och redovisning om huruvida det finns något behov av kontroll och övervakning efter att Kärnbränsleförvaret förslutits.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) framför att stora utvecklingsinsatser pågår i och utanför Europa med syfte att möjliggöra återcykling av använt kärnbränsle, inklusive transmutation av s.k. Minor Actinides i reaktorer av typ GEN IV. Med hänvisning till att det ”använda” kärnbränslet till 97% består av användbara och återcyklingsbara ämnen som uran- och transuranisotoper, och att nyutvecklad teknik kanske kan vara kommersiellt tillgänglig ca 2050, framför KTH att det använda kärnbränslet i framtiden kommer att ses som en resurs som kan tillgodogöras.

KTH anser med stöd av detta att frågan om återtagande av det använda kärnbränslet är strategisk viktig och bör tas upp mer konkret i kommande Fud-program. KTH framför att SKB bör eftersträva att utforma slutförvaret, eller delar av det, så att ett eventuellt återtagande kan genomföras i stor skala på ett bra sätt tekniskt, ekonomiskt och säkerhetsmässigt. Målet borde vara att de modifieringar i slutförvarets utformning som detta resulterar i bör vara väl genomarbetade när slutförvaret tas i drift 2030.

Uppsala universitet framför att möjligheten till återtag efter deponering är viktig av flera skäl, inte minst i det fall då framtida generationer önskar införa ett system med reaktorer av typ Generation IV.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB i Fud-program 2016 har redovisat en lämplig sammanfattning av det arbete som ligger till grund för fortsatt arbete att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. SSM bedömer också att SKB:s i programmet presenterat en rättvisande redovisning av hur fortsatt utvecklingsarbete planeras genomföras med koppling till den stegvisa etableringsprocess som är definierad i SSM:s föreskrifter, bland annat med krav på särskilda redovisningar av PSAR inför byggstart och SAR inför provdrift. Liksom för fortsatt arbete med utbyggnaden av SFR rekommenderar SSM att SKB redan nu beaktar de viktiga aspekterna av kravställning och lämpliga redovisningar under uppförandet av utbyggnaden.

SSM granskar för närvarande SKB:s ansökningar om att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle enligt KBS-3-metoden och tar i det arbetet del av mer detaljerad och mer aktuell information om pågående utvecklingsarbete, jämfört med vad som redovisas i Fud-program 2016. SSM avstår därför från att lämna mer detaljerade synpunkter på SKB:s redovisning avseende framtida insatser för Kärnbränsleförvaret och Clink.

5.2 Använt kärnbränsle

SKB:s redovisning

SKB arbetar med kunskapsuppbyggnad med avseende på det kärnbränsle som kommer att hanteras, lagras och slutförvaras ur flera aspekter. Resultaten av SKB:s forskning och undersökningar kommer att användas för utvecklingen av teknik för hantering och för att förbättra säkerhetsanalyserna. SKB har strukturerat analysen av behovet av forskning i tre kategorier:

- Beträffande processförståelse har SKB identifierat behovet för framtida insatser på en fördjupad förståelse för mekanismen för upplösning av bränlematrisen vid kontakt med grundvatten. Upplösningsdata behövs för nya typer av så kallat dopat kärnbränsle, högutbränt kärnbränsle samt för metalldelar från bränselement och styrstavar. Dessutom behövs insatser för att noggrannare kvantifiera utsläpp efter kapselbrott av den omedelbart frigjorda fraktionen ("the instant release fraction – IRF") som inte ligger inbäddad i bränlematrisen. Det återstår också att reducera osäkerheter angående speciering och lösligheter av utsläppta radionuklider.
- Hantering av det använda kärnbränslet, vilket inkluderar hänsyn till åldringsförändringar i kärnbränslet och hantering av icke-reguljärt kärnbränsle (skadat kärnbränsle).
- Kärnbränsleinformation, kriticitet och kärnämneskontroll, vilket inkluderar verifiering av resteffekt, metoder för bestämning av väsentliga bränsleparametrar samt uppbyggnad av kompetens och analysmetoder för kriticitetsanalys av kärnbränslet i kapseln.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning av framtida insatser för processförståelse i det använda kärnbränslet i Kärnbränsleslutförvaret är väl motiverade och SKB:s satsningar kommer att täcka de frågor som har stor säkerhetsbetydelse och som också kräver fördjupad förståelse för att minimera osäkerhet i konsekvensanalysen.

5.2.1 Icke-reguljära kärnbränslen

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på avsnitt 7.1 i SKB:s Fud-program.

SKB:s redovisning

I Clab förvaras till största del kärnbränsle från driften av svenska BWR- eller PWR-reaktorer. I övrigt förvaras även så kallat icke-reguljärt kärnbränsle från Ågesta, i form av MOX samt skadade eller testade stavar från Studsvik. För kommande Fud-period är hantering av skadat kärnbränsle en aktuell fråga. Enligt SKB:s redovisning finns långt utvecklade planer på att konditionera det skadade kärnbränslet genom torkning samt paketering i Studsvik så att det kan slutförvaras i en KBS-3-kapsel.

Remissinstansernas synpunkter

Oskarshamns kommun refererar till SKB:s redogörelse för hur det använda kärnbränslet ska kartläggas för att fastställa dess olika egenskaper och att det i hanteringen ingår

torkning av kärnbränslet innan det installeras i kapslarna. Kommunen efterfrågar en beskrivning av torkningsmetoden och hur stipulerad nivå på torkningen ska nås samt vad som speciellt behöver göras i detta avseende för skadat kärnbränsle.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att de av SKB redovisade planerna för det fortsatta arbetet med omhändertagande av icke-reguljärt kärnbränsle förefaller vara ändamålsenliga. SKB behöver fokusera arbetet inom kommande Fud-period till frågeställningar rörande hantering av skadat kärnbränsle.

5.2.2 Åldring av kärnbränsle

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på avsnitt 7.2 i SKB:s Fud-program.

SKB:s redovisning

SKB redovisar hur man planerar att följa upp egenskaperna hos kärnbränslet som är lagrat i Clab för att veta hur det ska kunna hanteras vid inkapslingen i Clink. SKB baserar planerna för framtiden på inspektionsprogram av bränslet som lagras i Clab samt omvärldsbevakning. Om oväntade resultat fås vid inspektionerna hanteras detta med åldringsprogrammets metodik.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB har tillräckligt väl utvecklade planer för att följa hur långtidslagring påverkar bränslets egenskaper. SSM instämmer i att det är tillräckligt att inspektera och analysera bränslet den dag man ser någon påverkan.

5.2.3 Resteffekt och bränslemätning

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på avsnitt 7.3 i SKB:s Fud-program.

SKB:s redovisning

SKB har identifierat ett behov av att utveckla mätmetoder för att mäta kärnbränslets egenskaper under inkapslingsprocessen. Egenskaper är t.ex. resteffekt och aktivitetsnivåer. SKB har satt upp en målbild och identifierat aktörer i omvärlden som arbetar med liknande frågor. SKB drar paralleller med mätningar för kärnämneskontroll men noterar också att förväntningarna på ett mätsystem i inkapslingsprocessen är något annorlunda. Arbeta med mätningar har gjorts under den pågående Fud-perioden inom ett större internationellt samarbete. SKB har sedan Fud-program 2013 genomfört mätningar på 50 bränsleelement som finns i Clab, samtliga 50 med gammaspektroskopiska metoder och en del med kalorimetri och neutrondetektionsmetoder. Planen för kommande Fud-period är att avsluta de pågående mätningarna, testa några nyutvecklade metoder och analysera data.

Remissinstansernas synpunkter

Uppsala universitet framför att forskningsarbete kring det använda kärnbränslets kärnfysikaliska egenskaper bedöms som fortsatt viktigt. Dels på grund av kärnämneskontrollens krav och behov och dels på grund av de operativa behoven vid inkapsling och förvar. Universitetet vill framföra potentialen med att använda så kallad "Total Monte Carlo"-metodik för att i analyserna ta hänsyn till osäkerheter i grundläggande kärndata och hur dessa propagerar i olika delar av systemet.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att SKB:s beskrivning av bränslemätningar visar på ett aktivt utvecklingsarbete. SSM bedömer att de av SKB redovisade planerna för det fortsatta arbetet med bränslemätningar förefaller vara ändamålsenliga och i rimlig omfattning i förhållande till andra områden inom Fud-programmet.

5.2.4 Kriticitet

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på avsnitt 7.5 i SKB:s Fud-program.

SKB:s redovisning

SKB:s program avseende fördjupad och breddad kriticitetsanalys har som övergripande mål att kriticitetsanalyserna för alla SKB:s nuvarande och framtida anläggningar ska vara gjorda efter samma metodik för utbränningskreditering och BA-kreditering (brännbara absorbatörer).

SKB redovisar att det huvudsakliga arbetet i framtiden med avseende på kriticitets-säkerhet är att säkerställa kompetens och följa med i utvecklingen av beräkningsmetoder. Specifika frågeställningar som SKB planerar fortsätta med under kommande Fud-period är till exempel hantering av kriticitetsanalyser av icke-nominella geometrier i kapseln och utarbetning av strategi för att ta hand om de bränsleknippen som inte möter kapselns utbränningskrav.

SSM anser att SKB i Fud-program 2016 har redovisat en godtagbar plan för fortsatt arbete med kriticitetssäkerhetsanalyser genom att effektivisera analyskapaciteten både hos SKB och hos Vattenfall Nuclear Fuel (VNF), analysera specialfall samt att fortsätta följa utvecklingen av metoder och acceptanskriterier. SSM bedömer att de åtgärder som SKB redogör för innebär ett aktivt arbete med att säkerställa kompetens inom området.

5.2.5 Bränsleupplösning samt radionuklidspeciering och lösligheter

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på avsnitt 7.7 i SKB:s Fud-program.

SKB:s redovisning avseende bränsleupplösning

Omfattande tester och forskning har gjorts under åren för att undersöka hur olika bränslematerial och driftsätt påverkar egenskaper som antas i långtids- och slutförvar. SKB har beaktat riskerna från två håll, dels upplösning av kärnbränslekutsar

(bränslematris), dels löslighet av radionuklider. Resultaten används för slutförvarets säkerhetsanalyser inom modellering av transport av radionuklider ut ur en skadad kapsel.

Om upplösning av kärnbränslekutsar innehåller Fud-redovisningen i korthet:

- SKB har studerat upplösning av bränslekutsar (bränslematris) under inverkan av vattenradiolys. Både den elektrokemiska reaktiviteten mellan radiolysoxidanter och urandioxid och den katalytiska sönderdelningen av väteperoxid som radiolysoxidant har beaktats i utredningen. Vid vissa tester noteras att Simfuel har en lägre redox-reaktivitet än urandioxid och de katalytiska effekterna sker främst vid korngränserna i proverna. Andra faktorer som möjligen kan minska upplösningen kan vara omgivningsmiljön såsom förekomst av reducerande ämnen i bentoniten.
- SKB har även studerat brackvatten och bromidhaltens inverkan på upplösningen av alfadopade prover i EU-projektet Redupp.
- SKB redovisar resultat från EU-projektet First Nuclides om driftsättets påverkan på frigörelsehastigheten hos fraktionen snabbt frigjorda nuklider. Där noteras att långvärmebelastning (linjär effekt) har större påverkan än utbränning samt att dopat bränsle med tillsatt krom och aluminium kan ha en lägre frigörelsehastighet än standardbränsle. Dessutom visar det att endast en obetydlig del av Se-79 frigörs som den snabbt frigjorda fraktionen.
- SKB har under pågående Fud-period börjat testa upplösning av högutbränt kärnbränsle.
- Materialen i styrstavar har testats och hittills har ingen signifikant upplösning av Ag, In och Cd från legeringen i styrstavarna noterats.

Fortsatta tester angående strålningsinducerad bränsleupplösning planeras i ett par doktorandprojekt på KTH och fokuseras på de processer som sker på bränsleytan för att kunna belysa fissionsprodukternas inverkan på den strålinducerade upplösningen. SKB har även planerat tester på högutbränt bränsle i autoklav hos Studsvik Nuclear AB (SNAB) för att fastställa matrisupplösningshastighet under reducerande förhållanden. Vidare planerar SKB att ansöka om ett nytt EU-projekt för att studera effekterna av krom och aluminium på matrisupplösningen. Även lakningsstudier av MOX-bränsle har planerats. Dessa studier ska kompletteras med försök med modellsystem samt med kopplade modelleringsstudier i åtanke. Slutligen planeras studier som ska adressera de frågor om den snabbt frigjorda fraktionen som inte kunde besvaras under genomförandet av EU-projektet First Nuclides.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s omfattande forskning inom området är ändamålsenlig. SSM ser positivt på att utredningarna och testerna sprids på olika inriktningar. SSM ser positivt på doktorandprojekt vid de svenska lärosätena, att den infrastruktur som finns i Studsvik utnyttjas och att SKB samtidigt bedriver ett aktivt internationellt arbete.

SSM anser dock att SKB i sin kommande forskning bör fortsätta att sträva efter en systematisk och ömsesidigt konsistent förståelse av mekanismerna, i syfte att minimera osäkerhet i kvantifieringen av bränsleupplösning i säkerhetsanalysen. Ett exempel kan vara att vidare utreda nivån av bakgrundsgammastrålning i de alfadopade proven och jämföra denna nivå med den nivå som det använda kärnbränslet har i Kärnbränsleförvaret

många tusen år efter förslutning. På detta sätt kan inverkan av bakgrundsgammastrålningens förmåga att aktivera väte utvärderas liksom om proven är representativa för använt kärnbränsle i framtiden i detta sammanhang.

SKB:s redovisning avseende radionuklidspeciering och lösligheter

Om löslighet av radionuklider innehåller Fud-redovisningen i korthet:

- EU-projektet Skin undersökte sorptions- och upptagsmekanismer och har resulterat i en vetenskaplig metodik för att kvantifiera graden av irreversibelt upptag av radionuklider i mineralfaser efter initial ytadsorption. Även radiumbarium-samfällning har studerats. Resultaten visar att den fasta lösningen radiumbarium-sulfat bör behandlas som ett termodynamiskt jämviktssystem i ett långsiktigt geologiskt perspektiv.
- Inom EU-projektet Redupp studerades ytorna hos material med fluoritstruktur, det vill säga samma kristallstruktur som UO_2 och använt bränsle. En förlängning av detta arbete resulterade i en beskrivning av hur vatten sorberar och reagerar med UO_2 -ytor.
- En stor del av undersökningarna från Fud inom urlakning och upplösning görs tillgängliga i internationella databaser. Inverkan av karbonathalt och pH på lösningen av toriumdioxid har studerats.

Arbete med att studera radionuklidlöslighet i olika former av uranmineraler planeras fortsätta. Detta görs till stor del inom internationella samarbeten, och SKB tar upp Amphos 21, OECD/NEA Thermochemical Database samt ett planerat EU-projekt.

Remissinstansernas synpunkter

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) framför att kunskapsläget rörande relevant radionuklidkemi generellt är gott och att av SKB redovisat planerat program är välmotiverat. KVA framför i anslutning till detta att det skulle vara av intresse att även göra lakförsök med UO_2 i alkalisk miljö och vid *höga* karbonathalter med syfte att undersöka om ett anjoniskt komplex kan bildas under förvarsbetingelserna.

KVA framför också att det finns en teoretisk möjlighet att U(V) kan existera under anoxiska betingelser (inom ett smalt Eh-pH-”fönster”), vilket skulle påverka uranets löslighet och mobilitet. KVA anser därför att en eventuell möjlig bildning av U(V) bör verifieras eller falsifieras.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att de av SKB redovisade planerna för det fortsatta arbetet med löslighet av radionuklider förefaller vara ändamålsenliga.

5.3 Kapsel

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 8, Kapsel, i SKB:s Fud-program 2016. SKB sammanfattar aspekter som rör kopparkapseln i fyra olika områden; korrosion, kopparkrypning, konstruktion och tillverkning. Denna rapport följer samma struktur. SSM:s bedömning av avsnitt 5.5 Kapsel för använt kärnbränsle avhandlas också

i detta kapitel då innehållet där i huvudsak överlappar med vad som beskrivs i kapitel 8, Kapsel.

5.3.1 Kopparkorrosion

Här beaktas avsnitt 8.1 i Fud-2016 i vilket SKB avhandlar frågor som rör kopparkorrosion. Även 5.5.1 Processförståelse innefattas i denna del liksom i 6.3.3 i denna rapport.

SKB:s redovisning

SKB identifierar sulfidkorrosion som den dominerande korrosionsprocessen för koppar i slutförvarsmiljö och lyfter fram mekanistisk förståelse för processen, liksom bättre insikt i sulfidhalter i grundvatten och bentonit som de viktigaste frågeställningarna. Elektrokemiska metoder har tillämpats för att studera kopparsulfidfilmtillväxt och identifiera faktorer som påverkar densamma. SKB lyfter fram sulfid- och kloridkoncentrationer liksom förhållandet dem emellan, tillsammans med sulfidflöde som avgörande för filmtillväxt.

SKB-finansierad forskning har utifrån experimentaldata uppskattat ett kritiskt sulfidflöde under vilket korrosion anses begränsad av masstransport av sulfid. Flödena i slutförvaret beräknade i SR-Site ligger under detta värde. SKB anger vidare att lokal korrosion i reducerande förhållanden ej kan äga rum i slutförvarsmiljö då sulfidflödet och HS⁻koncentrationen anses vara för låga för att en passivfilm ska kunna bildas, vilket är en förutsättning för att lokal korrosion ska kunna induceras. SKB ämnar belysa frågan vidare med studier som i mer detalj analyserar förutsättningarna för uppkomst av lokal korrosion i reducerande miljö. SKB-finansierad experimentell forskning visar på att mekanismen för sulfidering av Cu₂O är kemisk snarare än elektrokemisk. Detsamma gäller för CuO, där röntgenspektroskopistudier identifierar en komproportioneringsmekanism som föregår sulfideringen. Vidare finansierar SKB projekt med fokus på kvantkemisk forskning inom samma område för att belysa reaktionsmekanismer för sulfidering av oxidfilmer. SKB har sammanställt forskningsresultat på lösligheten hos pyrit och drar slutsatsen att det är osannolikt att pyrit löses upp vid reducerande förhållanden.

SKB har fortsatt bedrivit studier gällande sulfidhalter i grundvatten och identifierat svårigheter med provtagning och analys då mikrobiella processer i avmanschetterade borrhålssektioner kan påverka lokala sulfidkoncentrationer när vattnet är stagnant. SKB ämnar fortsätta med utveckling av dessa metoder samt studera interaktioner mellan mikrober och olika material. SKB lyfter även fram samarbete med Posiva inom forskning på sulfidkorrosion, i synnerhet modellutveckling. SKB redovisar sitt forskningsprogram kring mikrobiell sulfatreduktion annorstädes i Fud-program 2016 (avsnitt 10.1.5 då bufferten är omättad och 10.3.2 efter mättnad).

Beträffande lokal korrosion under oxiderande förhållanden, hävdar SKB utifrån en litteraturstudie från 2013 att de porvattensammansättningar som är aktuella i förvaret inte ger upphov till bildandet av en passivfilm. Senare studier, menar SKB, visar dock på möjlighet till uppkomst av lokal korrosion i oxiderande miljö. Kapslarna upptagna ur Prototypförvaret i Äspölaboratoriet visar på morfologi som kan tolkas som lokal korrosion. Mätningar med SEM (svepelektronmikroskop) visade på gropdjup om maximalt 7 µm. För att kunna karakterisera ytmorfologin mer utförligt på dessa upptagna kapslar avser SKB att fastställa ett morfologiskt initialtillstånd genom att undersöka

kapslar endast utsatta för atmosfärisk korrosion. SKB ämnar även, genom forskning bedriven vid University of Western Ontario, närmare undersöka den vattenkemi som kapseln utsätts för genom att mäta potentialer på koppar omsluten av bentonit.

SKB:s huvudlinje i frågan huruvida koppar kan korrodera i syrgasfritt vatten är att, utöver korrosionsomfattningen som termodynamisk data förutspår, så saknas det vetenskapligt belägg för att processen äger rum. SKB hänvisar vidare till studier, både experimentella och teoretiska, av ytreaktiviteten hos koppar och kopparoxid, som ej förklarar mängden utvecklade vätegas observerad i vissa experiment, liksom det fruktlösa sökandet av en ny stabil fas i Cu-O-H-systemet. Även Micans-projektet bedöms vara i sin slutfas med författande av vetenskapliga artiklar som huvudsakligt fokus. Under kommande Fud-period beräknas kvantkemiska studier i begränsad omfattning bedrivas för att utöka den mekanistiska förståelsen för bland annat vattendissociation på kopparoxidytor. Även elektrokemiska mätningar för att kartlägga inverkan av klorid och andra joner på korrosionsprocessen ämnas att utföras.

SKB har finansierat ett doktorandarbete vid KTH i vilket strålningssinducerad korrosion har studerats. Höga stråldoser (i omfattningen omkring 1000 gånger högre än förväntad maximal stråldos utanpå kapseln i slutförvaret) har tillämpats på koppar för att beakta den totala dosen som koppar utsätts för under slutförvarstiden. Korrosionsomfattningen är mindre än vad som pessimistiskt antogs i SR-Site-beräkningarna. SKB påpekar dock att utförlig mekanistisk förståelse fordras för att direkt extrapolation till lägre stråldoser ska vara tillämpligt och kommer fortsatt finansiera forskning för kartläggning av dylika mekanismer. SKB följer även noga liknande experiment genomförda i det kanadensiska kärnavfallsprogrammet.

SKB gör fortsatt bedömningen att spänningskorrosion inte hotar kapselintegriteten i slutförvaret men belyser även vikten av att kartlägga mekanismer för spänningskorrosion i större omfattning, i synnerhet vid reducerande betingelser under vilka tydliga experimentella resultat till viss del saknas, genom forskningsarbete bedrivet vid Swerea KIMAB. Detta för att med större noggrannhet bedöma effekterna av eventuell spänningskorrosion. Analys från MiniCan-försök som återtog hösten 2015 vid Äspölaboratoriet fortgår för att undersöka spänningskorrosion i kapselmateriäl.

SKB tillämpar elektrokemiska metoder för att undersöka olika typer av kopparmateriäl såsom svetsat och kallarbetat sådant i syfte att kartlägga deras korrosionsbeständighet. Detta initierades under föregående Fud-period, vid vilken främst korrosionspotentialen som funktion av fosforhalt bestämdes, och kommer fortgå framöver med fokus på främst svetsat materiäl.

Remissinstansernas synpunkter

Luleå tekniska universitet framför synpunkter avseende Kärnbränsleförvarets stabilitet med avseende på såväl kapslarnas korrosion i elektriska fält och närfältbergets hållfasthet på sätt som bestäms av platsvalet. Universitetet anför att Kärnbränsleförvarets belägenhet i tätt berg innebär att lerbufferten som omger kapslarna kommer att vara vattenmättad och elektriskt ledande vid kapslarnas ändar men under lång tid vara torr och oledande över större delen av kapslarnas längd. Det ger ökad genomsläpplighet, förstuvning och minskning av buffertens självläkningsförmåga och duktilitet, samt elektronvandring genom kapslarna som korroderar.

Universitetet framför att en av de mest iögonfallande bristerna i SKB:s Fud-program gäller den kemiska stabiliteten hos den viktigaste ingenjörbarriären, kapslarna med använt kärnbränsle. Detta, eftersom det framgår att SKB inte avser att genomföra tester för att finna hur kapslarnas korrosionsförlopp gestaltas i ett förvar beläget där elektriska potentialer genereras av grundvattenströmning i omgivande sprickzoner. I förvaret är lerbufferten som omger kapslarna från början ofullständigt vattenmättad men graden av mättnad ökar successivt där bufferten är i kontakt med berget medan uttorkning sker invid kapslarna (p.159). Det innebär att det skapas elektriska potentialer över kapslarnas längd, vilket ger elektronvandring genom kapslarna med åtföljande risk för omfattande korrosion. Risken blir speciellt stor om förvaret förläggs i ”torrt” berg såsom i den föreslagna ”täta” berglinsen i Forsmark.

Stockholms universitet framför att sulfideringsmekanismer sägs vara en central process för korrosion på kopparkapslarna. Universitetet önskar en förklaring till att mekanismen anges vara av kemisk natur snarare än elektrokemisk.

Universitetet framför vidare att frånvaron av stöd för korrosion av koppar i vatten troligen är korrekt, förutsatt att låga Cu^{2+} -koncentrationer omkring 10^{-15} mol/dm³ inte är relevanta. Universitetet hänvisar till Pourbaix-diagrammet för koppar med denna totalkoncentration och konstaterar att koppar inte ens är formellt stabilt vid pH < ca 7, utan att det bara bildas $\text{Cu}^+(\text{aq})$ och enbart vid dessa mycket låga totalkoncentrationer. Universitetet anser vidare att det i syrefritt vatten kanske är liten risk att det skulle leda till mycket korrosion men inte om vattnet innehåller lite syrgas och dessutom kloridjoner som stabiliserar kopparjoner. Universitetet anser att hänvisning till att teoretiska studier inte visar några okända faser i Cu-O-H systemet kanske inte är ett tillräckligt skäl för att tro att kopparkapslarna inte kommer att korrodera utan att processen bör ses i ett helhetsperspektiv där fler kemiska komponenter beaktas.

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) konstaterar att korrosion av koppar i syrefri miljö har varit en stridsfråga under många år. KVA framför att den forskning som bedrivits i SKB:s regi under de senaste åren ger ett vederhäftigt intryck och är övertygande. KVA anser dock att det är nödvändigt att studierna av möjliga korrosionsprocesser fortsätter så länge kontroversen finns och bedömer att av SKB föreslaget program är genomtänkt. KVA framför i anslutning till detta att beräkningar av maximala korrosionsdjup är nödvändiga i en ”performance assessment” – strategi.

Uppsala universitet uppmuntrar ansträngningarna att i mer detalj undersöka aspekterna kring sulfidinducerad korrosion, både vad gäller själva korrosionsmekanismerna samt förekomsten och masstransporten av sulfid i slutförvaret. Universitetet konstaterar att inledande experiment har genomförts men att angreppssätt och metoder inte förefaller vara systematiska, och resultaten från dessa därmed är svårtolkade. Universitetet anser därför att ett helhetsgrepp kring denna fråga måste tas för att ordentligt utreda riskerna kring sulfidinducerad korrosion (som är den mest kritiska i sammanhanget). Universitetet menar att experiment måste utföras i slutförvarsliknande miljö, på ett systematiskt sätt och med adekvata metoder för att så långt som möjligt kunna bedöma omfattningen av korrosionen på mycket lång sikt. Det gäller också speciellt mekanismerna för lokal korrosion där kunskapsläget idag är bristfälligt. Universitetet anser att detta arbete bör utföras av ett flertal oberoende experter med olika angreppssätt och instrumentella metoder.

Uppsala universitet anser vidare att programmen kring strålningsinducerad korrosion och spänningsskorrosion bör fortsätta. Universitetet anser att program även bör inledas för att

undersöka kapselangrepp orsakad av samtidig påverkan av ovan nämnda korrosionstyper, och hur detta till exempel kan leda till lokala angrepp med ökad hastighet. Universitetet framför i anslutning till detta att koppars eventuella korrosion i rent syrefritt vatten kan anses vara tillräckligt utrett.

Sveriges energiföreningars centralorganisation (SERO) anser att kopparkapseln utgör en halvmesyra och är ofullständigt undersökt. SERO framför att alternativa kapselmateriell inte har redovisats liksom samverkande faktorer i slutförvarsmiljön med höga tryck, temperaturer, joniserande strålning, omgivande material och gaser i kombination med bland annat koppar. SERO framför, med referens till andra sammanhang där koppar används som katalysator, att kopparmaterialet i kopparkapseln skulle kunna fungera som katalysator och påverka processerna kopparkorrosion i rent syrgasfritt vatten, strålnings-inducerad korrosion, spänningskorrosion och mikrobiell sulfidbildning.

SSM:s bedömning

SKB:s redovisning angående sakfrågor som rör kopparkorrosion är central i SKB:s ansökningar för att etablera ett slutförvarssystem för använt kärnbränsle. Redovisningen motsvarar i vissa avseenden den 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 därför inte bedömningar utifrån långsiktig säkerhet av sådana kritiska sakfrågor som hanteras i granskningen av SKB:s ansökningar utan fokuserar på att bedöma frågorna utifrån deras relevans för SKB:s föreslagna forsknings- och utvecklingsprogram inom kopparkorrosion.

SSM ser i det perspektivet positivt på att SKB fortsatt ämnar fördjupa sin forskning kring lokal korrosion i reducerande miljö, och i synnerhet studier kring förutsättningarna för uppkomst av lokal korrosion genom kartläggning av stabiliteten av den bildade passivfilmen, då detta är ett område inom vilket den generella kunskapsnivån fortfarande är förhållandevis låg. SSM bedömer således att SKB:s planerade program inom området för sulfidkorrosion på en övergripande nivå motsvarar myndighetens förväntningar. SSM anser dock att fortsatta studier inom området även bör inbegripa beaktandet av i vilket stadium av återmättnad bufferten befinner sig.

SSM vill även understryka vikten av att beakta en samverkan av olika korrosionsprocesser i stället för att studera processerna som isolerade företeelser, något som kan leda till att betydande korrelerade effekter negligeras. SSM ser därför positivt på fortsatt kartläggning av vattenkemin som kapseln utsätts för genom initiativet vid University of Western Ontario i Kanada då dessa typer av analyser kan ses som steg i rätt riktning då korrosionsprocesser i mer realistiska fysikaliska och kemiska betingelser beaktas i högre grad. Vidare ser SSM det som positivt att SKB ämnar beakta lokal korrosion i oxiderande miljö i en probabilistisk analys.

SSM ser även positivt på att SKB satsar vidare på elektrokemisk forskning liksom fortsatta kvantkemiska studier inom området kopparkorrosion i syrgasfritt vatten. De elektrokemiska studierna där joners, såsom klorid, påverkan på korrosionsprocessen analyseras lyfter in fler variabler att betänka vilket SSM ser som positivt. De teoretiska studierna kan leda till ökad förståelse för ytreaktivitet hos kopparoxid, vilket enligt SSM:s bedömning också är en viktig fråga.

SSM anser att extrapolation av stråldoser till lägre nivåer utan grundläggande förståelse för korrosionsmekanismer medför osäkerheter och understryker vikten av vidare

forskning för en bredare och djupare förståelse för problemställningen. Detta även för att möjliggöra korrelation med andra korrosionsprocesser i en sammantagen bedömning. SSM ser därför positivt på SKB:s fortsatta forskningsprogram inom detta område.

SSM ser positivt på att SKB fördjupar sig ytterligare i frågan kring spänningskorrosion i reducerande miljö för att kunna göra mer adekvata bedömningar rörande påverkan på kapselintegritet från denna process. SSM anser vidare att SKB:s fortsatta forskning för spänningskorrosion och andra former av lokal korrosion av koppar bör inbegripa inverkan av vattenradiolys.

5.3.2 Kopparkrypning

Här beaktas avsnitt 8.2 i Fud-2016 i vilket SKB avhandlar frågor som rör kopparkrypning.

SKB:s redovisning

SKB redovisar att processförståelsen för kopparmaterialets krypning efter förslutning är ofullständig. För fullständig analys av Kärnbränsleförvarets säkerhet efter förslutning behöver förståelsen av hur inblandning av fosfor leder till gynnsamma krypegenskaper stärkas. En förbättrad förståelse för kopparmaterialets krypning är nödvändig för att eventuellt kunna förbättra designanalysen av kapseln samt för att ställa krav på fosforhalten i kopparmaterialet i kapselns initialtillstånd. Förbättring av dels designanalysen, dels kravställning på fosforhalten i initialtillståndet ska enligt SKB göras till uppdateringen av PSAR. För att förbättra processförståelsen för kopparkrypning har SKB identifierat följande delaktiviteter: mekanistisk förståelse av fosfors inverkan, inverkan av spänningstillstånd på krypduktillit vid provning, samt kvantifiering av maximal permanent deformation av kopparkapseln efter deponering. Dessutom planerar SKB en utredning av i vilken omfattning kraftstyrda lastfall för kopparhöljet kan förekomma efter deponering av kapslar. SKB avser att hantera deformationsstyrda lastfall med elasto-plastiska modeller medan kraftstyrda lastfall kan komma att beskrivas med en krypmodell.

I Fud-program 2016 redovisar SKB att kvantkemiska beräkningar har genomförts för att undersöka hur fosfor interagerar med vakanser och andra föroreningsatomer i koppargittret. Resultatet från dessa beräkningar visar att fosfor kommer att minska bildning av vakanser i korngränserna. Experimentella studier har emellertid inte bekräftat att fosforhalten vid korngränserna är högre jämfört med inuti kornen. SKB:s hypoteser gällande korngränsglidning i syrefri koppar med och utan fosfor har vidare inte kunnat bekräftas experimentellt. Mekanismen att fosfor påverkar bildning av kaviteter anses fortfarande vara aktuell då en högre spänning behövs för att bilda kaviteter om fosfor förekommer vid korngränserna. SKB har tagit fram en ny modell som bygger på att kedjor av dislokationer bildas vid korngränserna. På grund av den snabba diffusionen av fosfor i korngränserna krävs det väsentligt högre mekanisk spänning för att bilda kaviteter i koppar med fosfor än utan. SKB har även genom termodynamiska beräkningar visat att stabiliteten för kopparoxider är lägre jämfört med fosforinnehållande kopparföreningar som fosfater. Det syre som förekommer i koppar legerat med fosfor kommer därför att föreligga som kopparfosfat och inte som kopparoxid.

För att ytterligare förbättra förståelsen av fosfors inverkan på kopparmaterialets krypegenskaper avser SKB att fortsätta arbetet med kvantkemiska beräkningar och med

provstavsprovning. De kvantkemiska beräkningarna inriktas på att inkludera interaktion med korngränser samt diffusion. Ytterligare avses att med förfinade kemiska metoder kunna fastställa hur kopparatomer är fördelat i kopparmaterialet och speciellt vid dess korngränser. Termodynamiska beräkningar kommer även att fortsätta utföras för att visa stabiliteten av olika fasta faser med fosfor och förekommande föroreningsatomer i koppar. Krypprovning på provstavar planeras vidare att fortsätta på framför allt syrefri koppar utan fosfor, detta för att öka förståelsen av fosfors inverkan på mikroskopisk nivå. Ett doktorandarbete har även initierats på KTH med syftet att studera hur dislokationsbildning i koppar bildas under plastisk deformation.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB avser att fortsätta med forskningsprogrammet avseende kopparkrypning. Processförståelsen av kopparkrypning är en mycket viktig del för att en heltäckande analys av Kärnbränsleförvarets säkerhet efter förslutning ska kunna genomföras. SSM anser här att SKB:s forskningsprogram tar upp viktiga ingredienser och att studierna innehåller betraktelse på atomär, mikroskopisk och makroskopisk nivå, vilket är viktigt för fördjupad processförståelse. Utöver det planerade programmet anser SSM att SKB:s fortsatta arbete även bör beakta hur omgivande miljö genom vätebildande korrosion kan påverka kopparmaterialets krypegenskaper.

SSM anser vidare att SKB även bör rikta forskningsinsatser mot att förbättra processförståelsen på så sätt att den stora inverkan som fosfor visats ha för krypduktiliteten för syrefri koppar vid korta provtider med mindre osäkerhet ska kunna extrapoleras tiotusentals år i framtiden. Dessutom anser SSM att SKB, utöver den planerade forskningen kring krypduktilitet under kommande Fud-period, även bör försöka identifiera alternativa angreppssätt för att minska osäkerheten vid bedömning av krypduktilitet hos koppar efter mycket lång tid. SSM håller med SKB om att vidare analys av i vilken omfattning laststyrda fall förekommer efter deponering av kapslarna är speciellt viktigt för att verifiera kopparhöljets täthetsfunktion som dess korrosionsskyddande förmåga.

SSM ser vidare positivt på att SKB fortsätter med termodynamiska beräkningar för att dels inkludera mer utsträckta defekter i koppar, dels studera inverkan av andra spårämnen i kopparn för att kartlägga stabiliteten i olika faser av koppar innehållandes fosfor och dessa spårämnen. Då SSM anser att det finns en betydande risk för att kopparoxid kan bildas vid tillverkning av ingående delar till kapselns kopparhölje, exempelvis vid extrudering av kopparrör, smide av kopparlock eller friktionssvetsning av kopparlock till extruderat rör, bör studier av dessa kopparoxider och dess eventuella inverkan på krypning i kopparmaterialet vidare beaktas i planerade forskningsaktiviteter inom området.

5.3.3 Konstruktion

Här beaktas avsnitt 8.3 i Fud-2016 i vilket SKB avhandlar frågor som rör konstruktion av kapseln. Även 5.5.2 Konstruktion och tillverkning innefattas här liksom i avsnitt 6.3.4 i denna rapport.

SKB:s redovisning

SKB anger att designanalysrapporten för kapseln i huvudsak ska vara slutförd till PSAR. Detta innebär bland annat att design- och defektanalyser behöver uppdateras baserat på uppdaterade konstruktionsförutsättningar. För att lyckas krävs enligt SKB en uppdaterad materialmodell för insatsens gjutjärn och ytterligare processförståelse för att fastlägga erforderliga krav på väte, syre, svavel och fosfor i kapselkoppor och krav på kopparhalten i insatsens gjutjärn. SKB anger vidare att det är viktigt att de tillverkningsmetoder som tas fram för tillverkning av kapseln (insats och koppardelar) behöver finnas utvecklade och fungerande i industriell skala. Kraven på kapselns mekaniska egenskaper och defektstorlekar har formulerats deterministiskt baserat på konstruktionsförutsättningar, resultat från tillverkning och provning av kapselkomponenter, samt materialstandarder. För att värdera kapselns robusthet har SKB även genomfört probabilistiska analyser av såväl det isostatiska lastfallet som skjuvlastfallet. Trots att de mekaniska belastningarna varierar mellan delar av kapseln i slutförvaret har inte kraven på kapseln i någon stor utsträckning anpassats för detta. Dessutom resulterar tillverkningsprocesserna i såväl en systematisk som en stokastisk variation av egenskaper och defekter. SKB arbetar nu med att mildra kravbilderna med avseende på materialegenskaper och tillåtna defektstorlekar för kapselns insats genom mer detaljerade analyser. Skjuvlastfallet är i flera avseenden dimensionerande för kraven på kapseln. Därför ägnas skjuvlastfallet särskild uppmärksamhet för att erhålla så välanpassade krav på kapseln som möjligt. Bland annat beaktas lägre bentonitstyvhet och defekternas djup/längdförhållande. Dessutom håller ett program för att ytterligare motivera användandet av brottseghet som erhålls vid 2 mm stabil sprick-tillväxt i en provstav liksom för att undersöka hur brottseghet och duktilitet påverkas av förkomprimering av segjärnet att genomföras. Vad gäller kopparhöljet pågår arbete med att fastställa vilka maximala deformationer som kopparhöljet kan utsättas för efter deponering.

SKB anger att förståelsen för hur väte lagras i koppar och hur det frigörs behöver förbättras. Detta för att mer tillförlitligt kunna tolka experiment om korrosion i syrgasfritt vatten och för att kunna utvärdera om, och i så fall hur, vätet påverkar materialegenskaperna i kopparmaterial. Ett antal nya resultat avseende lagring av väte i koppar har rapporterats i litteraturen men dessa är enligt SKB för tvetydiga för att kunna tillämpas på kopparkapseln i Kärnbränsleförvaret. SKB avser emellertid att genomföra förnyade insatser för att undersöka om, och i så fall hur, väte, bildat genom korrosionsprocesser eller radiolys, skulle kunna påverka de mekaniska egenskaperna generellt och krypegenskaperna i synnerhet. För att minska risken för väteförsprödning bedrivs arbete med att minska förekomsten av oxidpartiklar i svetsen.

Försprödning av insatsen genom utskiljning av kopparpartiklar via interaktion av gamma- och neutronstrålning behöver studeras vidare för att kunna ställa krav på maximal kopparhalt i kapselns insats. Resultat från forskning har visat att strålningens inverkan är lägre än vad som förutspås av de modeller som används för att bedöma denna effekt. För att säkerställa att kraven på maximal halt av koppar är ändamålsenliga planerar SKB fortsatt arbete för att studera utfällning av kopparpartiklar och efterföljande försprödning av segjärnet. Även eventuell inverkan av strålning på kanälrören av stål och så kallade ”late blooming phases” i insatsen kommer då att beaktas.

SSM:s bedömning

SSM anser att de av SKB valda tillverkningsmetoderna för kapselns olika delar medför att variationer i materialegenskaper och defektbildningar med stor sannolikhet kommer

att förekomma, vilket är viktigt att beakta i designanalysen. SSM anser vidare att användning av stabil spricktillväxt vid beräkning av skadetålighet för insatsen även bör innefatta den inneboende spridning i materialegenskaper som erhålls vid gjutning av insatsen. SSM anser att SKB utöver det planerade arbetet även bör rikta insatser mot att försöka identifiera alternativa angreppssätt för att minska osäkerheten av varierande materialegenskaper och förekomst av tillverkningsdefekter.

SSM anser att kunskapsläget bör förbättras avseende inträngning av väte i koppar som en följd av vätgasutvecklande korrosion och hur denna process påverkar kapselns integritet efter förslutning. SSM vill understryka vikten av att SKB intensifierar sitt pågående arbete inom detta område och ser positivt på att förnyade insatser ämnas göras i kommande program. SSM är vidare positiv till att SKB avser fortsätta forskning av gamma- och neutronförsprödning av insatsen men att man även vid inverkan av utskiljning av kopparpartiklar beaktar förändringen av segjärnets förmåga till stabil spricktillväxt. SSM anser vidare att SKB vid kravställning av maximal kopparhalt i insatserna bör ta hänsyn till att tillverkningsprocessen kan medföra att koppar blir inhomogent fördelad.

5.3.4 Tillverkning

Här beaktas avsnitt 8.4 i Fud-2016 i vilket SKB avhandlar frågor som rör tillverkning av kapseln. Även 5.5.2 Konstruktion och tillverkning och 5.5.3 Kontroll och provning innefattas här.

SKB:s redovisning

SKB anger att produktion av kapselkomponenter ska ske mot definierade tillverkningskrav. Tillverkningskraven är formulerade så att de acceptabla värdena på designparametrarna som anges för kapselns referensutförning uppfylls. För kopparkomponenterna planerar SKB att utreda kravet på medelkornstorlek i kopparkomponenterna vilket kan medföra att ett tilläggskrav rörande ljuddämpning kan behöva definieras, detta för att tillförlitlighet vid efterföljande tillverkningskontroll med ultraljudprovning ska kunna säkerställas. SKB planerar vidare att validera beräkningar som ligger till grund för de framräknade tillåtna defekterna för koppardetaljer med lämpliga praktiska experiment. SKB planerar att utreda och förbättra strategin för hur kvalitets-säkring av fosforhalten och övriga specifikationer av den kemiska sammansättningen i kopparkomponenterna, liksom erhållande av jämnare kornstorlek, ska ske. SKB har även för avsikt att utveckla smidesprocessen av kopparlock för att minska spridningen i duktilitet och kornstorlek i färdig produkt samt minimera risken för smidesveck. Därtill överväger SKB att utreda och om möjligt besluta om att välja dornpressning som en referensmetod för tillverkning av kopparrör med integrerad botten.

För segjärnsinsatserna har SKB observerat att de mekaniska egenskaperna varierar mellan och inom segjärnsinsatser vilket kan kopplas till materialets mikrostruktur och eventuella defekter som porer och oxidiska inneslutningar. SKB har vidare utvecklat en konstitutiv modell för spänningstillståndets inverkan på segjärnets beteende under deformation med hänsyn till grafiten i segjärnet. För att utreda variation i materialegenskaper avser SKB att genomföra en utökad variansanalys. För segjärnet utreds vidare hur mikrostrukturen med avseende på perlithalt, modulstorlek etc. ska omfattas av tillverkningskrav. SKB avser att arbeta vidare med att utforma tillverkningskraven samt vidareutveckla SKB:s strategi för

att verifiera tillverkningskraven för insatsernas initialtillstånd. SKB har även för avsikt att utreda hur kvalificering av insatstillverkningen ska kunna genomföras.

Friktionsomrörningssvetsning (FSW, Friction stir welding) valdes 2005 som referensmetod för förslutning av kapseln efter en utvärdering mot den alternativa tekniken elektronstrålesvetsning. Under arbetet med att förstå bildandet av oxidpartiklar i friktionssvetsen har gasskyddet förbättrats till att vara komplett runt hela foglinjen under hela svetssekvensen. Utvecklingsarbete har även genomförts för att minska foglinjeböjningen. SKB kommer att fortsätta fördjupa kunskapen om svetsprocessens stabilitet generellt genom systematiska studier med avseende på störningar i process och inkommande komponenter såsom till exempel tillverkningsstoleranser mellan lock och rör samt när fogytorna inte är helt i kontakt med varandra.

SSM:s bedömning

SSM noterar att SKB har fortsatt att utveckla tillverkningsprocesserna för ingående kapselkomponenter som ett led i sitt optimeringsarbete. Dessutom har arbete med att ta fram en ny referensmetod för tillverkning av kopparröret i kapseln, så kallad dornpressning, inletts, vilket innebär att kopparrör med integrerad botten kan tillverkas. SSM har svårt att se en samlad bild av när de utvecklingssteg vid tillverkning av kapselns olika komponenter som SKB avser att ombesörja innan provdrift respektive rutinmässig drift av slutförvaret är planerade att ske. SSM konstaterar att det i Fud-program 2016 saknas en tidplan som redovisar utveckling av tillverkningsprocesserna och efterföljande kvalificering av dessa i industriell skala. SSM bedömer att en principiell tidplan behöver tas fram som gör troligt att initialtillståndet kan förväntas att uppnås vid tidpunkten för rutinmässig drift. Kvalificeringen av tillverkningsprocesserna med exempelvis variation i materialegenskaper och defektbilder utgör enligt SSM grunden till SKB:s fortsatta arbete med designanalysen och skadetålighetsanalyserna som enligt SKB ska vara slutförd till PSAR.

5.4 SSM:s samlade bedömning

SSM bedömer att SKB i Fud-program 2016 har redovisat en lämplig sammanfattning av det arbete som ligger till grund för fortsatt arbete att etablera ett slutförvarssystem för använt bränsle. SSM bedömer också att SKB i programmet presenterat en rättvisande redovisning av hur fortsatt utvecklingsarbete planeras genomföras. Avseende förutsättningar i övrigt för uppförande och drift av anläggningar i slutförvarssystemet hänvisar SSM till pågående granskning av SKB:s ansökningar.

Avseende använt kärnbränsle bedömer SSM att SKB:s redovisning av framtida insatser på processförståelse är väl motiverat och omfattar relevanta frågor som kräver fördjupad förståelse för att minimera osäkerheten i konsekvensanalysen.

SSM bedömer vidare att SKB:s planer för fortsatt arbete avseende såväl resteffekt och bränslemätning som åldringsfrågor förefaller vara ändamålsenlig. SSM bedömer även att fortsatt arbete avseende icke-reguljära kärnbränslen är ändamålsenligt. SSM bedömer i anslutning till detta att SKB under kommande Fud-period behöver fokusera på frågeställningar kopplade till hantering av skadat bränsle. SSM bedömer också att SKB i Fud-program 2016 har redovisat en godtagbar plan för fortsatt arbete med kriticitetssäkerhetsanalyser och att planerade insatser innebär ett aktivt arbete för att säkerställa kompetens på området.

SSM bedömer att SKB:s satsningar och omfattande forskning inom området bränsleupplösning samt radionuklidspeciering och lösligheter är ändamålsenliga. SSM anser att genomföra doktorandprojekt vid svenska lärosäten och att utnyttja den svenska infrastruktur som finns i Studsvik, och samtidigt ha aktivt internationellt arbete. SSM bedömer dock att SKB bör fortsätta sträva efter en systematisk och ömsesidigt konsistent förståelse av mekanismerna med syfte att minimera osäkerhet i kvantifieringen av bränsleupplösning i säkerhetsanalysen.

Avseende kopparkapseln anser SSM att SKB i Fud-program 2016 har redovisat en godtagbar forskningsplan för fortsatt arbete med frågor som rör kopparkorrosion.

SSM ser positivt på att SKB fortsatt ämnar fördjupa sin forskning kring lokal korrosion i reducerande miljö, och i synnerhet med koppling till uppkomst av lokal korrosion. SSM bedömer också att SKB:s planerade program avseende sulfidkorrosion på en övergripande nivå motsvarar myndighetens förväntningar, men vill samtidigt betona vikten av att beakta buffertens återmättnadsprocess för att kunna uppskatta riskerna för lokal korrosion.

SSM vill även understryka vikten av att beakta en samverkan av olika korrosionsprocesser i stället för att studera processerna som isolerade företeelser. SSM ser därför positivt på fortsatt kartläggning av vattenkemin i samarbetet med University of Western Ontario i Kanada. SSM ser också positivt på att SKB ämnar beakta lokal korrosion i oxiderande miljö i en probabilistisk analys.

SSM ser positivt på att SKB fördjupar sig ytterligare i frågan kring spänningskorrosion i reducerande miljö med hänsyn till påverkan på kapselns integritet, och anser att SKB:s fortsatta forskning inom lokal korrosion bör inbegripa inverkan vattenradiolys.

6 Transportsystemet

En konsekvens av avställningen av reaktorerna Oskarshamn 1 och 2, Ringhals 1 och 2, i kombination med planerad idrifttagning av utbyggt SFR och slutförvarssystemet för använt kärnbränsle, är att transportsystemet får en viktigare roll än tidigare. SSM har därför valt att samla synpunkter på SKB:s redovisning kopplat till transportsystemet i ett särskilt (detta) kapitel. SSM:s synpunkter nedan integrerar synpunkter på redovisningen i Fud-program 2016 i avsnitt 2.3, 3.1, 3.3.4, 3.4.5, 5.3.4, 6.5.3, 7.4, 8.4.2 och 14.2.1.

SKB:s redovisning

Transportsystemet består av fartyget m/s Sigrid, specialfordon för landtransporter och olika typer av transportbehållare för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Fartyget och fordonen används både för transporter av låg- och medelaktivt avfall och för använt kärnbränsle.

SKB beskriver översiktligt transportsystemet i avsnitt 2.3 vilket utgör del av den övergripande beskrivningen av avfallssystemet i sin helhet. Därutöver återfinns i Fud-rapporten korta beskrivningar som berör transportverksamhet i anslutning till beskrivningar och redogörelser för de olika verksamheterna.

SKB redogör för att avställningen av reaktorerna O1, O2, R1 och R2 medför att en större mängd använt bränsle kommer att transporteras till Clab tidigare än beräknat. SKB redovisar också att avställningen innebär att rivning av de första sju reaktorerna kommer att påbörjas innan SFR-utbyggnaden tas i drift för deponering av avfall. SFR-utbyggnaden beräknas att tas i drift 2028, och enligt nuvarande planer kommer Kärnbränsleförvaret att tas i drift snart därefter, 2030. Detta kommer att medföra en ökad belastning på transportsystemet. Dels eftersom inkapslat kärnbränsle ska transporteras till Kärnbränsleförvaret men också för att kärnavfall som mellanlagrats vid kärnkraftverken ska transporteras till SFR. SKB konstaterar i anslutning till detta att det finns tillräcklig kapacitet i transportsystemet för att med god planering kunna hantera den ökade belastningen.

SKB redogör vidare för att nuvarande behållare för transport av använt kärnbränsle från kärnkraftverken till Clab/Clink behöver bytas ut för att uppfylla moderna krav. Ett avtal har tecknats med en amerikansk leverantör som innebär att *nya transportbehållare för använt kärnbränsle* kommer att kunna levereras under perioden 2019 till 2021.

En ny behållare för *transporter av inkapslat kärnbränsle (KTB)* kommer att tas fram tills det att systemfunktionsprovning behöver genomföras, i nuläget ca 2025, inför det att samfunktionsprovning av hela KBS-3-systemet genomförs.

Transportsystemet behöver också kompletteras med en behållare för transport av långlivat avfall, avsett för slutförvaring i SFL. Även i detta fall har ett avtal tecknats med en amerikansk leverantör och nuvarande planering innebär att *nya transportbehållare för långlivat avfall, ATB 1T*, kommer att levereras 2020.

SKB anger också att visst avfall kan, om det anses motiverat, transporteras utanför SKB:s system, som till exempel större komponenter såsom hela reaktortankar.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun uppmärksammar att visst avfall kan komma att transporteras utanför SKB:s transportsystem, och efterfrågar tydligare information om de bakomliggande orsakerna till detta. Kommunen önskar också en utförligare beskrivning av hur stora mängder avfall som kan komma att transporteras utanför SKB:s system.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning kopplat till transportsystemet på ett rättvisande sätt beskriver pågående och planerade verksamheter. 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.

SSM bedömer ändå att nästkommande Fud-program bör kunna utvecklas avseende redovisningen av transportsystemet och transportverksamheten. SSM instämmer i synpunkter som framförts av *Östhammars kommun*, och bedömer att transportverksamheter som planeras att genomföras utanför SKB:s system borde beskrivas mer i detalj, eftersom sådana transporter kommer att vara mer av engångskaraktär och inte genomföras inom ramen för redan etablerade och välkända verksamheter.

SSM bedömer också att SKB utifrån ett systemperspektiv borde fördjupa redovisningen avseende transportlogistik och transportsystemets kapacitet i nästkommande Fud-program, för att underbygga slutsatsen att det finns tillräcklig kapacitet för att kunna hantera den ökade belastningen på systemet. Inte minst i syfte att ge SSM och utomstående möjlighet att värdera transportsystemets kapacitet vid bedömning av rimligheten i tidsplaner för borttransport av använt kärnbränsle och kärnavfall från avvecklingen av reaktorer.

7 Kärnämneskontroll

7.1 Övergripande

SKB:s redovisning

I ansökan om Kärnbränsleförvaret har SKB valt att (SKBdoc 1172138) redovisa en helhetsbild av hur en tänkt kärnämneskontroll ska ske från mottagning och inkapsling vid Clink via transporten till slutförvarsanläggningen och till den slutliga deponeringen. Detta är en avgörande skillnad mot redovisningen i Fud-program 2016, som presenterar utvecklingen av varje system för sig och som därmed inte ger samma helhetsbild. I Fud-program 2016 fokuserar SKB:s redovisning inom kärnämneskontroll primärt på projekt för att karaktärisera kärnbränsle.

I Fud 2016 framgår översiktligt att SKB arbetar med att stödja forskning bl.a. i form av doktorandprogram. SKB deltar också i internationella grupper så som IAEA:s arbetsgrupp Astor som ett led i arbetet med kärnämneskontrollen.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB har ett program för kärnämneskontrollen och de insatser som genomförs inom speciellt verifieringsmätningar av kärnbränsle. SSM anser dock att SKB behöver utveckla en mer översiktlig bild av kärnämneskontrollen. Speciellt hur hanteringen av kärnbränslet från verifiering till dess att det placerats i slutförvaret kan ske på ett sätt som uppfyller internationella krav (t.ex. att bibehålla kontroll/kunskap om kärnbränslet efter verifiering, s.k. ”Continuity of Knowledge”). Detta inbegriper krav på transportbehållaren. Denna utveckling bör ske i dialog med SSM och de internationella kontrollorganen.

SSM anser vidare att SKB redan nu bör översiktligt ta med krav från kärnämneskontrollen när det gäller planeringen av slutförvaret för långlivat avfall (SFL), eftersom den anläggningen även kommer att ta emot kärnämne. Frågor att ta hänsyn till är hur kärnämneskontrollen eventuellt påverkar utformning och lokalisering av anläggningen och konditioneringen av avfallet.

SSM noterar att SKB i Fud-program 2016 (i likhet med Fud-program 2013) inte, eller mycket sparsamt, redovisar de resultat som tagits fram i forsknings- och utvecklingsarbetet under perioden. I framtida redovisningar önskar SSM att SKB översiktligt beskriver resultat från forsknings- och utvecklingsarbetet inom kärnämneskontrollen.

SSM anser det positivt att SKB:s personal deltar direkt i olika samarbetsorgan för att hålla sig uppdaterad över hur de internationella kraven växer fram för slutförvar. SSM noterar dock att SKB:s forskning inom kärnämneskontroll är begränsad med undantag för projektet för verifieringsmätningar för kärnbränsle, vilket även begränsar kompetensförsörjningen. SSM anser att SKB bör överväga att bredda forskningen och därmed kompetensförsörjningen inom kärnämneskontroll.

7.2 Slutförvaret för långlivat avfall (SFL)

SKB:s redovisning

SKB redovisar i den övergripande handlingsplanen att platsvalsprocessen för SFL inleds ca 2020 och att SKB planerar att välja plats för slutförvaring av det långlivade avfallet ca 2028. SKB öppnar också för möjligheten att dela upp SFL i två förvar på olika platser och kanske även för samlokalisering med andra slutförvar med samutnyttjande av ramp och schakt. Det framgår dock inte i Fud-program 2016 om en eventuell samlokalisering avser slutförvaret för kortlivat avfall (SFR) eller slutförvaret för använt bränsle.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att det idag förvaras kärnämne i bergrumslagret AM i Studsvik och att detta står under internationell kontroll. Det består av uran (det mesta utarmat) och torium, som förekommer företrädesvis i bulkform. SSM tolkar SKB:s planer som att detta material ska slutförvaras i SFL tillsammans med övrigt långlivat avfall. Även om materialet är mindre känsligt från icke-spridningssynpunkt jämfört med det använda kärnbränslet kommer det att innebära att SFL behöver vara under internationell kontroll.

Kärnämneskontrollens särskilda karaktär kan komma att medföra speciella utmaningar om olika slutförvarsanläggningar skulle lokaliseras i närheten av varandra. SSM anser därför att SKB redan i förstudiearbetet för att lokalisera SFL ska beakta kärnämneskontrollen, bland annat med hänsyn till anläggningens lokalisering, hur material kan verifieras innan konditionering, hur avfallsbehållare ska kunna identifieras och spåras, mm. SSM noterar från SKB:s planer att konditionering av avfallet från bergrumslaget AM kan komma att ske innan SFL har tagits i drift. SSM anser därför att SKB redan under nästa Fud-period behöver inleda ett arbete i syfte att utveckla en process för hur det aktuella kärnämnet kan verifieras innan konditionering.

7.3 Slutförvarssystemet för använt kärnbränsle

SKB:s redovisning

SKB har sammanfattat utvecklingsbehoven för kärnämneskontrollen främst i avsnitt 7.6, som en del av forskningsbehoven för kärnbränslet. Här nämner SKB översiktligt vilka moment i kärnämneskontrollen de ser framför sig för de två anläggningarna, Clink och Kärnbränsleförvaret. SKB beskriver att de har identifierat två huvudsakliga utvecklingsbehov inom kärnämneskontrollen, verifiering av kärnbränsle och verifiering av kapseln.

SKB beskriver utförligt sitt arbete med att utveckla metoder för att verifiera parametrar hos kärnbränslet, bl.a. för att fastställa resteffekten. Här stöttar SKB forskningsinsatser för verifiering av kärnbränsle, i samarbete med Uppsala universitet och Los Alamos National Laboratory, USA. Efter det att mätningar gjorts i inkapslingsanläggningens verifieringsposition anger SKB att kärnbränslet placeras så att det inte kan förväxlas med overifierat kärnbränsle men hänvisar inte till något särskilt utvecklingsarbete inom området.

Vidare anger SKB att enskilda kapslar och deras innehåll ska kunna identifieras och att det ska gå att verifiera att anläggningen byggs enligt ritningar. SKB nämner forskningsinsatser om märkning och identifiering av kopparkapslar. Likaså beskriver SKB att kapseltransportbehållaren skall kunna förses med sigill.

SKB hänvisar till att de deltar i diskussioner med de internationella kontrollorganen om anläggningsbeskrivningar (Base Technical Characteristics, BTC) och i IAEA:s arbetsgrupp Astor.

Remissinstansernas synpunkter

Som redovisats ovan i avsnitt 2.3.3 vill *Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (Swedac)* med sitt remissyttrande påvisa fördelar med att använda ackrediterade kontrollformer i stället för ny-utveckling av system i olika former. Swedac anger mer specifikt att organ exempelvis kan ackrediteras för uppgifter inom kärnämneskontroll enligt programmets avsnitt 7.6 dvs. administrativa system för redovisning av kärnämne och var det finns placerat, samt tekniska system för kontroll och bevakning av att det inte avleds.

Stockholms universitet anser med hänvisning till redovisningen i avsnitt 7 i Fud-programmet att det är bra att det finns stort fokus på att säkerställa att bränsle eller bränsleavfall inte kommer på avvägar och på olika förslag på hur man verifierar avfallsets integritet.

SSM:s bedömning

SSM anser att SKB bör klargöra om de beräkningsmodeller som enligt redovisningen uppgraderas för att bättre ta fram nukleidinnehållet i bestrålat bränsle, även kan användas för kärnämneskontrollen.

SSM bedömer, liksom i granskningen av Fud-program 2013, att SKB:s utveckling av mätmetoder för använt kärnbränsle ger SKB möjlighet att möta dagens och framtida krav på verifiering. SSM ser positivt på att SKB avser slutföra denna utveckling inom nästa Fud-period, men anser att det saknas en redovisning av vad som hitintills uppnåtts. SSM anser också att SKB i kommande Fud-perioder bör översiktligt undersöka vilka mätmetoder som passar icke-typiska kärnbränsleelement, speciellt bränslerester från Studsvik. Detta för att försäkra sig om att det inte innebär påverkan på designen av Clink.

SSM anser, liksom i granskningen av Fud-program 2013, att SKB ska medverka till att ta fram metoder för att försäkra ”Continuity of Knowledge”. SSM konstaterar att SKB gjort vissa begränsade insatser under perioden genom stöd till JRC Ispra för märkning av kopparkapseln. SSM anser dock att SKB i kommande Fud-period behöver utveckla modeller för hur det ska säkerställas att ingen förväxling kan ske av kärnbränslet efter verifieringsmätningar fram till placering i slutförvar. Hanteringen i Clink kommer vara komplex, speciellt med tanke på att det kommer vara möjligt att återta kapslar. SSM anser vidare att SKB under nästa Fud-period bör utveckla metoder för hur kapseln kan märkas med minimal påverkan på den långsiktiga säkerheten.

SKB redogör inte för om utvecklingsarbetet avseende transportbehållaren för inkapslat kärnbränsle omfattar behov av att säkerställa att sigill kan användas. SSM bedömer det som viktigt att SKB inkluderar relevanta krav på kärnämneskontroll i utvecklingen av transportbehållaren.

SSM konstaterar att SKB genomfört vissa begränsade insatser med att ta fram procedurer för kärnämneskontroll för ett slutförvar där utgrävning, deponering och återfyllnad sker samtidigt, enligt synpunkter lämnade i granskningen av Fud 2013. Diskussioner har förts med IAEA och EU-kommissionen om Draft BTC. SSM bedömer att detta arbete bör intensifieras under kommande Fud-period.

SSM vill i övrigt påpeka att IAEA:s modeller för kontrollen av ett kärnbränsleförvar bygger på att det finns en s.k. ”restricted zone” där inga aktiviteter får ske inom området (såväl på ytan som under jord), förutom utgrävning av tunnlar för Kärnbränsleförvaret, deponering av kopparkapslar och återfyllnad.

SSM konstaterar att SKB inte redovisar några insatser i det internationella arbetet för att ta fram krav på kärnämneskontroll efter förslutning av ett slutförvar, vilket myndigheten ansåg behövas i granskningen av Fud 2013. SSM anser att SKB mer aktivt ska verka för att sådana krav utvecklas.

SSM instämmer i SKB:s bedömning att forskning och utveckling inom området kärnämneskontroll fortsatt bör ske i dialog med SSM och de internationella kontrollorganen. Arbetet bör inbegripa anläggningsbeskrivningar, BTC, för inkapsling och slutförvar samt transportbehållaren utan att för den skull förlora helheten.

SSM noterar SKB:s redovisning i avsnitt 3.4.3 om åtgärder för att öka lagringskapaciteten i Clab genom att segmentera och kompaktera styrstavar från BWR-reaktorer som för närvarande lagras i anläggningens förvaringsbassänger. SKB anger som en möjlighet att föra ut styrstavarna från lagringsdelen för segmentering och tätpackning och därefter antingen föras tillbaka till förvaringsdelen eller transporteras till ett mellanlager på annan plats. SSM bedömer att frågan om att föra ut material från förvaringsutrymmet och eventuellt vidare ut från anläggningen är frågor som behöver tas upp i dialog med de internationella kontrollorganen. Eftersom det kompakterade materialet planeras att slutförvaras i SFL, kan även utvecklingsarbetet för den anläggningen påverkas av dessa beslut.

SKB noterar också SKB:s beskrivning om att ett projekt startats upp med målsättningen att ta hand om allt skadat kärnbränsle vid anläggningarna. Hanteringen innebär att bränslestavarna kapas, torkas och kapslas in i speciella hylsor i en hotcell, vilket även är planerat att ske på Clab. SSM konstaterar att ett sådant förfarande kan innebära att utrustning för att hantera enskilda stavar installeras på Clab. SSM vill framföra att även detta kan förändra förutsättningarna för systemet för kärnämneskontrollen vid Clab.

SSM vill med anledning Swedacs remissynpunkt förtydliga att SSM av regeringen har i uppdrag att utöva tillsyn av kärntekniska verksamheter, inklusive tillsyn inom kärnämneskontroll. Kärnämneskontrollen syftar till att Sverige uppfyller internationella överenskommelser i syfte att förhindra spridning av kärnvapen. Att Sverige - och svenska anläggningar - efterlever dessa överenskommelser (Icke-spridningsfördraget och Euratomfördraget) övervakas av de internationella kontrollorganen IAEA och Euratom. Denna kontroll kan inte delegeras till en nationell organisation.

8 Slutförvarsgemensam forskning och teknikutveckling

8.1 Cementbaserade material

I detta avsnitt redogörs för SKB:s forskningsinsatser för att öka förståelsen kring funktionen hos cementbaserade material i slutförvarsmiljö och dess förändring under tiden efter förslutning.

8.1.1 Utveckling efter förslutning

SKB:s redovisning

SKB redovisar forskning- och utvecklingsinsatser kring cementmaterial för:

- Påverkan från grundvatten
- Modelleringsstudier av gastransport
- Påverkan från nedbrytning av organiskt avfall
- Påverkan från korrosion av metalliskt avfall
- Påverkan från bentonit
- Inverkan av tillsatsmaterial
- Påverkan från frysning
- Påverkan från inre och yttre laster.

SKB har genomfört experimentella och modelleringsstudier för att fördjupa förståelsen kring degraderingsprocesser av betong. Dessa studier har lett till att betongbarriärens hydrauliska, kemiska och masstransportegenskaper har kunnat utvärderas som en funktion av tid. Påverkan av grundvattnet har studerats inom ramen för det internationella samarbete LCS (Long term Cement Studies) som drivs av Nagra. Chalmers tekniska högskola har också genomfört studier om artificiellt åldrande av cementmaterialets egenskaper.

Genom modellering av kopplade kemiska, hydrauliska och mekaniska processer planerar SKB att utvärdera utvecklingen av betongfyllningen i bergsalen för hårdkomponenter i slutförvaret för långlivat avfall (SFL). Sambandet mellan naturliga lakningsprocesser och forcerade lakningsexperiment i laboratorium kommer också att bli föremål för fortsatta studier. Mikroskopiska och makroskopiska strukturer i betongprover kommer också att analyseras.

Gasproduktionen från korrosion av metaller och mikrobiell aktivitet påverkar den strukturella integriteten hos slutförvarsbetongbarriärerna. Modellering av tvåfasflöde genom bergssalen för medelaktivt avfall 2BMA i SFR kommer att genomföras. Gällande SFL kommer uttransport av gas genom betong, bentonit och berg att studeras med hjälp av modelleringsinsatser.

Förändring av provvattnets kemiska sammansättning samt cementmineralernas sammansättning kan påverka betongbarriärens förmåga att begränsa utsläpp från slutförvaret. Därför kommer projektet Concrete Clay på Äspö att drivas vidare och fokusera på påverkan från nedbrytningsprodukter av olika typer och även på att förbättra förståelsen för själva nedbrytningsprocesserna. Projektet Concrete Clay innefattar analys av hur

korrosionsprodukter från järn, koppar, aluminium och zink diffunderar i cementmatrisen samt hur dessa påverkar bl.a. CSH-gelfas i betongen. De aktuella resultaten visar en mycket begränsad spridning av korrosionsprodukter i betong under en tidsram på ca fem år.

Interaktionen mellan bentonit och cement är relevant för barriärfunktionerna i Silon i SFR. Olika prover med portlandcement eller låg-pH-cement och bentonit har deponerats på Äspö och planeras återtas vid olika tidpunkter. Det internationella projektet Cebama studerar också interaktionen mellan cement, leror samt bergarter och kommer att pågå fram till 2019.

Silika, finmald kalksten eller flygaska tillsätts cementmaterial för att uppnå vissa materialegenskaper på färsk eller härdad betong, för att minska materialets miljöpåverkan och kostnaderna. Under den kommande Fud-perioden kommer modelleringsstudier av förändringar i bindemedelsammansättning på grund av tillsatsmaterial att genomföras.

Betongmaterialets porstruktur och vattensammansättning bestämmer vid vilken temperatur porvattnet fryser. Det inre trycket vid frysning kan orsaka sprickbildning i betongen. Studier av påverkan av permafrost på betongens egenskaper i SFR har genomförts mellan 2007 och 2013. Resultat visar att en tillräckligt stor andel av porvattnet i betongen har frusit vid -3° till -5°C och kan därför orsaka allvarliga skador i betongen vid dessa temperaturer. Om betongen inte ges utrymme för expansion, som är fallet vid permafrostförhållande, är skadorna sannolikt mera begränsade. Även tidpunkten för frysning efter förslutning under degraderingsprocesserna i betongen kan vara betydelsefull för effekten av frysning på betongegenskaperna. En studie på Chalmers tekniska högskola visar att frysning har större inverkan på kapillärporerna än på gelporer. Denna studie kommer att fortsätta med fokus på porositetsutveckling i betongen under lakningsprocessen och hur denna korrelerar till tillgängliga resultat från långtidsmodellering av betongdegradering.

Gällande påverkan av inre och yttre laster på betongkonstruktioner kommer SKB att genomföra sprickriskberäkningar samt undersöka gränser för sprickbildning och spricktillväxt. De inre och yttre lasterna innefattar t.ex. gastyckbildning respektive bergutfall.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun noterar SKB:s redovisning av utvecklings- och forskningsarbete kring inverkan av tillsatsmaterial i cement, och att tillsatsmedel också kan påverka hur material beter sig efter förslutning. Med hänvisning till SKB:s beskrivning av fortsatt program önskar kommunen en tydligare programredovisning.

Kommunen noterar också redogörelsen för studierna (Emborg et al. 2007, Thorsell 2013) som antyder att frysning av betongen vid -3° till -5°C kan resultera i allvarliga skador för betongen. Kommunen noterar också att en annan studie (Tang och Bager, 2013) inte kunnat bekräfta dessa resultat. Kommunen efterfrågar en förklaring till detta.

Länsstyrelsen i Kalmar län framför att man saknar uppgift om de cementbaserade konstruktionernas beständighet i förhållande till respektive förvaringstider för Kärnbränsleförvaret, SFR, SFL och markförvar, under vilken risk finns för störningar med avseende på radioaktiviteten för människa och miljö.

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) konstaterar att cementbaserade materials påverkan på grundvattnets kemiska sammansättning och reaktivitet är en viktig fråga. Till exempel är det viktigt att veta under vilka förhållanden (pH, totalhalt av karbonat, närvaro av organiska ämnen, naturliga såväl som tillsatser i cementen) som aktuella metaller och radionuklidens löslighet och speciering påverkas. KVA framför att sådana aspekter bör beaktas i ”performance assessment” - analysen av olika tänkbara betingelser och konceptval och relaterade konsekvenser.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) noterar att av skrivningar i avsnitt 5.6 framgår att SKB huvudsakligen planerar arbeten kopplade till utformningen av låg-pH-cementbaserade material till pluggar samt för injektering och bergförstärkningar för slutförvaret. SGU noterar i anslutning till detta att SKB i avsnitt 5.3.2 anger att SFR har utformats för att skapa ogynnsamma förhållanden för mikrobiell nedbrytning och att i SR-PSU formulerades krav på högt pH och låg halt av organiskt material. SGU framför att det framstår som skrivningar i Fud-programmet gällande pH kan stå i konflikt med varandra.

Oskarshamns kommun konstaterar att cementbaserade konstruktioner utgör en väsentlig komponent för avsedd funktion i samtliga förvar (Kärnbränsleförvaret, SFR, SFL och markförvar). Kommunen noterar att SKB gör en grundlig genomgång av de konsekvenser som bland annat felaktiga recept och felaktig hantering kan medföra. Kommunen framför att eftersom förvarens radioaktivitet avklingar över tiden minskar också förvarets farlighet vad gäller radioaktiva utsläpp. Kommunen framför att man i SKB:s redovisning saknar uppgift om beständigheten hos cementbaserade konstruktioner relaterad till respektive förvarstid under vilken risk finns för störning med avseende på radioaktivitet för människa och miljö.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning i Fud-program 2016 för studier om betongdegradering, påverkan av grundvattnet, gastransport, metallisk korrosion, bentonit- och tillsatspåverkan, inre och yttre laster inklusive frysning är av tillräcklig omfattning och ändamålsenliga.

SSM noterar att SKB inte gör det tydligt om det finns ett behov att särskilja studierna om cementmaterial för tillämpning i SFR eller i SFL. Detta skulle öka tydligheten i Fud-redovisning om allmän forskning inom cementmaterialegenskaper. SSM noterar vidare att SKB inte gör någon hänvisning till de osäkerheter som är kopplade till längre tidsperioder då betongdegraderingsprocesserna pågår och vilka de kritiska omgivningsparametrarna som påverkar detta är (t.ex. vattnets flödes hastighet och kemiska sammansättning, temperatur, föroreningar av olika slag).

När det gäller redovisningen av interaktionen mellan korrosionsprodukter från metalliskt avfall och betongdegradering bedömer SSM vidare att SKB mer specifikt bör identifiera de viktigaste metalliska sammansättningar som är skadliga för betongbarriärerna, deras ursprung i avfallet och i vilken utsträckning dessa kan förekomma i slutförvarsmiljön.

Avseende produktionen av gas från olika processer i avfallet bedömer SSM att det finns ett behov av att förbättra förståelsen för uppkomst av gas under normala förhållanden (0 °C och 1 atm). SSM bedömer vidare att det, med avseende på eventuell påverkan på barriärfunktionerna, är relevant att inhämta kunskap om vilka gastryck som kan komma byggas upp i slutförvarskonstruktionerna, utifrån med olika temperaturer, tätheter samt återmättningsgrader.

SSM bedömer också att studier av utvecklingen av svälltryck orsakat av återmätning av jonbytmassor i avfall i SFR, och hur detta påverkar betongbarriärerna, borde genomföras.

Även vid frysning verkar randvillkoren i termer av omgivningens styvhet vara avgörande för att bestämma omfattningen av sprickbildning i betongkonstruktionerna. SSM kan inte i Fud-program 2016 finna någon hänvisning till fördjupade analyser om omgivningens styvhet och om styvhetsinteraktionen mellan olika bärande komponenter i barriärsystemet (t.ex. avfallskollin, kringgjutning, betongkonstruktioner, återfyllnader, bergväggar) vid frysning, gasbildning, avfallets svälltryck, grundvattenstrycksbildning, etc.

8.1.2 Utformning av betongkonstruktioner och material till SFR

SKB:s redovisning

SKB redovisar sina specifika insatser för utformning av betongkonstruktioner, materialutveckling och produktionsmetoder för SFR och i synnerhet för bergssalen för medelaktivt avfall 2BMA, bergsal för reaktortankar 1BRT samt fortsatt utveckling av system för gastransport för Silon och bergsalar för medelaktivt avfall 1BMA och 2BMA.

Mycket fokus ges till utveckling av kringgjutning för att stabilisera avfallet, skapa stöd mot betongkonstruktionen, begränsa advektivt vattenflöde samt bidra till en hög pH under en lång tid efter förslutning av 2BMA i SFR. SKB har tagit fram ett kringgjutningsrecept som uppfyller SKB:s ställda krav på arbetbarhet och hållfasthet utan användning av cellulosa. Avsikten att använda ballast från krossat berg från uttagsmassorna från de planerade anläggningarna i Forsmark utreds.

Det fortsatta utvecklingsarbetet innefattar: i) utveckling av material i laboratorium, ii) uppskalningsförsök på betongstation och iii) provning av komponenter på Äspölaboratoriet. SKB utreder även möjligheten att gjuta betongkassunerna i 2BMA i flera etapper genom användning av fogband.

SKB planerar även vidare arbeten med: i) analyser för dimensionering av konstruktionsdetaljer, ii) vidareutveckling av produktionsmetod, iii) verifierande tester och iv) framtagning av drift- och underhållsprogram.

För bergssalen för reaktortankar (BRT) i SFR planeras användas kringgjutning och ingjutning med cementbaserat material som ska begränsa korrosion av reaktortankarna och sorbera eventuella radionuklidutsläpp. Materialet för kringgjutning och ingjutning avses utredas under den kommande Fud-perioden med fokus på hur tankarna ska förberedas inför gjutningarna, på kravbilderna och på produktionsutveckling för in- och kringgjutningsbruket.

Under de långa tidsperioder som betongbarriärerna i Silon och 2BMA i SFR ska fungera kommer avfall, avfallsbehållare samt eventuell konstruktionsarmering att brytas ner med gasbildning som följd. En teknisk lösning för uttransport av gaser från förvaringsvolymerna har tagits fram för Silon men inte för 2BMA. Under Fud-perioden kommer systemet för Silon att analyseras vidare. Vidare kommer ett nytt koncept för gastransport ur 2BMA att tas fram baserat på beräkningar av gas- och vattenflödet genom konstruktionen.

SSM:s bedömning

SSM avstår i detta fall från att lämna detaljerade kommentarer på programmet gällande utvecklingen av barriärsystemet för SFR och dess utbyggnad med hänvisning till pågående granskning av ansökan enligt kärntekniklagen för att bygga ut SFR.

SSM vill ändå, med hänvisning till att SFR kommer att vara i drift betydligt längre än ursprungligen tänkt, betona vikten av att SKB lägger erforderliga resurser på att åtgärda åldersrelaterade och andra konsekvenser av degradering av anläggningen. SSM bedömer att erfarenheterna från driften är viktiga som underlag för arbetet med utformning och projektering av betongkonstruktioner såväl för utbyggnaden av SFR som för etableringen av SFL.

8.1.3 Utformning av betongkonstruktioner och material till SFL

SKB:s redovisning

I bergsalen för hårdkomponenter (BHK) i SFL kommer barriären att bestå av en tjock betongkonstruktion. SKB bedriver studier om val av material och metod för grundläggning av konstruktionen och återfyllnad med betong av BHK. SKB räknar i nuläget med att kunna använda liknande betongmaterial som de utvecklade för 2BMA i SFR. En pågående säkerhetsvärdering av barriärkonstruktionerna i SFL kommer att resultera i en kravbild samt ett val av metod för grundläggning och återfyllnad i BHK. Parallellt kommer en studie om inverkan av återfyllnadsegenskaperna på vattenflödet och radionuklidtransport att genomföras och kommer att ge SKB möjlighet till värdering av om tidigare utvecklade material kan uppfylla kraven för BHK.

Kringgjutning av avfallsbehållarna i BHK och i bergsalen för historiskt avfall (BHA) ska stabilisera avfallet, stödja betongkonstruktionen, begränsa advektivt vattenflöde och radionuklid transport. Även i detta fall kommer säkerhetsvärdering av de framtagna lösningarna att avgöra om av SKB utvecklade material kan uppfylla kraven för BHK och BHA.

SSM:s bedömning

SSM anser att de föreslagna studierna av barriärlösningarna kan utgöra en utgångspunkt,. SSM vill påpeka att betongkonstruktionerna i SFL skiljer sig från de i SFR pga. dess massiva betongkomponenter. Därför bör SKB motivera bättre hur utvecklingen av betongen för de oarmerade slanka konstruktionerna i 2BMA i SFR också ska kunna användas för de massiva konstruktionerna i SFL som kräver annorlunda kravspecifikationer.

SSM noterar att det finns ett behov av att tydligt särskilja tillämpningen av studierna om cementmaterial för massiva konstruktioner i SFL jämfört med konstruktioner i SFR. SSM vill vidare påpeka att SKB bör hänvisa till de osäkerheter avseende betongdegraderingsprocesserna som är kopplade till längre tidsperioder, jämfört med SFR, för driften samt efter förslutning i SFL.

8.1.4 Utformning av betongkonstruktioner och material till Kärnbränsleförvaret

SKB:s redovisning

Numeriska beräkningar, laboratorieexperiment samt skalförsök och fullskaleförsök för pluggar har genomförts av SKB i Äspölaboratoriet (Domplu-experimentet). Slutsatserna är att det var möjligt att uppföra en oarmerad kupolformad plugg med låg-pH-betong och bakomliggande filtersystem för försegling av deponeringstunnlar i Kärnbränsleförvaret. Erfarenheterna visar att pluggens täthet ökar med tid tack vare återmätande av bentonittätningen.

Utvecklingsarbeten för pluggen kommer att beröra betongens krypning och vidhäftningen mot berget som styr kvaliteten hos kontaktinjekteringen kring pluggen. SKB kommer även att ta fram en uppsättning av krav på grundläggande egenskaper för låg-pH-betong för att ge tillgång till betongprodukter på marknaden som kan användas i slutförvarsmiljön. Även layouten av betongstationen för pluggproduktion kommer att utvecklas.

Angående låg-pH-cement för injektering och bergförstärkning finns det framtagna recept men dessa ska uppdateras under den kommande Fud-perioden. SKB strävar även i detta fall efter att ta fram en uppsättning grundläggande egenskaper som inte är beroende av en specifik kommersiell produkt. En produktionsanpassad metod, kontroller och driftunderhållsinsatser ska tas fram för användning av låg-pH-betong för injektering och bergförstärkning i Kärnbränsleförvaret.

SSM:s bedömning

SSM avstår i detta fall från att lämna detaljerade kommentarer på programmet gällande utvecklingen av betongkonstruktioner till Kärnbränsleförvaret med hänvisning till pågående granskning av ansökningar enligt kärntekniklagen för att slutförvarssystemet för använt kärnbränsle.

Användning av betongkonstruktioner i Kärnbränsleförvaret görs mestadels i pluggar, men även vid olika bergförstärkningar samt tätningsinjekteringar. SSM ser positivt på SKB:s insatser att utveckla produktionsmetoder för pluggarna inklusive filtersystemet. Även arbeten med utveckling samt kvalitetskontroll av injekteringen mellan plugg och berg är värdefullt. För det som gäller injekteringsmaterial anser SSM att dessa har huvudsakligen en funktion under driften av slutförvaret och därför är SKB:s program ändamålsenligt.

SKB använder sig av delvis etablerade metoder och material för genomförande av pluggar. Emellertid är det otydligt hur lång tid efter förslutning pluggarnas funktion ska upprätthållas för att motverka diffusion av syrgas i deponeringstunneln i gasfasen samt grundvatten- och återfyllnadssvälltryck. Detta sätter fokus på behovet av att studera degraderingsprocesser för betongkonstruktioner i låg-pH-betong under en tid på minst några hundra år efter förslutning. Degraderingsprocesserna i låg-pH-betong leder till en förändring av betongsammansättning, porositet men även en försämring av konstruktionens bärande förmåga. SSM anser att SKB tydligare i sitt program bör hänvisa till denna typ av studier vars resultat tar lång tid att ta fram och som påverkar de antagande för funktion och beständighet av betongkonstruktioner efter förslutning av Kärnbränsleförvaret.

8.1.5 SSM:s samlade bedömning avseende cementbaserade material

SSM bedömer att SKB:s redovisning i Fud-program 2016 av studier om betongdegradering efter förslutning är ändamålsenlig och av tillräcklig omfattning. SSM bedömer ändå att SKB skulle behöva utveckla förståelsen för osäkerheter som är kopplade till längre tidsperioder under vilka betongdegraderingsprocesserna pågår och vilka omgivningsparametrar som har störst inverkan på processerna.

SSM bedömer också att fortsatt utvecklingsarbete behövs för att förbättra förståelsen för såväl gasbildning och uppbyggnad av gastryck, som utvecklingen av svälltryck orsakat av återmätning av jonbytmassor i avfall i SFR och hur detta påverkar betongbarriärerna.

SSM avstår från att lämna detaljerade kommentarer på programmet kopplat till utbyggnaden av SFR med hänvisning till pågående granskning av ansökan enligt kärntekniklagen för att bygga ut anläggningen. SSM vill ändå, med hänvisning till att SFR kommer att vara i drift betydligt längre än ursprungligen tänkt, betona vikten av att SKB lägger erforderliga resurser på att åtgärda åldersrelaterade och andra konsekvenser av degradering av anläggningen.

SSM anser att de föreslagna studierna om barriärlösningarna är lämpliga i detta steg i utvecklingen av SFL. SSM konstaterar att utfallet från pågående säkerhetsvärdering kommer att bekräfta, eller inte, om nuvarande antaganden om barriärlösningarna har potential att uppfylla krav på säkerhet efter förslutning. SSM vill i anslutning till detta betona skillnaderna mellan föreslagna betongkonstruktioner i SFL och i SFR.

SSM avstår från att lämna detaljerade kommentarer på programmet gällande utvecklingen av betongkonstruktioner till Kärnbränsleförvaret med hänvisning till pågående granskning av ansökningar enligt kärntekniklagen för att slutförvarssystemet för använt bränsle.

Användning av betongkonstruktioner i Kärnbränsleförvaret görs mestadels i pluggar, men även vid olika bergförstärkningar samt tätningsinjekteringar. SSM bedömer på en övergripande nivå att SKB:s insatser att utveckla produktionsmetoder för betongpluggar samt kvalitetskontroll av injekteringen mellan plugg och berg är värdefullt. Med avseende på de osäkerheter gällande pluggens funktion över tid bedömer SSM att det finns ett behov av att studera degraderingsprocesser för betongkonstruktioner i låg-pH-betong.

8.2 Buffert, återfyllning och förslutning

SKB redogör översiktligt för framtida insatser för buffert, återfyllning och förslutning i avsnitt 5.7 i SKB:s Fud-program 2016. SKB:s framtida insatser för buffert, återfyllning och förslutning i Kärnbränsleförvaret handlar främst om att vidareutveckla utformningen av buffert, återfyllning och förslutning, samt att ta fram detaljerade åtgärder för kvalitets-säkring under tillverkning, hantering och installation. Även insatser på fullskaliga tester i underjordsförhållanden att verifiera kvalitet av installerad buffert och återfyllning har redovisats. Syftet med insatserna är att ge en tillräcklig grund för PSAR och för den fortsatta projekteringen av förvaret och produktionssystemet för bentonitkomponenter.

Ytterligare insatser avseende SFL är beroende av utfallet av säkerhetsvärderingen och kommer att preciseras när den är klar.

För SFR anser SKB att kunskapsläget i huvudsak är tillfredställande avseende silofyllningen medan vissa insatser behövs avseende återfyllning och förslutning av borrhål inför PSAR respektive SAR för utbyggnaden av SFR.

För att kunna möjliggöra ovannämnda tekniska utveckling behövs forskning avseende buffertmaterialens egenskaper och processutveckling efter installation fram till dess att det vattenmättats och fullt svälltryck utbildats. Vissa processer som sker långsiktigt efter förslutning av förvaret behöver också utredas. Följande områden av processförståelse som kräver ytterligare insatser har listats av SKB;

- Homogenisering och vattenuptag
- Förångning och saltanrikning
- Kanalbildning/erosion
- Bentonitbarriärernas hydromekaniska egenskaper
- Mikrobiell sulfatreduktion
- Kolloidfrigörelse/erosion
- Mineralstabilitet

Några av dessa processer sker gemensamma för samtliga slutförvar (Kärnbränsleförvaret, SFR och SFL), medan andra är unika för vissa av förvaren.

Dessutom har SKB identifierat behov av insatser för att utveckla förslutningssekvens för Kärnbränsleförvaret. För SFR behövs insatser för uppdatering av krav på förslutningskomponenter efter säkerhetsanalysen i SR-PSU. Det krävs även insatser för vidare utveckling för utformning och installation av förslutningen i SFR när detaljprojektering av utbyggnaden av SFR påbörjas.

Angående borrhålsförslutning anser SKB att framtida insatser behövs för att utveckla krav och metoder för borrhålsförslutning för de kortare borrhål som ligger i Kärnbränsleförvarets område före byggstart av slutförvarsanläggningen. När det gäller borrhålsförslutning i området vid SFR, planerar SKB att försluta de borrhål som ligger i utbyggnadsområdet inför PSAR. Övriga borrhål kommer att förslutas inför förslutningen av hela SFR. Detta innebär att material och metod för borrhålsförslutning behöver utarbetas inför PSAR.

8.2.1 Bentonitens utveckling efter installation och fram till mättnad

SKB redogör i avsnitt 10.1 i Fud-program 2016 för nuläget samt programmet i kommande perioden av Fud-program avseende bentonitens utveckling efter installation och fram till mättnad.

SKB:s redovisning avseende kanalbildning/erosion

SKB anser att kanalbildningserosion i buffert och återfyllning är ett hydrauliskt problem under driftskedet. Om inflödet är koncentrerat vid sprickor och grundvattnet tillförs snabbare än det kan absorberas av den svällande bentoniten i bufferten eller återfyllningen under vattenmättningsprocessen, uppkommer ett vattentryck i sprickan som kan leda till kanalbildning i bentoniten och fortlöpande erosion av bentonitpartiklar.

SKB redovisar resultaten från tidigare studier av processen (SKB TR-14-22). Syftet med studierna har varit att fördjupa förståelse och utveckla modeller för de kritiska processer som uppstår i ett tidigt skede efter installation av buffert och kapsel. Följande processer har utretts;

- Erosion
- Kanalbildning
- Vattenflöde i pelletsfyllda spalter
- Förmåga att stoppa kanalbildning
- Vattenabsorption av bentonitblock
- Bildning av vatten- eller gelfyllda fickor i pelletsspalter
- Utflöde av bentonitgel
- Själv tätning av sprickor med erosionsvatten
- Buffertuppsvällning innan återfyllning
- Själv läkning av erosionskanaler.

De preliminära slutsatserna från studierna kan sammanfattas som följande;

- Den empiriska ekvationen som togs fram och användes i säkerhetsanalysen i SR-Site går fortfarande att pessimistiskt beskriva de nyvunna resultaten för kanalbildningserosion
- Kanalbildning och åtföljande erosion kan uppstå så länge vattentrycksgradient ligger i bufferten eller återfyllningen istället för över tunnelpluggen. Dessutom själv läker kanalen och stoppas erosionen om flödes hastigheten blir längre än 10-4 liter per minut
- Det inte kan tillgodoräknas att själv tätning av sprickor i pluggen eller berget omkring pluggen kan inträffa under alla omständigheter och detta behöver beaktas i säkerhetsanalysen efter förslutning
- Erosionskanalen med begränsad radiell sträckning (minder än 1-2 cm) kommer att själv läka och de hydrauliska egenskaperna hos bentoniten kommer inte att påverkas nämnvärt.

SKB har även analyserat processen för kanalbildningserosion i silon i SFR och resultaten redovisades i SKB TR-14-27. Det framgår av rapporten att en total massförlust mellan 5 till 500 kg kan förväntas enligt den empiriska ekvationen som användes också i SR-Site-analysen. Det stora spannet på två tiopotenser beror på orienteringen av den bildade kanalen (horisontell eller vertikal). Egenskaperna av den stora delen av bentoniten i silon kommer inte att påverkas någonstans trots att svälltrycket lokalt vid inflödespunkten kan vara lågt om det antas att hela massförlusten sker lokalt runt inflödespunkten.

Under den kommande Fud-perioden planerar SKB att genomföra en uppsättning försök att studera processerna för vattentransport i pelletsfyllda spalter i olika slutförvar, för att fördjupa förståelsen och kunna modellera processerna, samt för att kunna beskriva vattenuptaget korrekt och för att planera de åtgärder som behövs för vattenhantering under installation av återfyllningen i tunnarna i Kärnbränsleförvaret.

Vissa preliminära observationer visar att kanalbildning i bufferten möjligen kan begränsas eller helt stoppas med en fläns i väggen på deponeringshålet. SKB kommer att prioritera att utreda om man med relativt enkla medel kan begränsa problemet.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB strävar efter att fördjupa förståelsen och försöker att ta fram modellen för processen kanalbildningserosion. Denna process anses av SSM vara avgörande för att de tekniska specifikationer för bentonitmaterialet som anges i initialtillstånden för olika slutförvar kan uppnås. SSM bedömer att SKB har vunnit mycket kunskap kring processen och tidigare insatser har varit ändamålsenliga.

SSM bedömer att det är ändamålsenligt att SKB vidare kommer att satsa på förståelse och modellering av vattentransport i pelletsfyllningar. Karaktärerna av vattentransport i pelletsfyllningar är grunden till flera viktiga processer i återmättnadsskedet såsom kanalbildningserosion, vattenintagning, svällning och homogenisering av bentonitmaterialen i både pelletsfyllda spalter och närliggande bentonitblock och ringar. Alla dessa processer bedöms av SSM kunna ha stor betydelse för kapselns integritet.

SSM anser även att det är positivt att SKB planerar att vidare studera om relativt enkla tekniska åtgärder kan tas fram för att kunna begränsa eller stoppa kanalbildningen med åtföljande erosion.

SKB:s redovisning avseende vattenupptag i bufferten

SKB har vidareutvecklat beskrivningen av återmättnadsprocessen i buffert i Kärnbränsleförvaret när kompletteringar till ansökningarna inlämnades till SSM. Frågorna som behandlades i kompletteringarna har varit bl.a.

- Konceptuella osäkerheter i modellering av återmättnad och homogenisering
- Analys av fördelningar av återmättnadstider för bufferten då den utsätts för de lokala hydrogeologiska betingelserna på förvarsdjup i Forsmark
- Termisk påverkan på bentonitens mekaniska och hydrauliska materialegenskaper
- Möjligheten att förkorta återmättnadsförloppet genom att justera vattenmättnadsgrad eller artificiellt tillföra vatten till bufferten.

Dessutom har SKB upptäckt att kombinationen av antaganden om en initialt homogeniserad buffert tillsammans med ett lågt bergmatrisflöde ger modelleringsresultat som inte stämmer med observationer när modellen tillämpas i Prototypförvaret (SKB TR-13-22). För att kunna erhålla resultat som överensstämmer med fältobservationerna, behöver antingen bufferten representeras som utgörs av block, ringar och pelletar, eller ett högt flöde i bergmatrisen antas.

SKB har även tillämpat modellen att modellera processen för vattenupptaget i silon i SFR (SKB TR-14-27).

Fortsättningsvis planerar SKB att arbeta vidare med att verifiera och uppdatera modellerna för buffertens vattenmättnad. Syftet är att kunna hantera ett långsamt vattenupptag, antingen i en diskret spricka eller genom hela bergmatrisen, samt utreda huruvida mättnadsförloppet och vattenfördelning i buffert och återfyllning kommer att påverkas av detta.

SKB kommer att ta fram statistiskt underlag för bergmatrisens hydrauliska konduktivitet eftersom denna parameter har visat sig vara avgörande för bestämning av buffertens vattenmättnadstider i Kärnbränsleförvaret i Forsmark där de flesta deponeringshålen inte kommer att skäras av vattenförande sprickor.

SKB planerar även att påbörja studier för att förstå hur den kemiska miljön i närfältet av slutförvaret påverkas under den omättade perioden. Detta kan eventuellt kombineras med geokemisk modellering av gasfasens sammansättning.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning av processen vattenupptag i bufferten tillsammans med andra relaterade processer är vetenskapligt välgrundad och redovisningen är trovärdig. SSM anser att SKB väsentligt har fördjupat sin förståelse av processerna och har uppdaterat modelleringarna genom att ta fram mer realistiska antaganden som bättre representerar egenskaperna av barriärerna i slutförvaret.

SSM anser att SKB:s planerade insatser i kommande Fud-period är ändamålsenliga. Processen vattenupptag är komplicerad. För att minska osäkerhet i säkerhetsanalysen kring denna process och andra kopplade processer, bör en fördjupad förståelse och en förbättrad modellering av processerna eftersträvas. SSM anser att det är viktigt att SKB mer noggrant kommer att bestämma hydraulisk konduktivitet hos bergmatrisen eftersom parametern har visat sig vara avgörande för beräkningen av buffertens återmättadstider för de deponeringshål som inte skärs av någon vattenförande spricka.

SKB:s redovisning avseende svällning, homogenisering och självläkning

Rent praktiskt är de tekniska barriärerna med bentonitmaterial i olika slutförvar inte homogena direkt efter installation. Exempelvis utgörs bufferten i Kärnbränsleförvaret av block, ringar, pelletar och tomrum som har olika initial densitet. Under återmättnadsförloppet kommer vatten att tas in, materialet sväller ut och barriären homogeniseras i stor utsträckning. Emellertid kommer en viss inhomogenitet att kvarstå som medför att barriären i fråga har olika hydrauliska egenskaper i olika delar. Det är viktigt att kunna förutsäga om en tillräckligt hög homogenitetsgrad kan uppnås efter helvattenmätning för barriären, för att barriären ska kunna upprätthålla dess avsedda säkerhetsfunktioner på lång sikt, samt för att barriären fortfarande ska kunna kompensera för lokala massförluster från erosion eller oupptäckta missöden vid installationen.

I nuläget driver SKB ett laboratorieprogram för att studera bentonitens svällning och homogenisering (SKB TR-14-25). Resultaten från försöken i laboratorieprogrammet visar att tryckjämvikt inte nås under försökstiden (mellan två och tre månader) och troligtvis inte heller i ett längre tidsperspektiv. Detta innebär att inhomogena barriärer måste hanteras i analysen av långsiktig säkerhet. Det har dessutom visat sig att det är svårt att modellera dessa och andra liknande försöksresultat av expansion av bentonit. Det finns brister både i den fundamentala förståelsen och i de numeriska lösningarna.

Programmet med laboriestudier kommer att fortsätta i den kommande Fud-perioden. Ett EU-forskningsprojekt som ska fokusera på homogenisering av bentonit (Beacon) förväntas starta under 2017.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning och insatser med avseende på studier av homogenisering av bentonit är ändamålsenliga. SSM anser att SKB:s laborieförsök tydligt har visat att homogeniseringen uppnås först en lång tid efter installation och kan även fördröjas en relativt lång tid efter helvattenmätning.

SSM anser att SKB bör sträva efter en fördjupad förståelse och en bättre modellering av processen. SKB:s laboratoriestudier genomförs oftast med prov som är betydligt mindre i storleken än helskaliga bentonitblock eller ringar. SSM anser därför att SKB så tidigt som möjligt även bör utreda skalans inverkan på homogenisering. Dessutom bör SKB vidare utvärdera inverkan av inhomogena bentonitblock eller ringar under en relativt lång tid på förvarets långsiktiga säkerhet samt utreda om det behövs tas fram krav på den minsta homogeniseringsgrad som måste uppnås under en viss tid efter installation för att barriärens säkerhetsfunktioner ska kunna bibehållas.

SKB:s redovisning avseende ångcirkulation

Ångcirkulation handlar om frågor om huruvida vatten från bergssprickor kan förångas mot kapseln och transporteras ut i återfyllningen, vilket kan orsaka saltanrikning mot kapseln. Om anrikningen är tillräckligt omfattande skulle det kunna orsaka korrosion.

SKB har utfört försök där transport av vattenången i en spalt mellan bentonitblock och en värmare (som simulerar kopparröret). Resultaten visar att det är mycket viktigt att deponeringshålen täcks så tidigt som möjligt med återfyllningen istället för att vara öppna direkt till luften. I det första fallet kondenseras vattenången lokalt på bentonitblocken och ången tas upp av blocken. Den lokala kondensationen kan effektivt hindra vattenången från att transporteras ut ur buffertsystemet, trots att blocket som täcker försökssystemet har relativt låg initial vattenhalt. I det andra fallet där systemet hålls öppet, transporteras vattenången relativt obehindrat i spalten. SKB anser att försöksresultaten antyder att ångtransport ut ur deponeringshålet och in i återfyllningen inte kommer att förekomma eftersom deponeringshålet kommer att lämnas öppet under en mycket kort tid efter installation av bufferten.

Eftersom försöksresultaten också visar att ångtransport genom spalten är relativt snabb, vilket i sin tur gör att i det här läget inte går att utesluta begränsade saltanrikningar på kapseln, planerar SKB att fortsätta driva studierna i kommande Fud-perioden. Fokus kommer att ligga på att studera saltanrikning samt att utreda vad konsekvenserna kommer att bli när vatten tillförs på ett sätt som mer liknar den i deponeringshålet.

SSM:s bedömning

SSM bedömer det som positivt att SKB har startat ett program för att utreda den så kallade ”bastueffekten”.

SSM bedömer vidare att SKB bör ta hänsyn till den relativa skalan av olika komponenter i försöken. Det är välkänt att rätt dimensionering av komponenterna ska användas i värme- och masstransportsförsök för att kunna erhålla korrekt resultat. SKB bör även komplettera studierna av ångtransport med process för saltanrikning, dvs. att utreda de kopplade processerna ångtransport och transport och fördelningsändring av korroderande ämnen så som klorid och sulfid/sulfat, under både temperaturgradient och koncentrationsgradient.

SKB:s redovisning avseende mikrobiell sulfatbildning

SKB:s förståelse av mikrobiell sulfidbildning kan sammanfattas som följande: det går inte att helt utesluta att svavelväte skulle kunna bildas genom upplösning av sulfidmineral eller mikrobiell sulfidproduktion i omättad buffert och återfyllning. Tillförseln av sulfid till kapseln från bufferten hanteras pessimistiskt med massbalans. Tillförseln av sulfid till

kapseln från återfyllningen domineras med transport av svavelväte inom gasfasen genom återfyllningen och den omättade bufferten. Dessutom är det svårt att begränsa den mikrobiella sulfidbildningen genom att begränsa total mängd av organiskt kol pga. den stora mängden återfyllningsmaterial.

SKB har undersökt om det finns ett så kallat ”vattenmättnadsfönster” i bufferten där mikrobiell aktivitet skulle vara mer gynnad än i de omättade blocken eller den mättade bufferten. Det har visat sig att den experimentella tekniken var otillräcklig och inga slutsatser kunde dras från försöken. SKB anser dock att frågan inte är kritisk eftersom processen där sulfat och näringsämnen tillförs bufferten ändå är långsam när mättnadsprocessen är långsam.

Dessutom har SKB låtit ett kommersiellt laboratorium karakterisera organiskt material i olika typer av bentonit. Mätningarna har visat sig att de flesta av de studerade materialen innehåller mycket låga halter organiskt material, vilket gör det svårt att vidare bestämma typer av organiskt material. Det verkar dock som typen beror på bentonitens ursprung och ålder.

SKB inser att det är uppenbart att det måste finnas ett krav på den mängd/halt av svavelväte som genereras i den installerade återfyllningen för att minimera risken för kopparkorrosion från gasformigt svavelväte under den omättade perioden. SKB avser därför att skicka ytterligare bentonitprover för analys av det organiska innehållet.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s förståelse av processen för mikrobiell sulfidbildning är vetenskapligt välgrundad och ändamålsenlig för att stödja hanteringen av kopparkorrosion med sulfid innan bufferten är vattenmättad.

SSM noterar SKB:s tolkning att bestämningen av ett ”vattenmättnadsfönster” i bufferten inte är kritisk för hanteringen av den mikrobiella sulfidbildningen.

SSM bedömer att SKB:s tidigare och planerade insatser för att bestämma organiskt material i återfyllningen är ändamålsenliga. SSM instämmer med SKB att kravet på den mängd/halt av svavelväte som genereras i den installerade återfyllningen, särskilt i gasfasen, behöver tas fram. Som ett stöd till detta behövs bra information av sammansättningen av det organiska materialet som utgör näringsämnen för främst sulfatreducerande bakterier. SSM anser däremot att SKB bör ta fram ett mer detaljerat protokoll för mätningarna för att kunna fokusera på de organiska ämnen som har stor betydelse för processen av den mikrobiella sulfatreduktionen.

8.2.2 Bentonitmaterialens egenskaper i mättat tillstånd

SKB:s redovisning

SKB redogör för bentonitmaterialens egenskaper i mättat tillstånd i avsnitt 10.2 i Fud-program 2016. Egenskaperna som redovisas är bl.a. materialsammansättning, svälltryck och hydraulisk konduktivitet samt skjuvhållfasthet.

SKB har satt upp ett materiallaboratorium på Äspö för avancerade analyser av bentonitmaterial. I laboratoriet har bentonitens kristallina faser, elementära sammansättning och

montmorillonithalt bestäms med metoderna pulverröntgendiffraktion (XRD), röntgenfluorescensspektroskopi (XRF) samt med bestämningen av katjonbyteskapacitet (CEC). Ett av de syftena med arbetet är att genom att analysera prover från olika leverantörer, lära sig mer om metoderna och om hur kvaliteten på leveranserna varierar. Fortsatt arbete kommer att utföras för att kunna förbättra kunskaperna kring provtagning, analys och utreda kopplingen mellan dessa lättbestämda egenskaper och de svåranalyserade kritiska egenskaperna svälltryck och hydraulisk konduktivitet.

I materiallaboratoriet kommer även bentonitens svälltryck och hydrauliska konduktivitet att mätas med stor kapacitet i nio mätceller. Målet är att ytterligare förbättra kunskaper kring olika bentonitmaterial och hur de kan variera inom samma leverans eller mellan olika leveranser. Parallella mätningar utförs i Finland i samarbete med Posiva. Prover har även tagits från bentonit i silon i SFR (SKB TR-15-05) för att studera dess hydro-mekaniska egenskaper. Mätningsarbetet kommer att fortsätta. Svälltryck och hydraulisk konduktivitet kommer att mätas integrerat i ett och samma test. Inverkan av pålagda yttre vattentryck på svälltrycket kommer att utredas vidare.

Det pågår utveckling och testning av en standardmetod för att bestämma skjuvhållfasthet hos bentonit. Huvudprincipen är att mäta den enaxliga tryckhållfastheten vid en given deformationshastighet och för en torrdensitet som motsvarar ett svälltryck på 10 MPa för materialet i fråga. Mätningar genomförs både för materialet som det är vid leverans samt för ett helt kalciumjonbytt material. SKB kommer att utföra ytterligare mätningar under den kommande Fud-perioden, dels för att få ytterligare förståelse för processen, dels för att få mer data. Det kommer att utvärderas huruvida prepareringen av proven påverkar resultaten.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s samtliga mätningsprogram för bentonitmaterialens egenskaper är ändamålsenliga och vetenskapligt välgrundade. SSM bedömer att SKB:s insatser på olika mätningsprogram kommer att fördjupa förståelsen för processerna bakom egenskaperna, att förbättra mätmetoder, samt att ackumulera mer data för att bättre kunna upptäcka egenskaper och avslöja variationer hos material från olika leveranser.

SSM anser att SKB särskilt bör utreda inverkan av kalciumjonbyte på materialets hållfasthet. Utredningen bör fokusera på den naturliga jonbytesprocessen i slutförvarsmiljön då natriumbentonit kommer i kontakt med grundvatten av typen kalciumbikarbonat.

SSM anser dessutom att SKB bör koppla mätningsprogram med framtagandet av kvalitetssäkringsprogram för bentonitmaterial. SKB bör utreda möjligheten om vissa mätningmetoder går att standardiseras för att användas i den rutinmässiga kvalitetskontrollen vid drift av slutförvarsanläggningar.

8.2.3 Bentonitmaterialens utveckling efter vattenmättnad

SKB:s redovisning av planerade insatser avseende bentonitmaterialens utveckling efter vattenmättnad återfinns i avsnitt 10.3 i SKB:s Fud-program 2016. I avsnittet redogörs för frågorna kring buffertförluster till följd av kolloidfrigörelse/erosion, sulfidbildning och sulfidtransport, samt långsiktig stabilitet av bentonit. Frågan om självläkning av bentonit

nämns endast i avsnittet och redovisningen av frågan hänvisas dock till avsnitt 10.1.3 i Fud-program 2016.

SKB:s redovisning avseende bentonitförluster till följd av kolloidfrigörelse/erosion

Begreppet ”bentonitförluster till följd av kolloidfrigörelse/erosion” brukar också benämnas bentoniterosion eller kemisk erosion av bentonit. Den huvudsakliga delen av forskningen och teknikutvecklingen kring bentoniterosion den senaste perioden mellan 2012 och 2016 har genomförts inom EU-projektet Belbar. Inom projektet har följande erosionsprocesser studerats

- Mekanismer för kolloidfrigörelse
- Rollen av tvåvärda katjoner (lerans sammansättning)
- Effekten av blandade monovalenta/divalenta system (grundvatten kemi)
- Beroende mellan grundvattenhastigheten och erosionshastigheten
- Effekten av sprickgeometri på massförlust av lera
- Maximal förlusthastighet av lera.

Många av de slutsatser som tidigare redovisats i SR-Site har blivit bekräftade av projektet, exempelvis att sammansättningen av både leran och grundvattnet är avgörande för erosionsprocessen.

Samtidigt har resultaten från projektet visat att vissa processer kan ha större betydelse för erosion än vad man tidigare förstått. Sedimentering av bentonitaggregat under gravitation kan vara ett exempel. Ett annat exempel är att flödehastigheten i sprickorna verkar vara av underordnad betydelse för erosion, i synnerhet i jämförelse med de kemiska förhållandena. Korrelationen mellan flöde och erosion finns både i systemet med väldigt utspädd grundvatten medan korrelationen blir otydlig när salthalten i grundvattnet ökar.

SKB har även reviderat den modellerings teknik som användes i Säkerhetsanalysen SR-Site, genom att dela upp det modellerade systemet till två regioner, för att öka numerisk upplösning och få mer exakta resultat. Räkneexempel med den reviderade modellen visar att massförlust till följd av erosion blir betydligt mindre än vid tidigare modelleringar, medan bentonitgelen tränger in mycket längre i sprickorna.

SKB planerar i den kommande Fud-perioden att arbeta med att analysera, utvärdera och tolka de omfattande experimentella resultaten som finns tillgängligt från Belbar-projektet från olika laboratorier och som ibland kan variera avsevärt trots att de experimentella förutsättningarna har varit relativt lika. Dessutom kommer modellen som användes för massförluster till följd av erosion i SR-Site att vidareutvecklas för att testas mot de experimentella data som tagits fram inom Belbar-projektet, samt för att hantera effekten av gravitation/sedimentation. Ytterligare kommer även erosion i en situation när massförlusten varit så stor att advektiva förhållanden råder i deponeringshållet att studeras.

Remissinstansernas synpunkter

Luleå tekniska universitet framför synpunkter avseende Kärnbränsleförvarets stabilitet med avseende på närfältbergets hållfasthet på sätt som bestäms av platsvalet. Universitetet framför att dessa frågor inte ägnas någon uppmärksamhet i Fud-programmet. Universitetet anför att Kärnbränsleförvarets belägenhet i tätt berg innebär att lerbufferten som omger kapslarna kommer att vara vattenmättad och elektriskt ledande

vid kapslarnas ändrar men under lång tid vara torr och oledande över större delen av kapslarnas längd. Det ger ökad genomsläpplighet, förstyvning och minskning av buffertens självläkningsförmåga och duktilitet, samt elektronvandring genom kapslarna som korroderar.

Universitetet anser att buffertleran kommer att bli styvare och mindre deformations-utjämnande för kapslarna och den kommer också att tidigt och permanent förlora en del av sin svällnings- och självtättningsförmåga om förvaret förläggs i det långvarigt mycket torra Forsmarkberget. Universitetet konstaterar att det i SKB:s Fud-program inte finns utrymme för att specifikt behandla detta problem.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s insatser kring bentonitens kemiska erosion är ändamålsenliga. SSM ser positivt på att SKB har vunnit en mer fördjupad förståelse av processen genom Belbar-projektet. SSM anser att med dessa nyvunna kunskaper, från teoretisk processförståelse, experimentella försök samt genom modelleringar, kommer osäkerheter i SKB:s tidigare modellering av processen att minska.

SSM anser att SKB bör sträva efter att basera den teoretiska förståelsen och de numeriska modelleringarna för processen på en mer realistisk materialsammansättning. Mekanismer som möjligen kan minska erosion, såsom filtrering av frigjord bentonitmassa med kvarlämnade partiklar från accessoarmineralen, kan vara effektivare när det gäller att filtrera aggregat än att filtrera enskilda kolloidpartiklar av montmorillonit, och bör därför studeras.

SKB:s redovisning avseende sulfidbildning och sulfidtransport

SKB har analyserat prover av bentonit-/vattenblandningar med olika viktprocent bentonitlera och mycket låg halt (på detektionsgräns) av sulfid har observerats.

SKB har även utfört undersökningar där svälltryckets påverkan på aktiviteten av sulfatreducerande bakterier utreds. En speciell testutrustning har utvecklats för detta ändamål. Ett bentonitprov laddas med en bakteriecocktail, pressas till en given densitet och mättas med vatten. Provet flyttas sedan till testcellen där det tillåts att ha kontakt med ett kopparbleck samtidigt en lösning med sulfat (med tillsatt radioaktiv isotop svavel-35) och näringsämne (lactat). Resultaten från undersökningarna visar att den mikrobiella aktiviteten försvinner över en mättad densitet av bentoniten i intervallet 1 850 – 1 900 kg/m³ (SKB R-15-05).

SKB planerar att genomföra nya försök för att kvantifiera förmåga av olika typer av bentonit att uppta och omvandla vattenlösta sulfider.

SKB redovisar att de data som finns tillgängliga i dag tyder på att det inte bara är densitet och/eller svälltryck som styr den mikrobiella aktiviteten utan att typ av lera också kan spela stor roll. Därför planerar SKB att fortsätta försöken med nya material, dels för att reda ut de faktorer som är avgörande för den mikrobiella aktiviteten, dels för att sälla ut bentonitmaterial som är mest lämpliga för buffert- och återfyllningsmaterial. SKB anser att försöksresultaten förväntas ha stor betydelse för framtida utformning av buffert och återfyllning samt analyser av säkerhet efter förslutning.

SSM:s bedömning

SSM anser att det är positivt att SKB har försökt förfinas densitetsintervallet inom vilket den mikrobiella aktiviteten kraftigt minskar. SSM instämmer med SKB att denna fråga har stor betydelse för framtida utformning av buffert och återfyllning samt för den långsiktiga säkerhetsanalysen.

SSM anser att SKB i redovisning av kommande Fud-program bör förtydliga vad som menas med begreppet att "bentoniten absorberar eller omvandlar vattenlösta sulfider".

SKB:s redovisning avseende långsiktig stabilitet av bentonit

SKB har fokuserat studier av bentonitens långsiktiga stabilitet främst på att analysera och karakterisera prov från olika fältförsök: Prototypförvaret (*Prototype Repository*), ABM-försöket (*Alternative Buffer Materials*) samt TBT-försöket (*Temperature Buffer Test*).

Proven från Prototypförvaret har utsatts för värme på cirka 100°C på kapselytan. Kemiska undersökningar av proven gav inga indikationer på omvandling av montmorillonit-mineralet. Hydromekaniska undersökningar visade inte på någon större skillnad i svälltryck mellan den ursprungliga leran och den återtagna från Prototypförvaret. Utsågade prov av bentonit från Prototypförvaret visade något lägre hydraulisk konduktivitet jämfört med den ursprungliga leran, särskilt vid hög densitet. Men denna förändring hade ingen koppling med den temperatur som proven har utsatts för. Vissa mineralogiska och kemiska förändringar har dock uppvisats. Mängden magnesiumoxid ökade något mot värmaren, men det kunde inte bestämmas i vilken fas magnesium är bundna. Analysen med Mössbauerspektroskopi och röntgenabsorptionsspektroskopi (XANES) visade på en höjning av Fe(II)/Fe(III)-kvoten med en opåverkad total nivå av järn (SKB TR-13-22). Reduktionen av det strukturella trevärda järnet till tvåvärt järn kan medföras genom mikrobiella processer (Kim m.fl., 2004), trots att reduktionsmedlet i Prototypförvaret ännu inte är identifierat.

ABM-försöket är ett fältförsök i mindre skala och bentonitmaterialen har utsatts för högre temperaturer (upp till 130°C). I det andra ABM-försöket (ABM2) har i vissa prov en ökning av magnesiumoxid kunnat kopplas till en nybildning av en trioktaedrisk smektit, sannolikt ferrosaponit, vilken fanns i små mängder i den innersta millimetern från den korroderande järnvärmaren. SKB redovisar att det i nuläget inte går att skilja åt om det är en omvandlingsprodukt av montmorillonit eller om mineralet bildas genom omvandling av andra faser. Saponit och ferrosaponit är fortfarande svällande lermineral men har något annorlunda egenskaper jämfört med montmorillonit (Svensson, 2015). Trioktaedriska faser har även observerats i det första ABM-paketet och i TBT-försöket, men deras bildning verkar alltid kopplas till järnkorrosion i försöket eftersom ingen av dessa faser upptäckts i försök med koppar (Svensson och Hansen, 2013).

I SKB:s program för kommande Fud-perioden, kommer prov från ABM2 vidare studeras och ett omfattande sammanställningsarbete kommer att genomföras. Dessutom planerar SKB att ta upp och undersöka ett ytterligare bentonitpaket från LOT-försöket (*Long Term test of bentonite*) för att identifiera och kvantifiera mineralogiska förändringar i bentoniten till följd av exponering för en förvarsliknade miljö.

SKB kommer i den kommande Fud-perioden även att studera interaktion mellan bentonit och hög-pH-cement. Fokus kommer att läggas på temperaturrens inverkan på interaktionen, med beaktande av att tidigare utredningar visat att processen är starkt

temperaturberoende (Rozalen m.fl., 2009). Syftet med studierna är att reda ut huruvida omfattande interaktionen kan vara vid den rådande temperaturen på 0-15°C i både SFR- och SFL-förvaret där hög-pH-cement används.

Försök med bentonit i odlingsmedium med tillsatta järnreducerande mikrober har påbörjats som syftar till att utreda om mikroberna på något sätt kan omvandla montmorillonit till ett annat mineral.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s insatser avseende långsiktig stabilitet av bentonit är ändamålsenliga. SSM anser att bentonitmaterial från de olika fältförsöken har gett bra möjligheter att utreda stabiliteten. SSM är positiv till att flera processer som berör stabilitet av montmorillonitmineral har studerats eller är planerade att studeras. Det bedöms också vara positivt att SKB har börjat utreda mikrobiell reduktion av tvåvärt järn till tvåvärt järn samt omvandling från bioktaedriska strukturen till trioktaedriska strukturen genom intag av magnesium. Analyser av prov från fältförsöken har visat att dessa processer möjligen kan förekomma i slutförvarsmiljö och processerna bör vidare studeras. Det är även positivt att SKB planerar att studera inverkan av temperaturen på interaktionen mellan bentonit och hög-pH-cement.

SSM instämmer med SKB att det är viktigt att fördjupa mekanismförståelsen av processerna. Samtidigt anser SSM att det även är viktigt att kunna utreda processernas potentiella påverkan på barriärernas säkerhetsfunktioner och på slutförvars långsiktiga säkerhet. SSM anser därför att SKB i den kommande Fud-perioden bör fokusera sina utredningar på frågorna om i hur stor omfattning olika omvandlingsprocesser kan ske vid förhållanden i slutförvarsmiljö, samt i hur stor omfattning måste omvandlingsprocesserna ha skett att de börjar påverka barriärernas säkerhetsfunktioner och förvarets långsiktiga säkerhet på ett så negativt sätt som inte längre går att accepteras.

8.2.4 Utformning av barriärer

SKB:s redovisning

SKB redovisar planerade insatser avseende tillverkning, kontroll och provning av buffert och återfyllning i avsnitt 10.4 i Fud-program 2016.

SKB har genomfört laboratorieförsök för att studera de tidigare termiska, hydrauliska och mekaniska (THM) processerna efter installationen av buffert i Kärnbränsleförvaret (SKB P-14-22), samt test av olika installationsmetoder (SKB P-16-09). Två installationsmetoder har identifierats baserat på den nyvunna förståelsen av de tidiga THM-processerna:

- I relativt torra deponeringshål installeras buffertblock och pelletar samtidigt
- För deponeringshål med något högre vattenflöde används ett vidareutvecklat buffertskydd.

SKB planerar fortsatt arbete med att uppdatera utformningen och krav på installationsmetoder för buffert. Två fullskaliga installationstester vid Äspölaboratoriet planeras. Storleken på expansion av buffertblocken innan återfyllningen installeras, den så kallade hävningen, kommer att modelleras som en del av de tidiga THM-processerna och

modelleringsresultat kommer att jämföras med resultat från försök i olika skalor. Resultaten kommer att användas för att bestämma under vilken nivå på vattenflödet samtidig installation av buffertblock och pelletar kan genomföras.

SKB:s arbete med uppdatering av utformningen av återfyllning har fokuserat på att utreda samband mellan densitet och svälltryck samt mellan densitet och hydraulisk konduktivitet, att modellera och testa buffertens uppåtriktade svällning. SKB planerar vidare att uppdatera modelleringen baserat på resultaten från testerna. Även en stor mängd av laboratoriebestämningar av hydraulisk konduktivitet och svälltryck hos återfyllningen kommer att utföras för att skapa ett tillförlitligt statistiskt underlag för beskrivningen av samband.

Metoder för återfyllnad och material för återfyllningen av förvarsutrymmena i SFL bedöms av SKB kräva specifika utvecklingsinsatser. Olika tekniska lösningar för återfyllnad av bergssalen för historiskt avfall i SFL kommer att utvärderas med avseende på volymer, teknisk genomförbarhet, förväntade resultat och effekter av relevanta processer.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s insatser kring utformningen av tekniska barriärer är ändamåls- enliga. SSM ser positivt på att SKB fortsättningsvis genomför modellering av THM- processer i laboratorieförsök för att ta fram ytterligare underlag för uppdateringen av Bränsleförvarets utformning. SSM anser att det är nödvändigt att SKB har påbörjat teknikutvecklingen för återfyllning av förvarsdelarna i SFL.

8.2.5 Tillverkning, kontroll och provning av buffert och återfyllnadskomponenter

SKB:s redovisning

SKB redovisar planerade insatser avseende tillverkning, kontroll och provning av buffert och återfyllning i avsnitt 10.5 i Fud-program 2016.

SKB anser att det behövs god kontroll på hela kedjan från brytning av bentonit till färdig installation av buffert och återfyllning för att uppfylla krav på utformningen av Kärnbränsleförvaret. Arbete pågår inom ramen för teknikutvecklingsprojekt för buffert och återfyllning för att kartlägga alla processer i denna kedja.

Avseende försörjning och kvalitetssäkring av bentonitmaterial har SKB arbetat med processkartläggning, leverantörsstrategi samt preliminära kvalitetsplaner. Ett storskaligt installationstest har genomförts vid Äspölaboratoriet och i samband med detta har följande undersökningar utförts på potentiella återfyllningsmaterial (SKB R-13-08):

- Mottagningskontroll. Testerna omfattade bl.a. bestämning av vatteninnehåll, svällindex, jonbyteskapacitet (CEC), flytgräns (*liquid limit*) och kornstorleksfördelning
- Hydromekaniska tester. Tester innefattade bestämning av bl.a. svälltryck, hydraulisk konduktivitet och hållfasthet

- Kemiska och mineralogiska undersökningar. I tester ingår bl.a. röntgendiffraktionsanalys (XRD-analys), bestämning av utbytbara kationer samt kemisk analys av mineralen.

Liknande kartläggningar har även utförts för buffertmaterial (SKB P-14-07).

Under den kommande Fud-perioden planerar SKB att ta fram en preliminär kvalitetsplan utifrån specificerade konstruktionsförutsättningar, utformning för buffert och återfyllning samt en övergripande material- och leveransstrategi. I kvalitetsplanen ingår processkartläggning, provtagningsstrategi och provtagningsprogram med metoder som används för kvalitetskontroll. Tillräckligt många mätningar kommer att genomföras för att skapa ett tillförlitligt statistiskt underlag för sambandet mellan densitet och svälltryck samt hydraulisk konduktivitet hos potentiella material, inför PSAR. Inför integrationstester och samfunktionsprovning i Kärnbränsleförvaret i Forsmark behöver kvalitetsplanerna provas för stora volymer material.

Angående tillverkning av buffertkomponenter, har cirka 100 block tillverkats med enaxlig pressteknik. Trots att den befintliga tekniken endast kan pressa block med en höjd på 500 mm, har SKB:s modelleringsresultat visat att tekniken med tillräcklig kvalitet kan tillverka block med höjden på 800 mm vilken är specificerad i referensutformningen (SKB P-14-10). En ny metod för enaxlig pressning har vidareutvecklats med ett delbart foder utan smörjmedel och metoden bedömdes av SKB ha stora fördelar (P-14-11). Metoden kommer att utvärderas. Även pressning med andra bentonitmaterial än MX-80 kommer att utföras. Trots att fokus ligger på tekniken enaxlig pressning hos SKB, kommer utvecklingen av den isostatiska pressningsteknik, som Posiva testat, att följas upp av SKB. Fördelar och nackdelar med dessa två tekniker kommer att jämföras.

Ett stort antal återfyllningsblock har pressats och SKB anser att tillverkningen kan liknas vid den industriella tillverkning som kan förväntas i framtiden. Dessa tester har visat att materialegenskaper såsom vattenkvot, granulstorleksfördelning och mineralogisk sammansättning är de viktiga faktorer som påverkar blockens kvalitet. Bentonitpelletar har också tillverkats vid tester med en kapacitet på 700 – 800 kg/timme. SKB:s fortsatta insatser kommer att inriktas på materialparametrar relevanta för blockpressning, på styrning och kontroll av processerna för block- och pelletstillverkning.

Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun noterar SKB:s skrivningar i avsnitt 10.5.1 om materialförsörjning och kvalitetssäkring av bentonitmaterial, om att ”det inte är rimligt att anta att endast ett material kommer att användas under Kärnbränsleförvarets driftsperiod”. Kommunen frågar om det finns tillräckligt med bentonit tillgänglig av den typ som SKB avser att använda. Kommunen efterfrågar i anslutning till detta vilka kvalitetskrav som kommer att ställas på bentonit i behov av homogenisering.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s insatser kring tillverkning, kontroll och provning av buffert och återfyllning är ändamålsenliga. SSM instämmer med SKB att det är viktigt att ha en god kontroll på hela kedjan från mineralbrytning till färdig installation av buffert och återfyllning. SSM anser att det är positivt att SKB har börjat ta fram en leverantörsstrategi och preliminära kvalitetsplaner baserat på arbetet med processkartläggning och utveckling av mätnings- och kontrollteknik. SSM anser att det är bra att SKB även börjat

och planerar att fortsätta utvecklingen av presstekniken för tillverkning av block och ring av buffert och återfyllning.

8.2.6 Deponering och installation av buffert och återfyllnad

SKB:s redovisning

SKB redovisar planerade insatser avseende tillverkning, kontroll och provning av buffert och återfyllning i avsnitt 10.6 i Fud-program 2016.

Angående deponering och installation av buffert och återfyllning, är SKB:s strategi att de relevanta utrustningarna bygger på ett modultänk med användning av samma utrustning för flera tillämpningar. Respektive utrustning kommer att testas vid Äspölaboratoriet både separat och integrerat.

För deponering i Kärnbränsleförvaret, har SKB fokuserat på att ta fram ett överordnat system för att centralt styra och övervaka de automatiserade funktionerna och processerna i industriella tillämpningar. Ett demonstrationssystem har tagits fram för att styra och övervaka utrustningar oberoende av utrustningsleverantörer. SKB planerar att utföra arbete med att lägga fast automationsgraden i Kärnbränsleförvaret, att vidareutveckla deponeringsmaskinens mekaniska komponenter samt att utveckla teknik för återtag av kapslar, buffert och del av återfyllning.

Utrustning för installation av återfyllningen har testats i Äspölaboratoriet i en tunnel på 450 meters djup med samma dimensioner som en framtida deponeringstunnel. Det är fortfarande svårt att dra slutsatser om utrustningens kapacitet är lämplig. Testet har däremot visat att det går att installera block och pelletar i deponeringstunneln så att installerad densitet blir tillräcklig för att återfyllningen ska uppfylla de avsedda kraven. Arbetet har även utförts för att identifiera lämpliga metoder för hanteringen av vattenflöde i deponeringstunneln under installationsskedet (SKB R-14-09). SKB kommer att arbeta med fortsatt utveckling av tekniken för att säkerställa att installationen kan genomföras med den kapacitet och noggrannhet som krävs. Arbetet kommer även att fortgå för att utveckla och testa metoder för vattenhanteringen i deponeringstunneln.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s insatser kring deponering och installation av buffert och återfyllning är ändamålsenliga. SSM:s bedömning baserar sig på att SKB har börjat ta fram en strategi för utveckling och användning av olika utrustningar för deponering och installation av bufferten och återfyllningen för Bränsleförvaret. SSM ser positivt på att SKB har börjat utveckla tekniker som kan tillämpas med industriell kapacitet och hanteringstakt.

8.2.7 Borrhålsförslutning

SKB:s redovisning

Syftet med förslutningen av undersökningsborrhål är att i största möjliga utsträckning återställa berggrundens initiala vattenflödesegenskaper och förhindra att borrhålen kortsluter transportvägarna till och från deponeringsområdet. SKB:s utvärdering i SR-Site

kom fram till att dåligt förslutna eller till och med oförslutna borrhål har marginell betydelse på grundvattenflödet i berggrunden. SKB anser vidare, baserat på tidigare studier, att borrhålsförslutningens hydrauliska konduktivitet kan sänkas till $< 10^{-6}$ m/s jämfört med det tidigare uppgivna kriteriet på $< 10^{-8}$ m/s. Med anledning av detta ska SKB under den kommande Fud-perioden utvärdera alternativa sätt för borrhålsförslutning för Kärnbränsleförvaret. SKB har påbörjat ett program för borrhålsförslutning med syftet att ta fram en robust förslutningsmetod som säkerställer att ställda krav infrias och möjliggör förslutning av korta borrhål innan byggstart. SKB lyfter vidare fram flera delar i programmet, bl.a. omfattar det en inventering av borrhålens hydrauliska egenskaper och framtagandet av ett kvalitets- och kontrollprogram.

Även SFR har ett flertal borrhål som ska förslutas, vilket ska ske med beprövad metod och teknik. För att uppnå detta avser SKB att vidareutveckla metod och teknik för förslutningen av borrhål. Ett arbete som, där det är möjligt, planeras samordnas med utvecklingsaktiviteterna för det initierade programmet för borrhålsförslutning vid Kärnbränsleförvaret. Gällande borrhålsförslutningen vid SFR betonar SKB vikten av förslutningen av borrhål som ligger inom utbyggnadens område. Detta för att beakta dels den långsiktiga säkerheten dels säkerheten vid uppförandet av SFR-utbyggnaden.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s planerade insatser för teknik- och metodutvecklingen gällande borrhålsförslutning för de olika förvarskoncepten. Gällande lämpligheten i SKB:s förslag på en sänkning av borrhålskriteriet för den hydrauliska konduktiviteten från $< 10^{-8}$ m/s till $< 10^{-6}$ m/s efter förslutning kan SSM i nuläget inte uttala sig om detta innan ytterligare analyser har gjorts som verifierar den föreslagna sänkningen. SSM förväntar sig därför inför PSAR att SKB motiverar ändringen av konstruktionskriteriet för borrhålsförseglingen med hänsyn tagen till effekten på den långsiktiga säkerheten.

8.2.8 Förslutning

SKB:s redovisning

SKB har tidigare genomfört konceptuella studier av hur förseglingen av Kärnbränsleförvaret ska genomföras. SKB bedömer att ytterligare insatser bör göras gällande förslutningskomponenternas storlek och funktion. SKB uppger att en övergripande förslutningsplan ska tas fram vilken avser i något högre grad detaljera förslutningssekvensen för Kärnbränsleförvaret och förslutningspluggarnas storlek och funktion.

Under den föregående Fud-perioden har SKB för SFR tagit fram en konceptuell plan för utformningen av förslutningen. För den kommande Fud-perioden lyfter SKB fram behovet av teknikutveckling för betongpluggar samt fortsatta studier gällande utformningen och installationen av bentonit i hydrauliskt täta sektioner. Inför PSAR avser SKB uppdatera den konceptuella planen för utformningen av förslutningen med avseende på bl.a. förslutningskomponenter samt utformningen och installationen av förslutningen. SKB kommer inför uppdateringen även genomföra en inventering av behovet av verifierande tester.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun refererar till SKB:s redovisning av åtgärder för förslutning av Kärnbränsleförvaret i avsnitt 10.8.1. Kommunen framför att beskrivningen är mycket kortfattad och efterfrågar en tydligare beskrivning av förslutning av Kärnbränsleförvaret med bland annat hänsyn taget till vilka anpassningar som kan behöva göras under uppförande och drift.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB planer för förslutning av de olika förvarskoncepten. SSM är vidare angelägen att SKB adresserar frågor relevanta för förslutningsmaterialens långsiktiga beständighet och dess eventuella konsekvenser för förvarens långsiktiga säkerhet.

8.2.9 SSM:s samlade bedömning avseende buffert, återfyllning och förslutning

SSM bedömer att SKB:s redovisning om framtida insatser för Fud-programmet avseende buffert, återfyllning och förslutning är ändamålsenliga. SSM anser att SKB har identifierat behov för viktiga framtida insatserna inom området. Det framgår av SKB:s redovisning i Fud-program 2016 samt av andra säkerhetsredovisningar för de olika slutförvararna (dvs. Kärnbränsleförvaret, SFR och SFL) att mognadsgraden av teknikutvecklingen för buffert, återfyllning och förslutning baserade på bentonitmaterial är olika i olika slutförvar. SSM ser positivt på att dessa olika mognadsgrader har tagits hänsyn till i SKB:s redovisning för de framtida insatserna.

SSM instämmer med SKB att de forskningsområden för processförståelse som redovisas i detta Fud-program för buffert, återfyllning och förslutning kräver framtida insatser. SSM kan konstatera att processerna huvudsakligen är framtagna ur utfallen av de olika säkerhetsredovisningar som gjordes av SKB i samband med tillståndsprövningar eller i andra sammanhang. Samtliga processer anses av SKB i säkerhetsredovisningarna ha stor säkerhetsbetydelse samt kräva bättre förståelse.

SSM anser dock att SKB:s redovisning av insatserna för återfyllning och borrhålsförslutning för utbyggnaden av SFR är för övergripande och att mer detaljerade insatsbehov bör tas fram.

Både cementbaserade och bentonitbaserade material används som tekniska barriärer i slutförvararna för låg- och medelaktivt avfall (SFR och SFL). SSM anser att SKB bör satsa på att utvärdera och jämföra för- och nackdelarna med användning av respektive material i de olika slutförvararna och också i olika delar av slutförvarsanläggningarna, med det övergripande syftet att optimera konstruktionsförutsättningarna med avseende på förvarets långsiktiga säkerhet.

8.3 Berg

I detta avsnitt framförs myndighetens synpunkter på SKB:s program för teknikutvecklings- och forskningsfrågor gällande berggrunden och slutförvarsanläggningarnas bergutrymmen (kapitel 11). Avsnittet inleds med SKB:s övergripande

redovisning av undersökningsmetoder, modelleringar och metoder för berguttag i samband med uppförande och drift av ett slutförvar. Detta för att säkerställa att uppställda krav under drift samt efter förslutning av ett slutförvar kan infrias. Den övriga delen av avsnittet redogör kortfattat för SKB:s redovisning av arbetet med att öka processförståelsen inom flera olika bergområden relevanta för den långsiktiga säkerheten efter förslutningen.

SSM granskar för närvarande SKB:s ansökningar om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle respektive en utbyggnad av SFR. I syfte att inte föregripa bedömningarna inom bergområdet som hanteras i myndighetens pågående granskningar av dessa ansökningar är myndighetens synpunkter i denna granskningsrapport på en övergripande nivå och med fokus på behovet av fortsatt teknik- och forskningsutveckling.

8.3.1 Detaljundersökningar

SKB:s redovisning

SKB har delat upp redovisningen för detaljundersökningar i tre områden:

- Metodik för detaljundersökningar
- Kritiska geologiska strukturer och bergvolymmer
- Modelleringsmetodik inom detaljundersökningar.

SKB redovisar arbetet som genomförts under den föregående Fud-perioden för att uppdatera detaljundersökningsprogrammet för uppförande och drift av Kärnbränsleförvaret (SKB R-10-08). I detta avseende lyfter SKB fram erfarenheterna från utbyggnaden av Äspölaboratoriet (SKB R-13-28) samt erfarenheterna från Posivas uppförande av berganläggningen i Olkiluoto. Under kommande Fud-period kommer vidareutvecklingen av metoder, verktyg och program för detaljundersökningar att fokusera dels på det inledande skedet av uppförandet av Kärnbränsleförvaret (tillfarer och centralområde) dels på detaljundersökningsmetodiken inför uppförandet av förvaret med deponeringsområden som beräknas ta längst tid att anlägga.

Kritiska strukturer och bergvolymmer styr placeringen av förvarets olika områden. Det är därför av stor vikt att dessa kan identifieras i ett tidigt skede. SKB uppger att målsättningen är att valet av deponeringshålspositioner i högre utsträckning ska baseras på strukturernas faktiska egenskaper och i mindre grad på utfallet av det s.k. FPI-kriteriet (Full Perimeter Intersection Criteria). För att detta ska kunna uppnås bedömer SKB att metoder för att dels identifiera en geologisk struktur som kritisk, dels karaktärisera strukturens hydrauliska egenskaper, behöver förbättras. Likaså anser SKB att metodutveckling av bl.a. mätningen av små vattenflöden i deponeringstunnlar och deponeringshål är nödvändig. SKB redovisar översiktligt en genomförd studie i Äspölaboratoriet med syfte att testa och vidareutveckla metoder och teknik för identifiering, storleksbestämning och karaktärisering av kritiska strukturer. SKB:s fortsatta arbete med identifiering och karaktärisering av kritiska strukturer kommer att fortsätta i Äspölaboratoriet och även i samarbete med Posiva i den planerade utbyggnaden i Olkiluoto. Fokus kommer att vara på att identifiera storleken på de kritiska strukturerna och på att karaktärisera deras egenskaper. Strukturens olika egenskaper kan användas till att uppskatta dess storlek och dess benägenhet till skjuvning i samband med en seismisk händelse.

Gällande modelleringsmetodik inom detaljundersökningar redogör SKB för vikten av att projekteringen och byggproduktionen har tillgång till kontinuerligt uppdaterade geovetenskapliga modeller. SKB betonar betydelsen av att tidigt integrera informationen från pilotborrhål och tunneldrivningen för att i projekteringsskedet ha tillgång till bl.a. en geometrisk beskrivning av kritiska strukturer och det hydrauliskt konnekterade spricknätverket.

SKB redogör övergripande för behovet av etableringen av kontrollprogram som verktyg för att dels vidareutveckla modelleringsmetodiken dels för att etablera en fastställd referensnivå (också kallat för initialtillstånd) vilket är en förutsättning för att utvärdera uppförandets påverkan på platsen och kalibrera framtagna modeller.

SKB arbetar med att ta fram metodikrapporter för geovetenskaplig modellering under detaljundersökningar inom ett flertal ämnesområden. I nuläget finns det utkast på metodikrapporter för geologisk och hydro-geo-kemisk modellering. Under denna Fud-period planerar SKB att utveckla platsbeskrivande modelleringsmetodiken samt att tillämpa och testa metodiken i samband med fortsatta arbeten i Äspölaboratoriet, i Forsmark och i samarbete med Posiva i Olkiluoto.

Remissinstansernas synpunkter

Luleå tekniska universitet framför synpunkter avseende Kärnbränsleförvarets stabilitet med avseende på såväl kapslarnas korrosion i elektriska fält som närfältbergets hållfasthet på sätt som bestäms av platsvalet. Universitetet framför att dessa frågor inte ägnas någon uppmärksamhet i Fud-programmet. Universitetet anför att Kärnbränsleförvarets belägenhet i tätt berg innebär att lerbufferten som omger kapslarna kommer att vara vattenmättad och elektriskt ledande vid kapslarnas ändrar men under lång tid vara torr och oledande över större delen av kapslarnas längd. Det ger ökad genomsläpplighet, förstuvning och minskning av buffertens självläkningsförmåga och duktilitet, samt elektronvandring genom kapslarna som korroderar. Belägenhet av deponeringshål med kapslar i sådant berg ger, som följd av uppvärmningen orsakad av det radioaktiva avfallet, höga mekaniska spänningar i närfältberget som får omfattande sprickbildning och orsakar förskjutning av berg och kapslar och därmed sänkt säkerhet mot radioaktiv kontaminering av grundvattnet.

Universitetet hänvisar till beräkningar av SKB:s egna konsulter och drar slutsatsen att berget kommer att brista om förvaret placeras på den föreslagna platsen i Forsmark på grund av höga bergsspänningar. Universitetet redogör i detalj för bakomliggande resonemang och drar slutsatsen att det kan komma att innebära att kapslarnas spänningstillstånd blir kritiskt högt. Universitetet menar att problemet till stor del kan avhjälpas genom att systematiskt omorientera deponeringshålen, vilket dessutom skulle ge enklare och säkrare inplacering av de högaktiva avfallskapslarna. Som en alternativ möjlighet framförs att minska mängden använt kärnbränsle i kapslarna.

Universitetet framför med stöd av ovanstående att man ser det som nödvändigt för SKB att noggrannare analysera spänningssupbyggnaden i berg och kapslar och vidta de förändringar av håldesign, eller mängd använt kärnbränsle i kapslarna, som krävs för att spänningarna i berg och kapslar skall hållas på acceptabel nivå.

Uppsala universitet anser att det är positivt att mätsystem för etablering av referensinformation om förhållanden vid Forsmark, samt övervakning av ändringar under byggprocessen genomförs.

Sveriges geotekniska institut (SGI) anser med hänvisning till SKB:s redovisning av planering av aktiviteter för kommande Fud-period, att den utrustning som kommer att användas behöver vara väl beprövad för att säkerställa vilka osäkerheter som kan förväntas från en viss metodik. SGI framför vidare att det troligen också kan inträffa beteenden i berget som inte förväntas, men vars fortsatta utveckling under drift och efter förslutning kan behöva hållas under kontroll. SGI framför också att det kan finnas strukturer och volymer i berget som inte kommer att upptäckas under produktion och undersökningar och att SKB behöver ha en strategi för hantering av sådana dolda egenskaper.

SGI framför att det finns ett generellt problem med geometrisk modellering avseende skala, bland annat med hänsyn till stora osäkerheter vid modellering av spröda strukturer. SGI framför vidare att det finns stora osäkerheter på förvarsdjup för nuvarande geometriska modeller. SGI anser att det därför behövs en utveckling av strategier för hur de lokala geologiska observationerna tas till vara för att förbättra den konceptuella förståelsen för enskilda strukturers utbredning i 3D.

Oskarshamns kommun saknar en diskussion om tidsåtgången för detaljundersökningarna inklusive resultatens konsekvenser för förvaret. Kommunen ställer frågan om SKB har förberett olika sannolika utfallsscenarier för detaljundersökningarna och tagit fram handlingsprogram, inklusive tillhörande åtgärder. Kommunen undrar om konsekvenser av olika utfall ryms inom angiven tidplan för slutförvarets igångsättning och drift.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att de erhållna erfarenheterna inom flera områden vid bl.a. utbyggnaden av Äspölaboratoriet kommer att ligga till grund för en förfining samt uppdatering av detaljundersökningsprogrammen för slutförvar.

SSM instämmer med SKB att metodiken vid identifieringen och karaktäriseringen av en geologisk struktur är i behov av förbättringar. SSM ser därför med stort intresse på utfallet av studien som utfördes i samband med utbyggnationen av Äspölaboratoriet. Vidare ser SSM positivt på SKB:s planerade studier i Äspölaboratoriet samt samarbetet med Posiva i samband deras utbyggnad av Olkiluoto. Eftersom det är osäkert hur lång tid det tar för att vidareutveckla metoder för identifiering av lämpliga deponeringshål baserat på bergvolymens faktiska egenskaper samt kritiska strukturer ser myndigheten positivt på att SKB fortsätter med den nödvändiga utvecklingen.

SSM saknar i SKB:s redovisning någon hänvisning till verifierande försök där kritiska geologiska strukturer och bergvolymer, identifierade med av SKB framtagna karaktäriseringsmetoder, undersöks vidare för att bestämma metodernas tillförlitlighet, precision, brister samt tillämpningsområden. Detta bör vara ett viktigt steg innan en ny framtagen metodik börjar användas i predikterings syfte och på en ny undersökningsplats.

SSM bedömer att programmet för platsmodellering/metodik inom detaljundersökningar saknar tydliga syften, mål, specifika testning- samt tillämpningsplatser och är alldeles för kortfattat och oprecist. Specifika problemställningar kopplade till fastställande av initialtillståndet vid ett slutförvar är t.ex. hur mycket förhållanden under tiden för driften av anläggningen kommer att förändras och hur detta påverkar de antaganden som är utgångspunkt för analysen av säkerheten efter förslutning. Till exempel bör SKB undersöka vilka processer som ligger bakom minskningen av inflödet till SFR och Clab

för att skapa förståelse för varför inflödesdata kan förändras med tiden och hur de exempelvis behöver tolkas inom platsmodelleringen.

8.3.2 Tunnelproduktion

SKB:s redovisning

SKB uppger att teknikutvecklingen gällande tunnelproduktion fokuserar på att identifiera material och beprövad teknik som säkerställer att uppställda krav kan infrias vid byggnationen av Kärnbränsleförvaret. Behov av ytterligare detaljering av kvalitetssäkringssåtgärderna under tillverkning uttrycks finnas som kan leda till framtagandet av kvalitetsplaner för tunnelproduktion.

SKB lyfter fram vikten av att deponeringstunnlarnas sula är plan. Med anledning av detta utreder SKB alternativa metoder till konventionell borrhning/sprängning, som vadersågning och mekanisk brytning, vid tunneldrivningen. De alternativa metoderna kan även ge en mindre skadezon runt deponeringstunnlarna. SKB har under den föregående Fud-perioden genomfört studier för att öka kunskapen om skadezonens egenskaper och utbredning runt en tunnel (t.ex. TAS04-experimentet). Under den kommande Fud-perioden avser SKB påbörja integrationstest för tunneldrivning.

Baserat på Posivas teknikutvecklingsarbete för borrhningen av deponeringshål med annan utrustning än den som använts på Äspö avser SKB förbättra sin metodik vid borrhningen av deponeringshål. I samband med de ovan angivna integrationstesterna kommer den vidareutvecklade metoden för borrhning av deponeringshål att testas.

Injekteringen av bergutrymmen under uppförandet av Kärnbränsleförvaret ställer höga krav på att injekteringen inte har för stor påverkan på bergets barriäregenskaper. Kraven gäller bl.a. vilket injekteringsmaterial som används och att injekteringsarbetet inte leder till hydraulisk sprickvidgning. Gällande injekteringsmetodik lyfter SKB fram de erfarenheter som erhöles i samband med bergprojekteringen och bergarbetena vid utbyggnaden av Äspölaboratoriet. För utbyggnaden tillämpade SKB sig av observationsmetoden vid styrningen av injekteringsarbetet. SKB utförde även en utvärdering av Äspölaboratoriets befintliga monitoringsystem HMS (Hydro Monitoring System), vilket liknar det som finns i Forsmark, vid övervakningen av grundvattensänkningen i samband med utbyggnaden. SKB avser att uppdatera metodbeskrivningar för injekteringsmaterial med lågt pH inför drivningen av Kärnbränsleförvarets bergutrymmen. SKB planerar även att ta fram en strategi för kontroll och verifiering av injekteringsresultat.

Remissinstansernas synpunkter

Sveriges geotekniska institut (SGI) bedömer att borrhning av deponeringshål kommer att ge platsspecifika problem och anser därför att SKB behöver beakta att resultat från Äspö och Onkalo kan skilja sig något från Forsmark.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s utförda studie och de erfarenheter som erhållits i samband med utbyggnaden av Äspölaboratoriet samt erhållna av Posiva från sina arbeten med Onkalo. SSM ser positivt på SKB:s insatser för att ta fram kvalitetsplaner för tunnelproduktion som kopplar till verifiering av kraven från den långsiktiga säkerheten.

För drivningen av deponeringstunnlar och borrningen av deponeringshål ser SSM positivt på SKB:s planer att genomföra integrationstester. Likaså ser SSM positivt på att SKB tar vara på erfarenheterna från Posivas utvecklingsarbete för borrningen av deponeringshål för att ta fram en optimerad teknik för tillämpning i stor skala.

SSM är vidare angelägen om att SKB:s planer på att ta fram en strategi för kontroll och verifiering av injekteringsresultat genomförs. SSM noterar att det inte nämns några fortsatta studier om de geologiska egenskaperna samt tätningsegenskaperna hos låg-pH-cement för injektering eller alternativa injekteringsmaterial (t.ex. silicalsol) och dess beständighet under långa tidsintervaller. SSM anser det vara viktigt att fortsätta med forskning och utveckling av dessa material och säkerställa tillverkning samt produktionskrav som speglar uppställda krav för den långsiktiga säkerheten.

8.3.3 Modellering av diskreta spricknätverk

SKB:s redovisning

SKB redogör för att DFN-modeller har utvecklats som kan konditioneras med tillgängliga mätdata, vilket är önskvärt när prediktioner ska göras utifrån data som kopplas till DFN-modellering. Detta skulle kunna visa sig användbart för tillämpning av olika kriterier för att acceptera deponeringspositioner i berget som kopplar till hydrogeologin. I detta syfte har SKB bedrivit utveckling av beräkningsverktyg för DFN-modellering och genomfört tester med data från Äspölaboratoriet. Därutöver har SKB i internationell samverkan tagit fram en alternativ metod för generering av DFN-modeller, kallad UFM, som utgår från processerna som styr tillväxt och avstannande av tillväxt av sprickor. Slutligen redovisar SKB att påverkan av geometrisk osäkerhet i borrhålsdata har undersökts.

Under den kommande Fud-perioden avser SKB att studera effekten av grundläggande antaganden inom gällande DFN-metodik och att utveckla metodiken. SKB planerar att undersöka möjligheterna för att konditionera modellerna med bl.a. hydrauliska och andra geofysiska data. SKB har därutöver planer att studera en rad konceptuella frågor bl.a. effekten av en heterogen fördelning av sprickintensitet. Arbetet med undersökningarna av effekterna av geometriska osäkerheter i borrhål fortlöper. SKB har även planer på att studera effekten av heterogenitet och kanalbildning i enskilda sprickor med avseende på modellkalibrering och skalningsfaktorer som tillämpas i radionuklidtransportberäkningar. Arbetet med UFM-modellen bedrivs vidare för att förfina metodiken exempelvis genom att ta hänsyn till heterogeniteter, klustring samt skärningar hos spricknätverket som hittills inte har adresserats. Därutöver är målsättningen att även tillämpa UFM-modellen för hydrogeologiska analyser.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s program för DFN-modellering är välgrundad med en tydlig koppling till frågor som har uppmärksammats i SKB:s arbete med säkerhetsanalysen SR-Site. SSM bedömer att arbete med att konditionera DFN-modeller med data är intressant och att det kan vara betydelsefullt att skapa förståelse för hur DFN-modeller på en deponeringstunnelskala i Kärnbränsleförvaret som konditioneras med tillgängliga data förhåller sig till och kan kopplas till de storskaliga modellerna som har tagits fram inom den platsbeskrivande modelleringen. Därutöver anser SSM att det är av vikt att skapa förståelse för betydelsen av de processer som inverkar på flödesobservationer vid öppningar i berget för att kunna tolka data i förhållande till ett diskret spricknätverk. Det

med tiden avtagande flödet i SFR belyser exempelvis utmaningar i att tolka DFN-egenskaper utifrån inflödesdata från en anläggning i berg.

SSM anser att påverkan av paleospänningsfält samt reologin på spricknätverket på större skala endast med svårighet kan förstås genom en analys av mätnadsgrad, korrelationer, anisotropier, alternativa initieringsprocesser samt global energiförbrukning i uppsprickningsprocessen. Detta på grund av att uppsprickningsprocesserna har skett vid olika tidpunkter, vid olika spänningsfält och kan ha nått olika mätnadsgrader.

8.3.4 Hydrokemi- och transportmodellering

SKB:s redovisning

SKB har vidareutvecklat kopplingen mellan de hydrokemiska och hydrogeologiska modellerna för att beräkna transport av viktiga kemiska grundvattenkomponenter. Resultaten från dessa kan sedan kopplas till beräkningar av radionuklidtransport som innefattar effekter av hydrokemin på olika radionuklidens sorptionsförmåga. Modelleringsarbete utifrån försök kring bergets transportegenskaper har påbörjats.

SKB planerar vidare utveckling av de hydrokemiska beräkningsverktygen. Därutöver avser SKB att genomföra ytterligare mätningar på platsspecifikt material för att bättre kvantifiera transportparametrar. Metoder som baseras på elektromigration ska undersökas ytterligare liksom modellering av gastransport.

SSM:s bedömning

SSM har inget att invända mot SKB:s program för hydrokemisk- och transportmodellering. De planerade insatserna inom området gastransport anser SSM är intressanta och kan vara betydelsefulla för transportberäkningar i samband med såväl hög- som låg- och medelaktivt avfall.

8.3.5 Koppling mellan ytnära och djupt grundvatten

SKB:s redovisning

SKB beskriver att de i kommande program kommer att utveckla en strategi för hur, och på vilken nivå, ydrologiska processer kan inkorporeras i modellerna för det djupa grundvattnet. Strategin är tänkt att leda till mer realistisk modellering av transportvägar för lösta ämnen i ytnära lager. SKB anger också att planen är att testa strategin i den pågående säkerhetsvärderingen av slutförvaret för långlivat avfall (SFL).

SKB uppger också att kopplingen mellan geosfärs- och biosfärsmodell (dosmodell) ofta sker genom användning av en omvandlingsfaktor som representerar både ett rumsligt och ett tidsmässigt maxvärde och att detta förfaringssätt t.ex. användes i SR-Site. SKB menar att detta är ett pessimistiskt angreppssätt som förmodligen överskattar doseffekterna. Vidare menar SKB att doseffekterna överskattas av att spridning och utspädning i geosfären negligeras. I kommande program kommer SKB att ytterligare undersöka effekterna av dessa förenklingar, samt alternativa angreppssätt för modellering av förenklingarna. Effekten av spridning och utspädning i geosfären kommer specifikt att undersökas i den pågående säkerhetsvärderingen av SFL.

Remissinstansernas synpunkter

Sveriges geotekniska institut (SGI) bedömer att utöver den utveckling som sker på modelleringsfronten, så kommer det mest kritiska för platsförståelsen och förvarets hydrauliska integritet vara att lokalisera hydrauliska kontaktpunkter mellan jord- och berg-akvifär, mellan olika sprickdomäner och mellan deponeringshål och omgivande transmissiva zoner/ kanaler i sprickor. SGI framför att lokaliseringen av sådana kan vara svår, och än svårare i den framtida hydrauliska situationen. SGI efterfrågar en tydlig strategi för hur osäkerheter kring lokalisering av vissa företeelser i berget skall hanteras i modeller och vid säkerhetsmässiga bedömningar.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB planerar en strategi för att undersöka hur modelleringen av ytnära och djupt grundvatten kan kopplas ihop. SSM uppmuntrar också planen att testa strategin i den pågående säkerhetsvärderingen av SFL.

SSM stödjer SKB:s plan att undersöka kopplingen mellan geosfärs- och biosfärsmodell (dosmodell), de förenklingar vad gäller kopplingen som gjorts t.ex. i SR-Site och alternativa angreppssätt för modellering av förenklingarna. SSM uppmuntrar också att SKB planerar undersöka effekten av spridning och utspädning i geosfären i den pågående säkerhetsvärderingen av SFL.

8.3.6 Utveckling av hydrogeologiska beräkningsverktyg

SKB:s redovisning

SKB redovisar planerade insatser för underhåll och utveckling av beräkningsverktygen Connectflow, DarcyTools och MikeSHE för att omhänderta ny kunskap inom området hydrogeologi och hydrologi.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB underhåller de beräkningsverktyg som används inom den hydrogeologiska modelleringen. SSM anser att SKB noga bör bedöma nyttan med ökad komplexitet i modellerna i förhållande till de konceptuella osäkerheter som föreligger när det gäller modellering av vattenflöde genom sprickigt berg när insatserna planeras.

8.3.7 Påverkan av islast på bergets flödes- och transportegenskaper

SKB:s redovisning

SKB redovisar att arbete tidigare har utförts för att analysera termo-hydro-mekaniska kopplingar som inverkar på berget under en islast. Beräkningarna har baserats på konservativa antaganden i avsaknad av mer detaljerad kunskap.

SKB planerar att etablera tredimensionella platsspecifika modeller i olika skalor för att undersöka termo-hydro-mekaniska kopplingar som påverkar bergets egenskaper. Dessa planer är långsiktiga.

SSM:s bedömning

SSM noterar att frågan om termo-hydro-mekaniska kopplingar under islast med avseende på transportegenskaper inte förefaller ha någon avgörande betydelse för resultaten i säkerhetsanalysen SR-Site. Även med konservativa antaganden om hydrokemiska processerna och tillhörande transportegenskaper bedömer SKB att syrenedträngning till slutförvaret är osannolikt (SKB, 2011 avsnitt 10.4.7), vilket stöds av data från GAP (TR-14-13). Antagandet av buffererosion under hela analysperioden pga. utspädda vatten medför enligt SKB heller inte något större påverkan på säkerhetsanalysens resultat. SSM anser dock att termo-hydro-mekaniska kopplingar är betydelsefulla för ökad förståelse för en rad frågor, exempelvis tunnarnas stabilitet, inflöden till slutförvarsanläggningen under drift och under återmättnadsperioden och termisk belastning efter förslutning.

8.3.8 Effekt av frysning på bergets flödes- och transportegenskaper

SKB:s redovisning

SKB har utfört fältundersökningar på Grönland och modelleringsinsatser för att förbättra den konceptuella förståelsen för det hydrogeologiska systemet i periglaciala områden. Resultat har publicerats vetenskapligt.

SKB planerar fortsatta studier kring hydrologin i periglaciala områden med ytterligare in-situ försök på Grönland och modellering som ska fokusera på effekter av vattnets temperatur på permafrostdynamik och vattenströmning. SKB avser att driva mätstationerna på Grönland flera år framöver. Den utökade kunskapen ska appliceras på framtida periglaciala förhållanden i Forsmark. SKB påpekar att volymförändringar i berget som påverkas av permafrost kan orsaka sprickbildning.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s utförda arbete och planerna på framtida insatser inom området hydrologi och permafrostdynamik i periglaciala områden. Resultaten bör kunna komma till användning inom såväl kärnbränsle- som Loma-programmet.

SKB utvecklar inte sina resonemang om vilka effekter på den långsiktiga säkerheten ny sprickbildning i bergrummens väggar kan få i samband med slutförvarsanläggningar som ligger på litet till medeldjup såsom SFR. SSM bedömer att aspekter som påverkar flödes- eller transportegenskaperna borde ha belysts mera ingående av SKB i det aktuella Fud-programmet.

8.3.9 Hantering av glaciationscykel i hydrokemi- och transportmodellering

SKB:s redovisning

SKB redovisar att arbetet i GAP och GRASP har lett fram till kunskap om hydrologiska processer i avrinningsområden under permafrostförhållanden. SKB planerar att utnyttja de vidareutvecklade transportmodellerna för att undersöka nedträngning av utspädda och syresatta vatten i berget i Forsmark och för att modellera en hel glaciationscykel.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s planer att koppla ihop modelleringen under olika delar av klimatcykeln för att förbättra förståelsen för hur dagens geokemiska och hydrologiska förhållanden har uppstått efter en glaciation. SSM noterar att SKB i scenarioanalysen i säkerhetsanalysen SR-Site kopplade kunskapen om hydrokemiska och hydrologiska förhållanden på ett förenklat sätt till frågan om slutförvarets utveckling och främst bufferterosionen. SSM anser att SKB bör överväga att förstärka dessa kopplingar i framtida säkerhetsanalyser.

8.3.10 Effekt av frysning på bergets mekaniska egenskaper

SKB:s redovisning

Frysning orsakar volymförändringar i berget som kan leda till sprickbildning och förändrade mekaniska, hydrauliska samt transportegenskaper. Angående dessa frågeställningar lyfter SKB fram sitt deltagande i forskningsprojektet DECOVALEX samt ett doktorandprojekt i samarbete med Chalmers tekniska högskola. Det sistnämnda projektet har bl.a. studerat frågan om vilken effekt volymförändringen i samband med frysning av berggrunden har för spricktillväxt eller för sprickgenerering.

SKB betonar att det finns ett behov att öka förståelsen kring effekten av frysning på bergets mekaniska egenskaper, vilket bör ske inför PSAR och SAR för Kärnbränsleförvaret respektive SFR. SKB planerar därför att öka kunskapen om brottmekanismerna associerade med sprickbildning och spricktillväxt. SKB avser även att utföra kopplade tredimensionella THM modelleringar omfattande relevanta DFN-beskrivningar och mekaniska egenskaper för Kärnbränsleförvaret respektive SFR.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på etableringen av tredimensionella THM modelleringar omfattande relevanta DFN-beskrivningar och mekaniska egenskaper för Forsmark. SSM anser att dessa, förutom den platsbeskrivande och predikterande funktionen, även bör uppmärksammas för deras förmåga att uppskatta eventuell ny sprickbildning och förändringar i flödes- och transporegenskaperna i berget.

8.3.11 Seismisk påverkan på säkerhet efter förslutning

SKB:s redovisning

SKB redovisar det nuvarande kunskapsläget och planerade insatser under den kommande Fud-perioden inom flera områden relaterat till seismisk påverkan. Dessa områden är:

- seismisk övervakning
- undersökning av sen- till postglaciala förkastningsrörelser
- undersökning av postglaciala diskordanta erosionsytor
- modellering av seismisk påverkan på Kärnbränsleförvaret.

SKB betonar vikten av det svenska nationella seismiska nätet (SNSN) vilket sedan år 2000 har övervakat den seismiska aktiviteten över en stor del av Sverige. SKB lyfter fram SNSN:s betydelse vid arbetet att prediktera frekvensen och magnituden av framtida jordskalv samt betydelsen av att förtäta de seismiska stationerna vid seismiskt aktiva områden för att på så sätt kunna få mer precisa data.

SKB betonar vikten av att fastställa magnituden och frekvensen av postglaciala skalv som inträffat efter att istäcket drog sig tillbaka. Dessa så kallade paleoseismiska studier är viktiga vid analysen av Kärnbränsleförvarets långsiktiga säkerhet. SKB har varit delaktiga i arbeten vilka baserats på Lidar-observationer och på data som erhållits från SNSN som tydliggjort den glacialt inducerade Burträskförkastningens utsträckning. Under den föregående Fud-perioden har SKB varit delaktiga i en studie som visar att nutida skalv ofta kan hänvisas till glacialt inducerade förkastningar. Med anledning av detta bedömer SKB att fördelningen av skalv i närheten av Hudiksvall indikerar en oupptäckt post-glacial förkastning. SKB planerar att förtäta det seismiska nätet i det aktuella området samt detaljera utvärderingen av den geologiska och geofysiska informationen. Ytterligare studier planeras av SKB för att utröna huruvida topografiska lineament identifierade från högupplöst Lidar-data kan kopplas till postglaciala förkastningsrörelser.

I tidigare kvartärstratigrafiska studier längs med Upplandskusten har det i den översta delen av lagerföljden noterats spår efter stark erosion följt av deponering av grova sediment (postglacial diskordant erosionsyta). Erosionen och avsättningen av grovkorniga sediment förklaras som antingen ett resultat av starka bottenströmmar eller av en tsunami som genererats av en postglacial förkastningsrörelse. För att bättre förstå vad som orsakat erosionen planerar SKB under den kommande Fud-perioden att genomföra fördjupade studier av denna erosionsyta och de överlagrande sedimenten. Även analyser från sedimentkärnor från sjöar belägna över högsta kustlinjen kan komma att genomföras.

Under den föregående Fud-perioden har SKB:s modellering av seismisk påverkan på Kärnbränsleförvaret förbättras dels genom ett doktorandprojekt dels genom ett samarbete med Posiva som syftar på utveckling av metodik och beräkningsverktyg. Framöver avser SKB att de modellosäkerheter som hittills hanteras med pessimistiska antaganden ska kunna minskas och ge mer realistiska bedömningar, vilka ska ligga till grund för analyserna av den långsiktiga säkerheten. SKB bedömer att med hjälp av mindre pessimistiska antaganden kan uppskattningar av inducerade skjuvrörelser avsevärt reduceras. Även optimering av förvarslayouten kan leda till mindre skjuvrörelser för målsprickor i närheten av deponeringshålet. SKB redovisar översiktligt flera områden där utvecklingsinsatser gällande modellering under den kommande Fud-perioden planeras. Dessa modelleringsinsatser syftar bl.a. till att ge: i) mer realistisk hantering av förkastningens kanter; ii) bättre förståelse av dels betydelsen av förkastningarnas förgreningar och förkastningars samverkan under skalv; iii) implementering av alternativa brott-propageringsalgoritmer; iv) implementering av plastisk till semiplastisk deformation längs förkastningsplaner; v) förbättrad hantering av parameterosäkerheter och propageringen av osäkerheter; vi) modelleringsfall där målsprickan i samband med skjuvning förlorar något av sin hållfasthet ("stick slip behaviour") och fall där målsprickan, med varierande hållfasthetsegenskaper, delvis ligger i skadezonen eller tangerar förkastningen där den primära rörelsen sker.

Remissinstansernas synpunkter

Uppsala universitet anser att det är positivt att SKB inser att seismiciteten i området inte kan förväntas vara stationär (dvs att mönstret kan ändras över tid), och att detta bör tas i beaktande. Universitetet framför att viktiga informationskällor som eventuellt kan leda till förbättrade insikter är, som SKB beskriver i Fud-program 2016, paleoseismiska undersökningar samt högupplösningsanalyser av pågående seismisk aktivitet.

Universitetet anser vidare att det är positivt att SKB inser att avancerad modellering av effekter på förvaret av eventuella större jordskalv i området är ett viktigt verktyg för att bedöma riskbilden. Universitetet refererar till SKB:s redogörelse för fokus för fortsatta studier för att identifiera karaktärisera kritiska strukturer. Universitetet framför att det mot bakgrunden av det påtagligt icke-stationära i naturlig seismicitet, samt risken för inducerad aktivitet pga. konstruktionsarbeten, kan visa sig önskvärt att få fram högupplösta 3D-strukturmodeller, bl.a. med hjälp av seismiska metoder, till större djup än tidigare.

Universitetet anger vidare att mikroseismiska studier kan ge viktig information om spänningsförhållanden, även i volymer som inte är direkt tillgängliga. Universitetet framför att det av flera olika skäl är av stor vikt att ett mycket känsligt seismologiskt nätverk etableras snarast i Forsmarkområdet, i god tid innan byggarbetet börjar.

Sveriges geotekniska institut (SGI) bedömer att modeller av diskreta spricknätverk i nuläget troligen avviker från naturliga nätverk av sprickor. SGI anför att det är troligt att (delar av) vissa högtransmissiva sprickor inte kommer att identifieras vid bormning av undersökningshål eller uttag av tunnlar eller indikeras av indirekta metoder. Därför kommer de inte heller att kunna modelleras deterministisk och inte heller stokastiskt. SGI efterfrågar en tydlig strategi för hur osäkerheter kring lokalisering av vissa företeelser i berget skall hanteras i modeller och vid säkerhetsmässiga bedömningar.

SGI tycker det är bra att det svenska nationella seismiska nätet (SNSN) har god täckning i Forsmark. SGI frågar sig i vilken utsträckning som utrustningen också kan registrera och lokalisera akustisk emission under uppförande, drift och efter förslutning av förvar och framför att nätverket troligen behöver kompletteras med seismometrar under mark. SGI efterfrågar en strategi för framtida mätning, samt tolkning och analys av seismiciteten runt förvaret.

SGI anser att frågan om undersökning av glacialt inducerade förkastningar är viktig för riskvärdering och säkerhetsbedömning. Dels hur koppling mellan isavlastning och större deformationer och historisk seismicitet ser ut, men även mellan nuvarande seismicitet och geologiska strukturer för att förstå samband mellan strukturer seismicitet avseende läge, skalvstorlek och typ av struktur. SGI framför att även förståelsen för fenomenet ridge-push och dess lokala betydelse i sammanhanget är av vikt för utvärdering av seismicitetens orsak och horisontella bergspänningars riktningssorsak.

SGI bedömer att modellering av övergångar och kontakter mellan större strukturer (till exempel Forsmarkzonen, Eckarfjärdszonen och Singözonen) med zoner av dignitet inne i kandidatområdet, är enbart baserad på indirekta metoder (framför allt geofysiska mätningar av det jordmagnetiska fältet). SGI anser att fördjupade undersökningar i några kontaktområden bör kunna ge en bättre förståelse för betydelsen och uppträdandet av sprickzoner var för sig och i relativt samband vid seismiska händelser bakåt i tiden.

SGI antar, även om det inte är uttalat i Fud-programmet, att de föreslagna insatserna rörande seismicitet också kan leda fram till en välunderbyggd platsspecifik seismisk riskanalys, en så kallad PSHA (probabilistic seismic hazards assessment) enligt IAEA:s riktlinjer. SGI anser att en välunderbyggd sådan kommer att ge bra stöd vid utvärdering av PSAR och SAR.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s planer att baserat på SNSN minska osäkerheterna vid beräkningen av nutida skalvs magnitud och lokalisering. SSM konstaterar att SKB:s redovisning av Fud-program 2013 omfattade en beskrivning av planerna att etablera ett lokalt seismiskt nät vilket SKB uppgav beräknades vara i drift några år innan byggstart av Kärnbränsleförvaret. En sådan installation bedömdes vid myndighetens granskning av Fud-program 2013 vara av stor vikt särskilt under Kärnbränsleförvarets drift, men i Fud-program 2016 nämner inte SKB dessa planer. SSM betonar därför att myndigheten är fortsatt angelägen om att SKB genomför dessa i föregående Fud-programs redovisade planer på ett lokalt seismiskt nät.

Gällande paleoseismiska händelser betonade SSM vid granskning av SKB:s ansökan om att bygga Kärnbränsleförvaret vikten av att förbättra förståelsen av jordskalvsfrekvensen och jordskalvmagnituden i samband med deglaciationen av Weichsel. SSM ser därför positivt på SKB:s redovisning av det utförda arbetet i Burträskområdet. Likaså stöder SSM SKB:s planer på att identifiera fler glacialt inducerade förkastningar, vilket dels ska ske med hjälp av en temporär förtätning av SNSN i Hudiksvallsområdet dels med utgångspunkt av Lantmäteriets laserbaserade, högupplösta digitala höjdmodell. Vidare ser SSM positivt på SKB:s planer att undersöka huruvida observationerna av den översta delen av den kvartära lagerföljden vid Upplandskusten kan spåras till seismiska händelser.

SSM bedömer att SKB mer ingående bör adressera frågan hur mycket nyidentifierade postglaciala skalv av relativt stora beräknade magnituder förändrar den uppskattade frekvensen för större skalv för en glacial period liknande Weichsel. I och med att den uppskattade frekvensen bygger på antalet dokumenterade skalv, bör sannolikheten för större postglaciala skalv öka varje gång bevis för ett större skalv insamlas (såsom för Burträsk, Iggesund m.fl.). Detta påverkar uppskattningen av den seismiska risken för Kärnbränsleförvaret efter förslutning som idag bygger mestadels på frekvensfördelningar baserade på nutida skalv eller på tidiga uppskattningar av postglaciala frekvenser gjorda senast 2006. SKB anger i Fud-redovisningen att det kan finnas oupptäckta glacial-inducerade förkastningar som kan förändra dagens bild. I detta avseende skulle en del av insatserna vara fokuserade på mindre utforskade lokaliteter där det finns större sannolikhet att tidigare oupptäckta glacialinducerade förkastningar kan ligga, särskilt i mellersta Sverige.

SSM ser positivt på SKB:s arbete att vidareutveckla jordskalvmodelleringen, särskilt med avseende på att kvantifiera osäkerheterna. I detta avseende anser SSM att SKB:s planer med att vidareutveckla sina jordskavmodelleringar inte är helt tillfredställande för att de inte försöker uppskatta de konceptuella osäkerheterna anknutna till just SKB:s antaganden. Alternativa konceptualiseringar berörs av SKB endast som detaljer i den övergripande valda SKB:s konceptualisering som bygger på 3DEC-modelleringar. SKB utgår också ifrån att utvecklingen för de fortsatta studierna kommer att leda till en reducering av den uppskattade inducerade skjuvningen på målsprickor.

Som SSM redan framfört för det som gäller de hydrogeologiska samt transport-modelleringarna som SKB planerar genomföra, bör SKB utvärdera nyttan med ökad komplexitet i modellerna i förhållande till de konceptuella osäkerheter som föreligger när det gäller modellering av jordskalv när insatserna planeras.

Jordskalven påverkar sprickor i ett spricknätverk. Därför anser SSM att insatser bör göras av SKB för att öka förståelsen dels hur sprickor påverkar varandra under ett skalv dels hur stor den förväntade stokastiska variationen av målsprickors skjuvrörelser är. SKB nämner inte heller om några studier planeras för att bekräfta proportionaliteten mellan den största skjuvrörelsen på målsprickor och dess storlek, och hur detta påverkas av skärningarna mellan olika sprickor i ett spricknätverk. Dessa aspekter har också SSM påpekat inom granskningen av SKB:s ansökning om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle.

8.3.12 Bergmassans mekaniska egenskaper

SKB:s redovisning

SKB betonar i sitt program att de kopplade modellerna av bergmassan förutsätter att mekaniska egenskaper ska kunna beskrivas i olika skalor för att kunna ta del av fältresultat samt kunna prediktera geologiska och mekaniska förhållanden i områden där man endast har tillgång till begränsad data. Ett angreppssätt som SKB planerar tillämpa bygger på konceptet för syntetisk bergmassa (SRM, Syntetic Rock Mass).

SKB har följt upp utvecklingen för diskreta elementmetoder (DEM), partikelbaserade metoder (t.ex. Particle Flow Code från Itasca), men även kombinationer av dessa. Den centrala frågeställningen är dock uppskalning av bergmassans egenskaper eller av sprickegenskaper inklusive geometriska effekter som vågigheten. För bergmassan har t.ex. en kombination av analytiska och numeriska modeller för uppskalning av effektiva elastiska egenskaper upp till 100 m utvecklats av Posiva medan studier om storskaliga geometriska effekter på skjuvegenskaper hos sprickor har genomförts för SKB av Chalmers tekniska högskola.

SKB anser även fördjupa sina studier om effekten av högspänningsförhållandena för bergsprickor, dels hur deras dilatans utvecklas under skjuvning samt höga normalspänningar, dels hur vattenflödet genom en spricka påverkas av dilatansen. Den nuvarande förståelsen är att höga normalspänningar dämpar transmissivetsförändringar i sprickorna.

SKB:s program innefattar därför insatser inom: i) skaleffekter och konceptualisering, ii) egenskapsansättning till sprickorna i DFN-modellerna med hänsyn till t.ex. transmissivitet, iii) jämförelse mellan lab- och in situ-resultat, och iv) påverkan av spänningsfältet. Dessa studier strävar även efter att, baserat på insamlade data under utförande och drift av ett slutförvar, fastställa förhållanden som utgör initialtillståndet för säkerhetsanalyser efter förslutning.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB fortsätter med grundforskningsinsatser inom mekaniska och hydrauliska sprickegenskaper samt dess uppskalning. Likaså är det bra att SKB även satsar på att vidareutveckla uppskalningstekniker för bergmassans egenskaper. Dessa

ansträngningar bidrar också till en bättre förståelse av uppmätta parametrar som definierar initialtillståndet för säkerhetsanalyser efter förslutning för ett slutförvar.

SSM har dock invändningen att SKB:s planer täcker ett för brett område och är för oprecisa. De presenterade frågeställningarna har varit föremål för internationell grundforskning sedan 60-talet och är fortfarande inte lösta, vilket gör det osannolikt att de ska kunna avgöras inom ramen för den nuvarande Fud-perioden (sex år). Därför är det viktigt att SKB prioriterar sina insatser och bestämmer tidpunkten då dessa har kunnat genomföras funktionellt till de tidpunkter då de behövs för att förbättra SKB:s förståelse av processer i bergmassan och i sin tur förbättra de kommande säkerhetsanalyserna för slutförvar.

8.3.13 Inducerad rörelse i bergmassan orsakad av termisk, seismisk eller glacial belastning

SKB:s redovisning

SKB lyfter fram att de sedan Fud-program 2007 studerat flera processer som påverkar bergets hållfasthetsutveckling över tid. SKB betonar att det finns ett behov att ytterligare studera sprickors och förkastningarna påverkan av jordskalv, dvs. dynamiska processer som inträffar när bergets hållfasthet snabbt överskrids. Vidare uppger SKB att det finns ett behov av att utvärdera vilken påverkan tidsberoende spricktillväxt har på sprickors hållfasthet och transmissivitet i närområdet under Kärnbränsleförvarets olika tidsfaser. Under följande Fud-period avser SKB förbättra sin modelleringskapacitet för förståelsen av sprickpropagering, av hur termisk, seismisk och glacial last påverkar spricktransmissiviteten och av spjälkningen i berget runt deponeringstunnlar och deponeringshål.

Remissinstansernas synpunkter

Sveriges geotekniska institut (SGI) framför att förändrade laster på berget runt förvarets vitala delar (bergmekaniska laster i samband med uttag och tiden fram till förslutning, termiska laster från avfallet, islaster från kommande glaciationscykler) bör integreras i THM-modelleringar för att öka förståelsen för dynamiska förlopp som kan påverka bergets deformation och porositet.

SGI anser att föreslagna utvecklingar av metodik för beräkningar av bergets HM-egenskaper är bra. SGI framför att fastställande eller uppskattande av parametrar behöver förses med tydlig osäkerhetklassning för att belysa naturligt förekommande variabilitet i sprickors egenskaper och uppträdande. SGI undrar hur utfallet av modellerna för beräkningar av berget HM-egenskaper ska verifieras och om det kan finnas icke förutsedda parametervärden som kan ge liknande utfall.

SGI framför att SKB:s förslag till program avseende utveckling av modelleringskapacitet och modelleringsförmåga avseende spjälkning som effekt av spänningsförändringar orsakade av seismisk, termisk, och glacial last är viktiga. SGI noterar att eventuell förekomst av aseismisk deformation (krypning) längs sprickplan inte avses att beröras i Fud-perioden. SGI framför att förekomst av deviatoriska bergspänningar runt skapade undermarksgeometrier kommer att medföra lokala spänningstillstånd där sprickor kommer att vara kritiskt nära sin skjuvhållfasthet. SGI framför att i ett läge där skjuvhållfastheten i ett sprickplan överskrids blir support från omgivande berg (samt eventuella

förstärkningar) avgörande för om plastisk deformation inträffar. SGI anser att denna risk behöver studeras och värderas. SGI framför också att borrning av deponeringshål ger släta väggar där sprickors egenskaper är svåra att kartlägga. SGI framför därför att en metod för att kartera bergvolymen mellan pilothål och deponeringshålets väggar behöver utvecklas för att ge bättre förutsättningar för att på ett korrekt sätt parametersätta sprickors egenskaper där de är verksamma.

SGI framför också att utveckling av kriterier för diskriminering av lokaliseringar för deponeringar är ett viktigt utvecklingsområde och att karaktärisering av sprickytors egenskaper i deponeringshål skulle kunna utgöra en viktig informationskälla i det sammanhanget.

SSM:s bedömning

SSM betonar i granskningen av Fud-program 2013 att SKB:s bergmekaniska modelleringar bör sträva efter att kvantifiera inverkan av realistiska spricknätverksgeometrier på tillstånd och processer relevanta för säkerheten och orsakade av termisk, seismisk eller glacial belastning. I SKB:s nuvarande planer nämns inte några sådana studier.

Angående den presenterade planen i Fud-program 2016 för utveckling av förståelsen för spjälkning i berget anser SSM att det inte finns tillräckligt med detaljer för att avgöra ändamålsenligheten av de planerade aktiviteterna. Det framgår inte heller i vilket syfte dessa studier bör genomföras och vilka nyckelfrågor som bör besvaras med dess resultat.

SKB har tidigare genomfört studier om förekomsten av en nedre spänningströskel mot vilken hållfastheten i bergmassan kan upprätthållas på obestämd tid. SSM ser studien som intressant och bedömer att studien behöver kompletteras med en uppskalning som bekräftar slutsatserna även på större skala än mikroskala. Detta bör även kopplas till uppskalningsstudierna som SKB planerar för att bestämma sprick- samt bergmassans egenskaper.

8.3.14 Bergspänningar i Forsmark

SKB:s redovisning

SKB redogör övergripande för tidigare arbeten med metodutveckling för mätningar av bergspänningars orientering och storlek, Slits-projektet respektive projektet för att ta fram en LVDT-cell (Linear Variable Differential Transformer). Under den föregående Fud-perioden har SKB validerat LVDT-metodens tillförlitlighet genom att utföra mätningar med LVDT-cell i Äspölaboratoriet vars spänningsfält är väl karakteriserat.

Under kommande Fud-period planerar SKB att baserat på den geologiska strukturmodellen skapa en högupplöst bergspänningsmodell för Forsmark som visar hur spänningsfältets orientering och storlek varierar i rummet. Denna tredimensionella bergspänningsmodell kommer kontinuerligt att uppdateras i samband med att mer data från uppförandet av Kärnbränsleförvaret blir tillgänglig. SKB uppger att denna spänningsmodell kommer att ligga till grund för projektering, för beräkningar av olika bergutrymmens stabilitet och risk för spjälkning samt utgöra randvillkor vid modelleringar av termiskt och seismiskt inducerade sprickförskjutningar.

Remissinstansernas synpunkter

Uppsala universitet anser att det behövs mer kunskap om bergsspänningarna i Forsmark, som kommer att kräva både mer data och bättre modelleringar.

Sveriges geotekniska institut (SGI) anser inte att aktuell geologisk modell har tillräckligt hög detaljeringsgrad, eller grad av säkerhet (konfidens) på förvarsnivå för att ge en meningsfull spänningsmodell i högupplösning på lokal förvarsnivå av den typ som föreslås i programmet. SGI anser att efterhand som ramp och förvarsnivån byggs ut och geologiska modeller förfinas blir detta dock mer relevant. SGI framför med anledning av detta att SKB i nuvarande Fud-period i första hand bör fokusera på processförståelse, konceptuell förståelse, metodik och programvaruutveckling.

SSM:s bedömning

SSM anser att de planerade insatserna är i linje med SKB:s förberedelser inför ett eventuell uppförande av tunnelarbeten för Kärnbränsleförvaret. I avvaktan på direkta bergspänningsmätningar från platsen motiveras därför det presenterade angreppssättet. SSM noterar att SKB genomfört de verifierande testerna av LVDT-cellen som SSM efterfrågade vid granskningen av Fud-program 2013. Vidare ser myndigheten positivt på att SKB planerar att ta fram en tredimensionell bergspänningsmodell. Med anledning av detta är myndigheten angelägen om att ta del av en metodikrapport för kontinuerlig bearbetning av geologisk och bergspänningsdata under uppförandet när denna tas fram.

8.3.15 SSM:s samlade bedömning avseende berg

SSM bedömer att SKB:s arbete med att utveckla metodiken för platsundersökningar är ändamålsenligt i nuvarande skede av utvecklingsarbetet för att etablera Kärnbränsleförvaret. SSM instämmer med SKB att metodiken är i behov av förbättringar och ser med stort intresse fram mot att ta del av utfallet från såväl återföringen av erfarenheter från utbyggnaden av Äspölaboratoriet som utfallet från samarbetet med Posiva i samband utbyggnaden av Olkiluoto.

SSM kan samtidigt konstatera att mycket utvecklingsarbete återstår för att upprätta ett detaljundersökningsprogram som håller erforderlig kvalitet. Inte minst behöver framtagna karakteriseringsmetoder verifieras för att bestämma metodernas tillförlitlighet, precision, och tillämpningsområden innan de börjar tillämpas i predikterings syfte.

När det gäller tunnelproduktion ser SSM positivt på att SKB:s särskilt studerat erfarenheter från utbyggnaden av Äspölaboratoriet och Onkalo som underlag för att utarbeta kvalitetsplaner för tunnelproduktion. SSM anser i anslutning till detta att det är angeläget att SKB tar fram en strategi för kontroll och verifiering av injekteringsresultat. SSM ser också positivt på att erfarenhetsåterföring från Posivas utvecklingsarbete med att optimera borrhningen av deponeringshål.

SSM bedömer att SKB:s program för DFN-modellering är välgrundad med en tydlig koppling till frågor som har uppmärksammats i SKB:s arbete med säkerhetsanalysen SR-Site.

SSM ser positivt på att SKB planerar en strategi för att undersöka hur modelleringen av ytnära och djupt grundvatten kan kopplas ihop. SSM uppmuntrar också planen att testa strategin i den pågående säkerhetsvärderingen av SFL.

SSM ser fram emot att ta del av genomfört utvecklingsarbete i kommande Fud-program.

8.4 Ytekosystem

SSM bedömer i detta avsnitt SKB:s redovisning i avsnitt 5.9 och kapitel 12 i Fud-program 2016, avseende ytekosystem

8.4.1 Upptagsvägar och upptagsmekanismer för radionuklider hos olika organismer

SKB:s redovisning

Sedan Fud-program 2013 har SKB arbetat långsiktigt med att utveckla alternativa metoder för att uppskatta radionuklidupptag i organismer. Traditionellt används koncentrationsfaktorer (CR) men osäkerheterna för s.k. CR-värden är mycket stora. SKB har utvecklat biosfärmodellen i säkerhetsanalysen för SFR så att den kan beskriva omsättningen av kol-14 genom att ta hänsyn till inlagring av organiskt kol, gastransport och upptag av koldioxid via rötter. SKB har även initierat arbeten för att beskriva metanomsättning i naturliga ekosystem eftersom metan som innehåller kol-14 från radioaktivt avfall kan tas upp i näringsväven via metanoxiderande mikroorganismer eller via växtupptag av koldioxid som bildats genom metanoxidation.

SKB planerar att genomföra ytterligare fyra studier inom det här området, nämligen, i) att fortsätta det långsiktiga arbetet som syftar till att ersätta eller komplettera vissa centrala koncentrationsfaktorer för organismer med mekanistiska modeller, ii) att utveckla en modell för rinnande vatten, iii) att undersöka metanflödet i naturliga ekosystem för att få bättre förståelse för kol-14 omsättningen i vatten, mark och atmosfär, iv) att undersöka transport och ackumulation av klor-36 i akvatiska miljöer och att länka nya mätningar av organiskt bundet klor till flödet av klor genom systemet och till biologisk produktion för att modellera klorets kretslopp.

Remissinstansernas synpunkter

Stockholms universitet framför att forskningen som beskrivs är detaljerad, genomtänkt och drar nytta av många olika vetenskapliga ämnen på ett önskvärt sätt. Stockholms universitet anser att det är bra att SKB satsat på ingående insamling av platsspecifika data för att inte behöva använda data från litteraturen som oftast är helt irrelevant för platsen ifråga. Universitetet framför också att det är positivt med samarbetet med Posiva och olika internationella program. Universitetet framför att det är positivt att SKB deltar i internationella program som EMRAS/MODARIA vilket innebär att SKB är både uppdaterat med aktuell utveckling och även kan bidra till denna. Dessa internationella program möjliggör också samarbete runt vissa frågor såsom t.ex. metodjämförelse och modellutveckling. Enligt Stockholms universitets erfarenhet ligger SKB i framkant i många avseenden.

Universitetet ser det som en fördel att Posiva har liknande utmaningar och ganska likt ekosystem, och att det därmed är bra med delning av data, metoder och erfarenheter både ur ett vetenskapligt perspektiv och ur kostnadseffektivitetsperspektiv. Universitetet påpekar att en nackdel dock är att Posivas data då till mindre utsträckning kan användas för att validera SKB:s modeller (och vice versa).

Universitetet framför att kapitel 12 är genomtänkt för SFR/SFL scenariot eftersom det avhandlar scenariot där radionuklider släpps ut i berget och transporteras uppåt genom berg via vatten till ytekosystemet. Universitetet framför i anslutning till detta att det är oklart om samma metoder är tillräckliga/kan tillämpas i scenariot som kan uppstå när det gäller utsläpp under transport. Universitetet hänvisar till att det under kommande år kommer att transporteras och flyttas ökade mängder avfall med m/s Sigrid och på vägar med ökad risk för olyckor/spill.

Stockholms universitet framför också följande detaljerade synpunkter.

Universitetet anser att det är lite oklart vilka av de ”viktigaste kvarstående frågor” som identifieras som gäller för de olika respektive förvaren (Kärnbränsleförvaret, SFR, SFL), vilket universitetet anser bara delvis förklaras i resten av kapitlet. Universitetet anser ändå att de fyra frågor som identifieras är rimliga.

Universitetet anser att det är bra med fokus på näringskedjor, i kombination med kemiska/fysiska processer som påverkar upptag till växter och djur.

Universitetet anser vidare att det är en fin balansgång mellan utveckling/användning av detaljerade modeller och förenklade modeller som används i säkerhetsanalyser. Universitetet framför att det blir en utmaning för SKB att vidhålla den goda vetenskapliga grund som ligger bakom de komplexa modellerna även i de enkla modellerna. Universitetet framför att det är viktigt att dessa inte bara blir ”enkla och lättbegripliga” utan även är vetenskapligt bra.

Universitetet understryker betydelsen av att SKB:s modeller ger möjlighet till en ”oberoende jämförelse med existerande verktyg”, och att det är väldigt viktigt i internationella sammanhang. Universitetet anser att det finns många exempel där standardmetoder används utan att de ifrågasätts. Universitetet framför också att det är bra att SKB räknar exponering/dos för andra organismer än människor och att de har gjort det på ett sätt långt över det som brukar göras med standard ”reference organisms”. Dels ger det mycket mer relevans för platserna som undersöks och dels ger det också möjlighet till jämförelse med dessa ”reference organisms” och en utvärdering av deras användbarhet.

Universitetet konstaterar att SKB särskilt bedömer att Cl-36 är ett intressant/viktigt ämne utan någon bra förklaring till varför. Universitetet påpekar att i andra delar av rapporten nämns andra nuklider som t.ex. Mo, Ni och Gd, samt några till med koppling till slutförvaring av avfall från ESS-anläggningen. Universitetet framför att det saknas en övergripande bild av varför just dessa ämnen är ”viktiga”.

Universitetet framför med referens till avsnitt 12.2 i SKB:s rapport att landskapsutveckling är ett av SKB:s starkaste forskningsområden. Universitetet anser att hänsynstagande till spatiala och temporala förändringar på det sätt som redovisas i rapporten (dvs på en landskapsnivå) är både viktigt och ovanligt i radioekologi/riskbedömning.

Universitet lyfter i det sammanhanget fram att just övergångsstadier mellan olika landskapstyper (t.ex. perioden där en havsvik övergår till att bli en sjö, en sjö blir en våtmark, en våtmark blir land osv) är en viktig aspekt men som universitetet inte anser är belyst i det aktuella avsnittet. Universitetet tolkar redovisningen av nuvarande modeller som att dessa successioner sker ögonblickligen. Universitetet framför att det troligen finns många viktiga förändringar som kan innebära att radionuklidens rörlighet i miljön kan förändras drastiskt under dessa övergångsperioder, även om dessa perioder kanske är korta i de aktuella tidsskalorna. Universitetet framför att det verkar som det har forskats på övergångsstadier i våtmarks sammanhang men inte så mycket annars.

Med hänvisning till att universitetet finner att redovisningen i avsnitt 12.2 inte är så tydlig anser universitetet att det hade varit önskvärt att SKB mer specifikt beskrivit behovet av att allsidigt belysa betydelsen av olika antaganden kring rumslig spridning av ett eventuellt utsläpp för beräknad dos till den mest exponerade gruppen.

Universitetet noterar skrivningar i avsnitt 12.2 "Förutom att uppskatta upptags- och transportprocesser för metan och koldioxid anger SKB att mätningar även kommer att genomföras för att bestämma halter och mängd stabila isotoper hos dessa ämnen". Universitetet efterfrågar information om SKB har för avsikt att också mäta stabila isotoper av kol, väte och syre.

När det gäller SKB:s redovisning i avsnitt 12.4 efterfrågar universitetet information om SKB:s eventuella planer för att forska på/ta hänsyn till kemiska och biologiska interaktioner mellan olika ämnen/radionuklider. Universitetet framför att man från SKB:s tidigare arbete och Fud-program 2016 får intrycket att alla ämnen behandlas separat (t.ex. i modeller) medan man vet att i verkligheten kan halterna av ett ämne påverka halterna av en annat. Universitetet konstaterar att man redan vet mycket om Cs/K och Sr/Ca interaktioner. Universitetet efterfrågar om det finns motsvarande kunskap för ämnen som är essentiella för organismer och kan vara begränsande för deras tillväxt (och då i sin tur begränsande för upptag av andra ämnen) så som Mo, Cl och Ni som nämns som "viktiga" på vissa ställen i dokumentet. Universitetet framför vidare att detsamma gäller ämnen som kan vara toxiska i högre halter (och då påverkar upptag av andra ämnen till organismer). Universitetet framför att så vitt man vet är det få/ingen som forskar på detta inom radioekologi, men att dessa effekter skulle kunna påverka upptag av radionuklider starkt.

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) konstaterar att analys av ytekosystemen och konsekvenserna av spridningen av radionuklider under olika förutsättningar har ökat i omfattning och betydelse, vilket framgår av både nulägesbeskrivningen och föreslaget program. KVA anser att SKB tar upp viktiga aspekter av betydelse och stor relevans även i andra sammanhang, t.ex. spridning av toxiska ämnen till biogeosfären från samhällets aktiviteter.

Östhammars kommun efterfrågar vilket spann respektive vilket maxvärde som gäller för koncentrationsfaktorer (CR) vid dosberäkningar.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på att SKB fortsätter det långsiktiga arbetet med att utveckla alternativa metoder för att uppskatta radionuklidupptag i organismer och även minska osäkerheter kring detta.

SSM bedömer att de planerade studierna inom det här området är relevanta. I granskningen av SR-Can påpekade SSM:s föregångare SSI att SKB bör inkludera vattendragsmodellering explicit i biosfärmodelleringen (SSI rapport 2008:08, s.14) för att inte utesluta vissa scenarier/exponeringsvägar som kan ha stor betydelse för radionuklidomsättning i ytekosystemen. SSM anser att det är värdefullt att SKB planerar att utveckla en vattendragsmodell som kan inkluderas i säkerhetsanalysens biosfärmodellering.

SSM ser också positivt på de planerade studierna som gemensam komponent har validering av modeller med fältdata eller andra mätningar. Det är i linje med de kommentarer SSM hade vid granskningen av Fud-program 2013 om att sträva efter en hög grad av modellvalidering.

8.4.2 Landskapets utseende och dynamik

SKB:s redovisning

Sedan Fud-program 2013 har SKB, med hjälp av Comsol-verktyget, undersökt hur småskalig variation i topografi och jordlagertjocklek påverkar transport och ackumulation av radionuklider som når ett utströmningsområde. I en större skala kopplar det till radionuklidtransport i geosfären, som kan modelleras med t.ex. Marfa-modellen. I samband med säkerhetsanalysen SR-PSU har SKB också tagit fram en förbättrad jorddjupsmodell för Forsmarksområdet.

Inom projektet GRASP (Greenland Analogue Surface Project) har ett område på Grönland studerats för att förstå landskapets inverkan på grundvattenrörelser och ämnestransport under ett kallt klimattillstånd, t.ex. har påverkan av talikar studerats. De nya kunskaperna från GRASP ska utnyttjas för att öka förståelsen för hur Forsmarksområdet skulle kunna fungera vid ett mycket kallare klimat än idag.

SKB planerar att uppdatera verktygen och metoderna som används för att beskriva landskapsutveckling, t.ex. utvecklingen av havsbassänger, sjöar och jordlager. Anledningen är att det behövs för att kunna möta framtida behov i kommande säkerhetsanalyser och för att säkra kompetens inom området. SKB planerar även att fortsätta arbetet med Comsol-verktyget, vilket kommer att ge möjlighet att besvara eller illustrera flera frågor kring den rumsliga upplösningen.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun efterfrågar hur hänsyn tagits till utsläppen från Tjernobyli vid beskrivningen av nuläget för ytekosystemet. Kommunen efterfrågar också, med referens till det doktorandarbete som omnämns på flera ställen i SKB:s redovisning, en tydligare redovisning av Krycklanområdet och det arbete som bedrivits där. Kommunen efterfrågar också en definition av begreppet ”djupt grundvatten”.

SSM:s bedömning

SSM anser att det är bra att SKB, med hjälp av Comsol-verktyget, undersöker frågor kring den rumsliga upplösningen som påverkar spridningen av eventuella utsläpp och hur detta i sin tur påverkar exponering.

De källdata som används för generering av den digitala höjdmodellen (DEM), och som ligger till grund för SKB:s landskapsmodellering, innehåller olika fel. Till exempel fel som beror på mätinstrument, dataöverföring, lagring och analys, samt mänskliga fel (se t.ex. Yang et al., 2007, Pohjola et al., 2014). Precisionen i källdata uppskattas till $\pm 2,0$ meter (Pohjola et al., 2009). SSM anser att detta innebär att osäkerheten i landskapsmodelleringen kan bli ännu större när datafel propageras till framtida landskap. Därför menar SSM att SKB bör utvärdera hur stora osäkerheter i landskapsmodelleringen som explicit kan beaktas och speciellt hur effekten av osäkerheterna kan illustreras i säkerhetsanalysen.

8.4.3 Transport- och ackumulationsprocesser

SKB:s redovisning

Resultat från undersökningar i Krycklanområdet visar att vattendrags storlek kan påverka vattenkemin eftersom bidraget av djupt grundvatten ökar nedströms i ett större avrinningsområde. Fenomenet har påvisats med hjälp av signaturen av uranisotoper ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$) och av syreisotoper $\delta^{18}\text{O}$ och kan förväntas påverka både utflödet av radionuklider till ytan och den vattenkemiska miljön (Lidman et al., 2016). SKB planerar fortsatta studier av Krycklanområdet och Comsol-verktyget kommer att användas för att utvärdera hur väl en rumsligt distribuerad modell kan återskapa kända laknings- och ackumulationsmönster med hjälp av fältdata.

SKB har som mål att utveckla en metodik som beskriver transporten av vatten och lösta ämnen under längre tidsperioder på ett rättvisande, enkelt och lättbegripligt sätt. SKB:s nuvarande metodik bygger på att hydrologiska parametrar härleds från detaljerad hydrologisk modellering och används i radionuklidtransportmodelleringen i biosfären och vidare i säkerhetsanalysen.

SKB kommer också att genomföra en översyn av hanteringen av diskretisering av marklagermodellen och urans sönderfallskedja (med hänsyn till exponering av radon) i modelleringen av ytekosystemen.

SSM:s bedömning

SSM är positiva till att SKB fortsätter studier i Krycklanområdet såsom SSM påpekade i granskningen av Fud-program 2013, dvs. att de data som tas fram i Krycklanprojektet är lämpliga data att testa den radionuklidtransportmodell som används för biosfären. SSM anser det särskilt viktigt att öka förståelsen för processerna fördelning och ackumulation av ämnen i ett utsläppsområde, med hjälp av studier som kombinerar fältförsök och modellering.

SSM ser positivt på att SKB kommer att utveckla ett alternativt sätt att ta fram hydrologiska parametrar som används i radionuklidtransportmodelleringen i biosfären. Vilket SSM har efterlyst i samband med granskningen av SR-Site.

SSM uppskattar att SKB har undersökt diskretisering i marklagermodellen som SSM tagit upp (Walke et al., 2015). SSM menar att för simulering av transport av lösta ämnen i porösa medier, kan antal kompartiment för boxmodellen inte väljas godtyckligt, utan beror på konvektiv flödes hastighet och dispersion (Kirchner, 1998, Xu et al, 2007). SSM är

också positiva till att SKB kommer att genomföra en översyn av hanteringen av urans sönderfallskedja med hänsyn till exponeringen av radon.

8.4.4 Radiologiska, biologiska och kemiska egenskaper hos vissa potentiellt viktiga ämnen

SKB:s redovisning

SKB beskriver arbetet med att ta fram koncentrationsfaktorer (CR) och sorptionsdata (K_d) för säkerhetsanalysen SR-PSU och hur framtida avfall från European Spallation Source (ESS) kan komma att innehålla radionuklider där det finns kunskapsluckor vad gäller CR och K_d -värden. SKB har deltagit i IAEA programmen EMRAS II (Environmental Modelling for Radiation Safety) och MODARIA (Modelling and Data for Radiological Impact Assessment) under 2009-2015 där aggregerade CR och K_d -värden sammanställts.

Ämnens mobilitet och ackumulation påverkar både ämnens egna egenskaper och den kemiska miljö de befinner sig i. SKB planerar en fördjupad utvärdering av klorets fördelningsmönster, med målet att knyta observerade mönster till processer i ekosystemen t.ex. ska SKB kartlägga förekomst av oorganiskt och organiskt klor i vatten, sediment, bottenlevande djur, växter, djurplankton och fisk.

SKB kommer att utvärdera befintlig databas med kemidata från platsundersökningarna och från övervakningsprogrammet för att tolka mönster när det gäller mobilitet och upptag av nickel, molybden och gadolinium, vilka utgör potentiellt viktiga nuklider i SFR och SFL. Arbetet ska ske i samarbete med Posiva.

SKB planerar även att beskriva hur den markkemiska miljön i Forsmark kommer att förändras över tid, för att i förlängningen ge en framtida bild av olika ämnens rörlighet och fastläggning i marken.

Remissinstansernas synpunkter

Statens geotekniska institut (SGI) noterar att det i Fud-programmet påpekas att koncentrationen av löst organiskt kol (DOC) har betydelse för både mobilitet och biotillgängligheten för många svårslösliga radionuklider. SGI anser att det bör tydliggöras och beskrivas hur betydelsen av mekanismer som beror på koncentrationen av löst organiskt kol skall analyseras.

SGI hänvisar vidare till SKB:s redovisning av att det nyligen utvecklats verktyg som kopplar ihop vattenflöden med sorption och utfällning (till exempel via PhreeqC) i rumsligt distribuerade modeller, och att det finns goda förutsättningar att studera hur till exempel flödesvägar, lagermäktigheter och redoxzoner påverkar ackumulation, och hur löst organiskt material påverkar transporten av olika ämnen. SGI framför att PhreeqC saknar kapaciteten att modellera organiska komplex och framför att SKB bör se över hur den reaktiva transportmodelleringen ska utföras för att kunna ta hänsyn till organiskt material.

SSM:s bedömning

SSM anser att det är viktigt att SKB fortsätter att följa internationellt samarbete vad gäller koncentrationsfaktorer (CR) och sorptionsdata (K_d), t.ex. inom IAEA program. Men

myndigheten anser också att SKB ska kunna göra egna mätningar som underlag till framtida säkerhetsanalyser.

Vid granskningen av Fud-program 2013 efterlyste SSM en bättre processförståelse av hur klor fördelas i terrestra ekosystem. SSM ser positivt på att SKB även planerar en fördjupad utvärdering av klorets fördelningsmönster i akvatisk miljö.

SSM ser positivt på att SKB kommer att utvärdera befintlig databas från platsundersökningarna och fältförsök, t.ex. från Krycklanområdet, för att tolka hur de potentiellt viktiga nukliderna nickel, molybden och gadolinium beter sig i miljön. SSM vill uppmuntra SKB till att i högre utsträckning utvärdera modellering mot empiriska data för att få en bättre processförståelse och modellvalidering.

8.4.5 SSM:s sammanfattande bedömning avseende ytekosystem

SSM bedömer att SKB:s insatser inom området sedan Fud-program 2013 är i linje med den planering som då redovisades. SSM anser vidare att SKB i Fud-program 2016 sammanfattar myndighetens kommentarer, till Fud-program 2013 och i granskningen av SR-Site, korrekt. SSM bedömer vidare att SKB:s målsättning med planerade insatser inom ytekosystemområdet är rimlig när det gäller fortsatt forskning för att lösa frågor i samband med befintliga och planerade förvar samt för att behålla kompetens och underhålla modelleringsverktyg och databaser.

SSM är positiva till att SKB har tagit hänsyn till SSM:s kommentarer till Fud-program 2013 och att de flesta planerade studier nu har som gemensam komponent att genomgå validering. SSM ser också positivt på att SKB strävar efter hög kvalitet inom forskningsprogrammet genom att presentera resultaten i vetenskapliga publikationer samt vid internationella möten.

8.5 Klimat och klimatrelaterade processer

I detta avsnitt framförs myndighetens synpunkter på SKB:s program för studier av klimat och klimatrelaterade processer (kapitel 13). Det framtida klimatet är en viktig extern faktor som påverkar ett slutförvar av radioaktivt avfall. SSM granskar för närvarande SKB:s ansökningar om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle respektive en utbyggnad av SFR. I syfte att inte föregripa bedömningarna gällande SKB:s redovisning av den framtida klimatutvecklingen och klimatrelaterade processer som hanteras i myndighetens pågående granskningar av dessa ansökningar är myndighetens synpunkter på en övergripande nivå och med fokus på behov av fortsatt forskning och utveckling.

8.5.1 Ålder och långsiktig stabilitet hos bergytan i Forsmark

SKB:s redovisning

SKB redogör översiktligt det nuvarande kunskapsläget gällande den totala glaciala erosionen och denudationen i Forsmarksområdet samt exemplifierar vilka frågeställningar som SKB:s planerade forskningsprogram ämnar besvara i syfte att avgöra åldern och stabiliteten hos berggrundsytan i Forsmarksområdet. SKB nämner explicit tre studier: i) kosmogen datering; ii) kartering av glaciala landformer samt en geomorfologisk analys av

den underliggande prekambrika berggrundsytan; iii) uppskattning av den potentiella laterala glaciala erosionshastigheten i glacialt bildade erosionsdalar sydost om Forsmark.

SSM:s bedömning

SSM noterar att SKB:s forskningsinsatser inom den glaciala denudationen ökat sen Fud-programmet 2013. Vidare bedömer SSM att SKB:s redovisade forskningsprogram potentiellt kan kvantifiera den glaciala denudationen som skett i Forsmarksområdet. SSM ser därför positivt på SKB:s redovisade insatser. SSM konstaterar att Fud-2016 även bemöter SSM:s synpunkter från granskningen av SKB:s ansökning om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle gällande den möjliga glaciala denudationen i Forsmarksområdet under hela analysperioden på en miljon år.

8.5.2 Klimatvariationer

SKB:s redovisning

SKB lyfter fram sitt arbete under den föregående Fud-perioden med att rekonstruera det historiska klimatet under olika tidsperioder; från den föregående interglacialen (Eem) till den nuvarande interglacialen (Holocen). Detta arbete har resulterat i flera publikationer i den vetenskapliga litteraturen samt två doktorsavhandling och ger bl.a. ett förbättrat vetenskapligt underlag till klimatutvecklingarna i säkerhetsanalyserna som baseras på referensglaciationen. SKB har även utfört modelleringar av det framtida klimatet med fokus på de kommande 60 000 åren med syftet att uppskatta när nuvarande tempererade förhållanden övergår till en periglacial miljö. I samband med denna modellering har SKB även sammanfattat det vetenskapliga kunskapsläget av den förmodade klimatutvecklingen de kommande hundratusentalsåren.

Resultaten från den föregående Fud-perioden visar bl.a. att snabba klimatförändringar varit betydligt vanligare än vad man tidigare trott. SKB avser under den kommande Fud-perioden att kvantifiera denna klimatvariabilitet samt att fortsätta sitt arbete med att studera övergångarna mellan olika klimattillstånd. SKB kommer även att fortsätta sina pågående studier av det historiska klimatet i Forsmark och Vättern utifrån temperaturmätningar i borrhål. SKB redovisar planer på att i samarbete med Posiva undersöka möjligheterna att förbättra kunskapen om hur omfattande och när framtida glaciationer kan förväntas inträffa under den kommande årsmiljonen. Detta omfattar hela analysperioden för ansökningar om att bygga ett slutförvar för använt kärnbränsle.

Remissinstansernas synpunkter

Stockholms universitet framför att man anser att alla tänkbara aspekter avseende identifiering och kvantifiering av risker för det planerade Kärnbränsleförvaret på grund av tidigare och kommande glaciationer är täckta i redan genomförda eller planerade program.

Universitetet framför vidare att det planerade programmet med datering med kosmogena nuklider och kartering av glaciala landformer är angeläget. Universitetet anger att det vid tolkningen av det planerade datamaterialet (glacialmorfologi och dateringar) är särskilt viktigt att uppskatta sannolikheten för och konsekvensen av att isströmmar bildas som påverkar Forsmarksområdet, då detta skulle kunna orsaka avsevärt mycket starkare erosion av berggrunden än ett icke strömmande istäcke.

Universitetet framför att då SKB avser att undersöka förutsättningarna för en förbättrad modellanalys jämfört med Huybrechts (2010), bör man särskilt undersöka möjligheterna att använda en istäckesmodell med stöd för isströmmar ("coupled higher-order model SO-SIA" eller "Full Stokes model") och tillräckligt hög spatiell upplösning. Universitetet framför vidare att det också är viktigt att utreda hur den maximala uppskattade erosionen påverkar den glaciala isostasen och möjliga associerade seismiska risker, med följder för temperaturfördelning och hydrologi i berget. Detta kan formuleras i frågeform: om Forsmark skulle påverkas av en ovanliggande isström, hur mycket bergmassa skulle maximalt kunna eroderas bort, och hur skulle det påverka riskerna med 1) jordbävningar och nya sprickor i berget, 2) permafrost, och 3) grundvattenflöde?

Kungliga vetenskapsakademien (KVA) framför att SKB:s arbete med klimatfrågor har ökat i omfattning och djup. KVA anser att föreslagna program för klimatfrågor är detaljerade och trovärdiga och kopplade till aktuell forskning och observationer.

Uppsala universitet framför med att man anser att det är positivt att SKB ämnar arbeta vidare med förbättrade ismodeller och undersöka förutsättningarna för att genomföra en förbättrad modellanalys av omfattning och tidpunkter för glaciationer under de kommande en miljon åren.

SSM:s bedömning

SSM ser positivt på SKB:s arbete att förbättra förståelsen av det historiska klimatet och bedömer att det potentiellt kan förbättra verifieringen av den framtagna temperaturrekonstruktionen från den senaste glaciationscykeln. Likaså ser myndigheten positivt på att SKB:s planerade arbete fokuserar på snabba klimatskiften och övergången från ett klimattillstånd till ett annat. SKB:s redovisade planer ligger även i linje med de synpunkter som SSM förde fram i myndighetens yttrande till mark- och miljödomstolen gällande förbättringar av den oberoende bedömningen av den rekonstruerade temperaturkurvan samt vilka konsekvenser ett mer variabelt klimat än det man tidigare antagit kan ha på ett slutförvar för använt kärnbränsle. SSM bedömer även att bättre kunskap om övergången från ett tempererat klimat till ett periglacialt, liknande det som kan ske i framtiden, är av vikt för slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall.

8.5.3 Havsnivåvariationer, isostasi och strandlinjeförskjutning

SKB:s redovisning

SKB redovisar en sammanställning av kunskapsläget gällande den möjliga havsnivåförändringen fram till år 2100. Den är behäftad med stora osäkerheter pga. osäkerheten i den globala havsyttehöjningen under samma period. Osäkerheten gällande maximala vattenstånd under tiden fram till förslutningen anser SKB vara hanterbar genom att riskreducerande konstruktionsåtgärder i samband med höjda vattenstånd kan genomföras. SKB har även varit delaktiga i en studie som jämför olika ismodellens påverkan på den glacialisostatiska förändringen. Dessa resultat kan användas till att förbättra ismodelleringen och minska osäkerheten i den modellerade, långsiktiga framtida strandlinjeförskjutningen.

SKB uppger att de kommer uppdatera kunskapsläget gällande de framtida havsnivåförändringarna, dels för tiden fram till år 2100 dels för tiden flera tusen år efter förslutningen. Detta kommer bl.a. bidra till en uppdaterad kunskap när i tiden nuvarande

havstäckta områden kan bli aktuella för brunnborrning. Det är även möjligt att ett samarbete med ämnesområdet Ytekosystem kommer att genomföras under den kommande Fud-perioden; ett samarbete omfattande nya modelleringar av regionala/lokala oceanografiska förhållanden i Forsmark.

SSM:s bedömning

Eftersom den nutida globala havsnivåförändringen är av stort internationellt intresse bedömer SSM att det nuvarande kunskapsläget succesivt kommer att förbättras. SSM ser därför positivt på att SKB under den kommande Fud-perioden avser att bevaka och uppdatera kunskapsläget gällande det framtida maximala vattenståndet fram till år 2100. SSM ser även positivt på att SKB avser att uppdatera kunskapsläget gällande havsnivåförändringarna som kan ske i Forsmark i ett tusenårsperspektiv. Gällande det befintliga slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall och dess utbyggnad är SSM framförallt angelägen att minska osäkerheten gällande den tidigaste tidpunkten regressionen leder till att tidigare havstäckta områden i SFR:s närhet kan bli aktuella för brunnborrning.

8.5.4 Validering av permafrostmodell

SKB:s redovisning

SKB påpekar att permafrost är den viktigaste klimatrelaterade processen i det periglaciala klimattillståndet samt att SSM vid granskningen av Fud-program 2013 bedömde det vara av vikt att SKB genomför en validering av permafrostmodellens tillförlitlighet. Denna validering har påbörjats och SKB uppger att studien kommer att avslutas innan redovisningen av Fud-program 2019.

SSM:s bedömning

SSM lyfte i granskningen av Fud-program 2013 fram vikten av att en validering av permafrostmodellen sker. SSM anser det som angeläget att SKB avslutar den påbörjade studien.

8.5.5 Nyutvecklad beskrivning av inlandsisars hydrologi från GAP

SKB:s redovisning

SKB har i samarbete med flera andra organisationer bedrivit studien Greenland Analogue Project (GAP). Den har nyligen avrapporterats och resulterat i flertalet publikationer både i den vetenskapliga litteraturen och i olika organisationers egna rapportserier. I Fud-programmet 2016 redogör SKB övergripande för resultaten från GAP. SKB lyfter fram att GAP resulterat i ökad kunskap gällande bl.a.: i) betydelsen av taliks ;ii) hur djupt glacialt smältvatten kan penetrera berggrunden samt smältvattnets sammansättning på djupet; iii) inlandsisens hydrologi och hur det subglaciala vattentrycket varierar över tid och rum. Under den föregående Fud-perioden har SKB deltagit i projektet ICE vilket initierades 2014. ICE studerar bl.a. tryckgradienter och grundvattenbildning under en inlandsis och är planerat att slutföras under 2016.

SKB redovisar att även om GAP är avslutat så kommer viss övervakning att fortgå fram till 2018, däribland det djupa borrhål som befinner sig framför isranden. SKB kommer

framöver att tillämpa den omfattande kunskapen som erhållits i de olika projekten som genomförts på Grönland (GAP; GRASP; ICE) i SKB:s säkerhetsarbete där glaciation ingår i analysen.

SSM:s bedömning

SSM är positiv till SKB:s genomförda studier på Grönland. Vidare ser myndigheten positivt på att SKB fortsättningsvis ska övervaka det djupa borrhålet framför isfronten. Det är dock inte helt klart för SSM vad SKB anser med att en viss nivå av övervakning ska fortgå under den kommande Fud-perioden. SSM anser att den bör inkludera tidsmässigt upprepande mätningar, dvs. ett övervakningsprogram, för att säkerställa resultaten som erhållits från det djupa borrhålet.

8.5.6 SSM:s samlade bedömning avseende klimat och klimatrelaterade processer

SSM noterar allmänt av redovisningen i Fud-program 2016 att SKB forskningsinsatser inom den glaciala denudationen ökat sen Fud-programmet 2013. SSM ser positivt på SKB:s arbete att förbättra förståelsen av det historiska klimatet och planerad fokusering på snabba klimatskiften. SSM ser likaledes positivt på att SKB under kommande Fud-perioden avser att bevaka och uppdatera kunskapsläget såväl för framtida maximala vattenstånd fram till år 2100 och i ett tusenårsperspektiv.

SSM noterar återrapporeringen från SKB:s genomförda studier på Grönland och bedömer att det är bra att SKB fortsättningsvis ska övervaka det djupa borrhålet framför isfronten. SSM bedömer att det är viktigt att övervakningen inkluderar tidsmässigt upprepande mätningar i form av ett övervakningsprogram.

SSM står fast vid bedömning från Fud-program 2013 gällande vikten av att en validering av permafrostmodellen sker.

8.6 SSM:s samlade bedömning

SSM bedömer att den slutförvarsgemensamma forskning och utveckling som redovisas i Fud-program 2016 i allt väsentligt är rimlig och adekvat. SSM framför i de olika delkapitlen mer specifika och detaljerade bedömningar av SKB:s forsknings och utvecklingsprogram.

SSM ser inga väsentliga brister i det som redovisas som planerade aktiviteter i nästa Fud-period även om myndigheten föreslår förbättringar i vissa avseenden för det forsknings- och utvecklingsprogram som SKB föreslår för kommande Fud-period.

SSM:s bedömningar i övrigt och i mer detalj redovisas under respektive delavsnitt.

9 Avveckling av kärntekniska anläggningar

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på del III i Fud-program 2016, som omfattar kapitel 14-19, om avveckling av kärntekniska anläggningar i SKB:s Fud-program 2016. Inledande kapitel 14 redogör för förutsättningarna för avveckling av kärntekniska anläggningar och redogör för begrepp och krav, ansvar och ansvarsfördelning samt nationell och internationell samordning.

Kapitel 15 redogör för avvecklingsplanering för Barsebäck Kraft AB (BKAB) och OKG Aktiebolag, som båda ingår som dotterbolag till den nyligen bildade Uniper-koncernen.

Kapitel 16 redogör på motsvarande sätt för avvecklingsplaneringen inom Vattenfall-koncernen. Redovisningen omfattar avvecklingsplanering för Ringhals AB (RAB), Forsmark Kraftgrupp AB (FKA) och för Ågestareaktorn.

Kapitel 17 redogör för avveckling av SKB:s anläggningar, Clab, slutförvaret för kortlivat avfall (SFR), slutförvaret för långlivat avfall (SFL) samt för Kärnbränsleförvaret.

Kapitel 18 redogör för flexibiliteten i avvecklingsplaneringen med hänsyn till både externa och interna beroenden.

Kapitel 19 redogör översiktligt för slutsatser från genomförda utvecklingsaktiviteter under föregående Fud-period och planeringen för fortsatta aktiviteter inom avvecklingsområdet.

9.1 Förutsättningar för avveckling

9.1.1 Begrepp och krav

SKB:s redovisning

I avsnitt 14.1 redovisas översiktligt kravbilden för avveckling av kärntekniska anläggningar enligt SSM:s föreskrifter, främst 9 kapitlet i SSMFS 2008:1 om säkerheten i kärntekniska anläggningar, och miljöbalken. Redovisningen omfattar också en redogörelse för dels olika former av redovisningar som behöver utarbetas inför och i vissa fall löpande under avvecklingen, dels när viss sådan dokumentation behöver lämnas in till myndigheten. Kravbilden illustreras i Figur 14-1. Utöver krav som är direkt kopplade till kärntekniska aspekter redogörs översiktligt för ytterligare krav från andra berörda myndigheter.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning på ett korrekt sätt återger kravbilden avseende godkännande, anmälningar och redovisningar i samband med avveckling av kärntekniska anläggningar enligt 9 kap. SSMFS 2008:1 samt miljöbalken.

SSM anser att SKB:s beskrivning av godkännande av den omarbetade säkerhetsredovisningen för nedmontering och rivning enligt 9 kap. 7 § SSMFS 2008:1 samt

säkerhetsgranskning av delmomentanmälningar enligt 9 kap. 8 § SSMFS 2008:1 som formella företeelser är till del missvisande. Den kärntekniska verksamheten under nedmontering och rivning av anläggningen skiljer sig signifikant från den under dess drift. SSM:s granskning och godkännande av den omarbetade säkerhetsredovisningen för nedmontering och rivning uppfyller samma syfte som tillståndsgivning enligt motsvarande kärntekniklagen i andra länder. Enligt miljöbalken krävs ett nytt tillstånd för avveckling av en kärnkraftsreaktor.

9.1.2 Ansvar och arbetsfördelning

SKB:s redovisning

I avsnitt 14.2 redovisas vilka tillståndshavare som är ansvariga för avvecklingen av de olika kärntekniska anläggningar som ingår i programmet för omhändertagande av kärnavfall och kärnämne från de svenska kärnkraftverken. SKB anger vidare att de har i uppdrag att delta i planering och genomförande av kommande avveckling av kärnkraftverken. Detta innebär i huvudsak att sammanställa det utvecklingsbehov som identifierats av tillståndshavarna, samordning av generella metoder och rutiner för transport och slutförvaring av radioaktivt avfall, och sammanställning av de avvecklingsrelaterade kostnader som inrapporteras från tillståndshavarna. Därutöver anges att SKB på uppdrag av kärnkraftsföretagen, och i samarbete med dessa, dessutom utarbetat Fud-programmen.

Enligt redovisningen avser de generella metoder och rutiner för transport och slutförvaring som har tagits fram av SKB typbeskrivningar och utveckling av avfallsbehållare för rivningsavfall. I enlighet med redovisningen i Fud-program 2013 har SKB under senaste Fud-perioden samordnat framtagning av gemensamma riktlinjer för friklassning samt för redovisning av avvecklingsplaner.

Framöver avser SKB sammanställa de rivningsinventarier som tas fram av de enskilda tillståndshavarna samt att utgöra kravställare på rivningsavfallet så att det kan transporteras och slutförvaras.

Av redovisningen framgår att kostnadsuppskattningar för kärnkraftsreaktorernas avveckling tas fram av kärnkraftsföretagen och översänds till SKB, som sammanställer dessa och tar fram en övergripande kostnadsuppskattning samt osäkerhetsanalys.

Av redovisningen framgår vidare att SKB ansvarar för transport av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från kärnkraftverken till mellanlager och slutförvar samt att transportsystemet består av fartyget m/s Sigrid, specialfordon och olika typer av transportbehållare. Vidare framgår att SKB ansvarar för utveckling av nya transportbehållare. Det framgår också att större komponenter såsom exempelvis hela reaktortankar kan transporteras utanför SKB:s system.

SSM:s bedömning

SSM anser att avsnitt 14.2 ger en övergripande bild av ansvarsfördelningen mellan kärnkraftsföretagen och SKB avseende ansvar och arbetsfördelning inom avveckling av kärnkraftsreaktorer.

SSM noterar att sedan granskningen av Fud-program 2013 har planeringsföretagningarna för avveckling av kärntekniska anläggningar signifikant förändrats. Särskilt

genom ägarbolagens beslut 2015 att inte återstarta Oskarshamn 2 och att tidigarelägga de slutliga avställningarna av Oskarshamn 1 till 2017, av Ringhals 1 till 2020 samt av Ringhals 2 till 2019. Vidare togs ett nytt inriktningsbeslut för Barsebäck 1 och 2 att inleda nedmontering och rivning redan 2021. Nedmontering och rivning av Ågestareaktorn planeras fortfarande att påbörjas 2020. För de övriga sex reaktorer planeras 60 driftår. SSM kan konstatera att konsekvensen av dessa beslut är att avvecklingen av de äldsta reaktorerna genomförs tidigare än planerat. Detta har medfört att kärnkraftsföretagen sedan 2015 har påbörjat konkreta förberedelser för nedmontering och rivning samt framtagning av nödvändig dokumentation.

I Fud-program 2013 redogjordes för att SKB ansvarade för arbete med beräkning av avfallsvolymer, radionuklidinventarium och kostnader. SSM noterar att dessa arbetsuppgifter enligt redovisningen i Fud-program 2016 övergått till de enskilda tillståndshavarna och att SKB numera endast ansvarar för sammanställningen av dessa underlag. SSM bedömer att denna förändring i arbetsfördelningen borde ha motiverats tydligare.

9.1.3 Nationell och internationell samordning

SKB:s redovisning

SKB redogör i avsnitt 14.3 för att samordning av avvecklingsfrågor mellan kärnkraftsföretagen och SKB på såväl nationell som internationell nivå. På nationell nivå sker samordning inom den så kallade Fud- och plangruppen som i huvudsak bidrar med stöd till framtagande av Fud-programmen och planrapporterna. Därutöver har ett forum bildats för linjechefer på SKB och kärnkraftsföretagen som är ansvariga för avveckling. Avseende internationell samordning redogörs för SKB:s och kärnkraftsföretagens deltagande i OECD/NEA Working Party on Decommissioning and Dismantling (WPDD), Co-operative Programme for the Exchange of Scientific and Technical Information concerning Nuclear Installation Decommissioning Projects (CPD) med dess undergrupp Technical Advisory Group (TAG), samt IAEA Internationell Decommissioning Network (IDN) som exempel.

Remissinstansers synpunkter

Boverket framför att det är angeläget att den kunskap och de tekniker som behövs för avveckling av kärnkraften och hanteringen av kärnavfallet utvecklas så snabbt som möjligt. Detta för att inte fördröja avvecklingen och därmed frigörande av markområden. *Boverket* anser också att redovisningen visar på betydelsen av en nationell samordning av avvecklingsfrågorna mellan kärnkraftsföretagen och med SKB för att få till stånd en optimal avveckling.

Östhammars kommun noterar redovisning om att rivningsavfall från Ågestareaktorn samt reaktorerna Barsebäck 1 och 2, Oskarshamn 1 och 2 samt Ringhals 1 och 2 behöver mellanlagras i väntan på att ett utbyggt SFR är i drift. Vidare behöver långlivat avfall mellanlagras. Kommunen efterfrågar en tydlig redovisning av vilka mellanlager som finns idag och vilka som planeras samt drifttider av desamma.

Kommunen framför också att man ser en risk för att etablerandet av SFL-bilir försenat och att som en konsekvens därav att allt låg- och medelaktivt avfall inte får plats i SFR som

förblir öppet. Kommunen efterfrågar därför en tydligare motivering med för- och nackdelarna med mellanlagring i SFR med hänsyn till andra mellanlagringsalternativ.

Kommunen noterar att avvecklingen av reaktorerna Oskarshamn 1 och Oskarshamn 2 kommer att starta innan ett utbyggt SFR tagits i drift, och att olika alternativ för mellanlagring av avfall kommer att utredas. Kommunen efterfrågar vilka alternativ som avses att utredas. Kommunen efterfrågar också information om huruvida existerande mellanlager vid OKG är tillräckliga eller om nya mellanlager kommer att behöva etableras.

Kommunen noterar även att avvecklingen av reaktorerna Ringhals 1 och Ringhals 2 kommer att starta innan ett utbyggt SFR tagits i drift, och att olika alternativ för mellanlagring både extern och internt utreds. Kommunen efterfrågar vilka externa alternativ för mellanlagring som avses.

Kommunen noterar vidare att avvecklingen av kärnkraftsreaktorerna kommer att generera ett behov av att mellanlagra långlivat avfall, i avvaktan på att SFL etableras. Av redovisningen framgår att det finns behov av att mellanlagra avfallet hos andra tillståndshavare. Kommunen efterfrågar information om vilka alternativa lösningar för mellanlagring som utvärderas.

Lokala säkerhetsnämnden vid Oskarshamns kärnkraftverk noterar att det på flera ställen i programmet nämns behovet av mellanlager av rivningsavfall i avvaktan på idrifttagning av utbyggnad av SFR respektive etableringen av SFL. Lokala säkerhetsnämnden anser att programmet behöver kompletteras med en tydligare redovisning av vilka mellanlager som finns för närvarande och vilka som planeras samt drifttiderna för dessa.

Lokala säkerhetsnämnden hänvisar till beskrivningar av avfallshanteringen på OKG AB i samband med förtida avveckling och kopplingen till att det utbyggda SFR inte beräknas vara i drift förrän 2030. Nämnden anser att olika alternativ för mellanlagring behöver utredas och om befintliga mellanlager är tillräckliga eller om nya behöver byggas.

Nämnden noterar att OKG bedriver ett markförvar för slutförvaring av mycket lågaktivt avfall. Nämnden noterar vidare att det för nuvarande tillstånd omfattar driftavfall, men att det också kan bli aktuellt att slutförvara också rivningsavfall i markförvaret framöver. Med hänvisning till att det kommer att uppstå stora mängder rivningsavfall i Simpevarp i mitten 2020-talet anser nämnden att det behöver klarläggas om markförvaret ska betraktas som permanent förvar eller mellanlager.

Miljörelsens kärnavfallsekretariat (Milkas) efterfrågar en översikt över de tillfälliga lager som finns idag eller planeras.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att det är viktigt att SKB och kärnkraftsföretagen samordnar sig när det gäller avvecklingsfrågor. Med hänvisning till tidigareläggning av avställning av de äldre reaktorerna i Oskarshamn och Ringhals förväntar sig SSM att SKB och tillståndshavarna värderar huruvida det finns ett behov av att utöka nuvarande samarbete, t.ex. med avseende på olika mellanlagringsalternativ för rivningsavfall. När det gäller det internationella samarbetet så skulle SSM gärna se att syftet med samarbetet i de specifika arbetsgrupperna beskrevs tydligare.

9.2 Avveckling av reaktorerna i Barsebäck och Oskarshamn

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 15 i Fud-program 2016 om planering för avveckling inom Uniper, en nybildad koncern där de kärntekniska tillståndshavarna Barsebäck Kraft AB (BKAB) och OKG Aktiebolag (OKG) ingår som dotterbolag.

I juli 2016 redovisade BKAB och OKG uppdaterade avvecklingsplaner som bygger på de förändrade förutsättningarna, det vill säga tidigarelagda avställningar för Oskarshamn 1 och 2 respektive tidigarelagd nedmontering och rivning av Barsebäckverket. Redovisningen i avsnitt 15.1 respektive 15.2 utgör övergripande sammanfattning av dessa planer för respektive tillståndshavare.

9.2.1 Barsebäck Kraft AB:s planering för avveckling

SKB:s redovisning

I avsnitt 15.1 sammanfattas övergripande BKAB:s avvecklingsplaner för Barsebäckverket med fokus på aktiviteter under nuvarande Fud-period. Figur 15-2 ger en principiell översikt av BKAB:s tidsplan för avvecklingen av BVT.

På grund av senareläggningen av SFR:s utbyggnad har BKAB ändrat strategin så att början av nedmontering och rivning planeras för 2021 med beräknad avslutning 2028. Efter friklassning av byggnader planeras den konventionella byggnadsrivningen till en meter under marknivå. Rivningsmassorna avses användas till att fylla hålrum. I anslutningen planeras friklassningsmätningar av mark. Det uppkomna aktiva rivningsavfallet ska antingen mellanlagras på förläggningsplatsen eller externt i väntan på att det kan transporteras till utbyggd SFR. Transporterna beräknas kunna genomföras under cirka två år och består av hela reaktortankar, ISO-containrar, kokiller och ståltankar. Om det utbyggda SFR inte är driftklart när avvecklingsarbetena avslutats kommer mellanlagret att kvarstå som kärnteknisk anläggning och rivas/friklassas när avfallskollina är borttransporterade.

Under 2015 och 2016 har BKAB på förläggningsplatsen uppfört ett nytt mellanlager för segmenterade interndelar från Barsebäck 1 och 2. Segmenteringen påbörjades i september 2016 i Barsebäck 2 och planeras att avslutas 2019 i Barsebäck 1. Vidare anges att BKAB har påbörjat framtagning av ett radiologiskt kontrollprogram för friklassning av rivningsavfall, byggnader och mark som ska kopplas till befintlig 3D-modell av anläggningarna. En databas med den redan utförda radiologiska kartläggningen är kopplad till modellen.

BKAB planerar att 2017 inleda en förprojektering för avvecklingen som ska omfatta bl.a. definition av delmoment, principlösningar, upphandlingsformer, ekonomiska kalkyler, säkerhets- och riskanalyser, miljöaspekter, avfallsplaner, utbildning av entreprenörer, dosbudget samt tidsplaner. Resultat av förprojekteringen avses ligga till grund för beslut om att inleda projekteringen av nedmontering och rivning 2018. Fram till början av nedmontering och rivning planeras att produktionslinjer för hantering av avfall, hjälpsystem (ventilation, el etc.), mellanlager för rivningsavfall och övrig infrastruktur vara på plats.

Avseende omhändertagande av kärnavfallet anges i redovisningen att den totala avfallsmängden har uppskattats genom en inventering med syfte att identifiera volymer och massor. Aktiviteter som friklassningsmätningar och emballering i containrar planeras

dimensioneras efter det högsta kalkylerade flödet. Buffertlagring planeras att införas vid behov för att underlätta logistiken.

Avseende strålskyddet under nedmontering och rivning anges att låga stråldoser planeras att prioriteras. Detta ska åstadkommas genom att radioaktivt avfall rivs och transporteras bort i större enheter exempelvis hela reaktortankar. Friklassning planeras att genomföras då en nytta kan påvisas utan att orimliga resurser åtgår. Radioaktivt avfall som kan friklassas anges bestå i huvudsak av metall från turbinanläggningen och betongkonstruktioner. Det anges i redovisningen att detta koncept kan leda till något större volymer radioaktivt avfall men att detta kan uppvägas av mindre stråldoser till personalen, kortare tidsplan och att mindre sekundäravfall genereras. Ett markförvar för mycket lågaktivt avfall kommer inte att etableras vid Barsebäcksverket då hela förläggningsplatsen ska friklassas.

Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun konstaterar med referens till redovisningen om hantering av avfall från avveckling av Barsebäcksverket att det inte kommer att etableras något markförvar för lågaktivt avfall på förläggningsplatsen. Kommunen efterfrågar information om hur stora mängder avfall från avvecklingen som förväntas klassas som mycket lågaktivt avfall. Kommunen frågar också om det mycket lågaktiva avfallet kommer att slutförvaras i det utbyggda SFR, även om det lika gärna kunde ha placerats i markförvar.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att redovisningen utgör en övergripande sammanfattning av BKAB:s aktualiserade avvecklingsplan som redovisades till myndigheten i juli 2016. SSM noterar som positivt att struktur och innehåll för avvecklingsplanen följer den mall som SKB i samarbete med reaktorinnehavarna har tagit fram under föregående Fud-period.

SSM bedömer att öppna frågor inom planeringen för nedmontering och rivning borde ha lyfts fram på ett tydligare sätt, som till exempel lokalisering av mellanlager för rivningsavfall, omhändertagande av andra stora komponenter utöver reaktortankarna eller friklassningsnivåer för mark. SSM noterar att dessa frågor i viss omfattning har berörts i andra kapitel i Fud-programmet och bedömer att användande av korsreferenser skulle förbättra tydligheten i redovisningen.

SSM bedömer att de organisatoriska aspekterna för planerade åtgärder, till exempel organisatoriska anpassningar under nedmontering och rivning eller frågor relaterade till utnyttjande av extern personal, borde kunna redovisas på åtminstone principiell nivå.

SSM noterar, att i jämförelse med redovisningen i Fud-program 2013, saknas det i Fud-program 2016 uppgifter om volymer för det rivningsavfall som uppstår vid avvecklingen. SSM bedömer att övergripande redovisningar av avfallsvolymer, i synnerhet för sådant avfall som ska mellanlagras och därefter slutförvaras i utbyggt SFR, bidrar till att underlätta den övergripande förståelsen för avfallslogistiken i systemet som helhet.

9.2.2 OKG Aktiebolags planering för avveckling

SKB:s redovisning

I avsnitt 15.2 redovisas övergripande avvecklingsplaneringen för OKG Aktiebolags anläggning i Oskarshamn. Figur 15-4 ger en principiell översikt av OKG:s tidsplan för avvecklingen.

Under 2015 beslutade OKG om slutlig avställning av reaktorn Oskarshamn 1 (O1) sommaren 2017. För avställnings- och servicedrift nödvändiga tillstånd enligt miljöbalken erhöles 2016. Samtidigt fattades beslut om att reaktorn Oskarshamn 2 (O2) inte kommer att återstartas. Reaktorn Oskarshamn 3 (O3) planeras att drivas fram till 2045. Dess nedmontering och rivning planeras att inledas direkt efter avställningsdriften. Målet med avvecklingsprojekten är att kunna friklassa anläggningsplatserna. OKG har redovisat en uppdaterad avvecklingsstrategi för hela förläggningsplatsen samt uppdaterade avvecklingsplaner för O1 och O2 (en gemensam plan), O3 och det så kallade block 0 (O0) (bl.a. avfallsbyggnader) till myndigheten i juli 2016.

Under 2015 inleddes projekt Decommissioning Preparation Project (DPP). Projektets uppgifter var att planera och implementera en ny avdelning som ansvarar för avvecklingsverksamheten på OKG. Projektet skulle dessutom ta fram de underlag och genomföra de förberedelser som krävs för att O1 och O2 ska kunna övergå till avställningsdrift, följt av servicedrift och därefter nedmontering och rivning. Den nya avdelningen med ansvar för avvecklingsverksamheten etablerades och påbörjade sitt arbete under hösten 2016.

I redovisningen ges en övergripande beskrivning av tidsplanering för genomförandet av avvecklingen på kärnkraftverket, med fokus på O1 och O2, med stöd av figur 15-4. Efter avställnings- och servicedrift planeras att den gemensamma nedmonteringen och rivningen av O1 och O2 kan inledas 2019. Under avställnings- och servicedrift planeras att vissa åtgärder kommer vidtas som t.ex. borttransport av kärnbränsle, segmentering och borttransport av reaktortankarnas interndelar samt dekontaminering av primära reaktorsystem.

Nedmontering och rivning av O1 och O2 beskrivs inte på annat sätt än att den kommer att delas in i delmoment. OKG avser att ta del av nationella och internationella erfarenheter i sitt fortsatta planeringsarbete och vid detaljprojekteringen. Vidare framförs att OKG under driften har samlat erfarenheter som är relevanta för nedmontering och rivning bland annat från segmentering och omhändertagande av interndelar samt demontering och omhändertagande av O3:s turbin. Därmed anses att logistiken och planeringen av hela avfallsflödet har verifierats.

I redovisningen anges att avfallshanteringen under nedmontering och rivning endast skiljer sig kvantitativt från avfallet från driften av anläggningen, och planeras att genomföras med beprövade tekniker och metoder. De större avfallsmängderna under nedmontering och rivning ställer dock högre krav på fungerande avfallslogistik, och OKG ange att man kommer att sträva efter en viss redundans i hanterings- och avbördningsalternativ. Vidare anges att OKG i det fortsatta planeringsarbetet behöver utreda behovet av eventuella mellanlager för rivningsavfallet, t.ex. hela reaktortankar, som uppkommer under nedmontering och rivning av O1 och O2 innan utbyggnaden av SFR är i drift.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att redovisningen i Fud-program 2016 utgör en mycket övergripande sammanfattning av OKG:s uppdaterade avvecklingsstrategi för förläggningsplatsen, samt de uppdaterade avvecklingsplaner för O1, O2 och O3, som inlämnades till myndigheten i juli 2016. SSM noterar som positivt att struktur och innehåll av avvecklingsplanerna följer mallen som SKB i samarbete med kärnkraftsföretagen har utvecklat under föregående Fud-period.

SSM konstaterar vidare att redovisningen i första hand fokuserar på att beskriva arbetet med att etablera den nya avvecklingsavdelningen. Därutöver omnämns ett fåtal förberedande åtgärder som är planerade att genomföras under avställnings- och servicedrift av O1 och O2.

SSM bedömer att redovisningen hade vunnit på att vara mer utförlig. SSM bedömer till exempel att övergripande redovisningar av avfallsvolymer, i synnerhet för sådant avfall som ska mellanlagras och därefter slutförvaras i utbyggt SFR eller SFL, bidrar till att underlätta den övergripande förståelsen för avfallslogistiken i systemet som helhet. SSM bedömer vidare att de organisatoriska aspekterna för planerade åtgärder, till exempel organisatoriska anpassningar under nedmontering och rivning eller frågor relaterade till utnyttjande av extern personal, borde kunna redovisas på åtminstone principiell nivå.

9.3 Avveckling av reaktorerna i Forsmark, Ringhals och Ågesta

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 16 i Fud-program 2016 om planering för avveckling inom Vattenfall. Av redovisningen framgår att avvecklingsplaneringen bedrivs både på koncernnivå inom Vattenfall och hos tillståndshavarna Ringhals AB (RAB) och Forsmark Kraftgrupp AB (FKA). Avvecklingsplaneringen för Ågestareaktorn hanteras även av AB SVAFO som bedriver servicedrift av reaktorn på uppdrag av tillståndshavaren Vattenfall.

Av den inledande texten i kapitel 16 framgår att Vattenfall planerar att en ny tillståndshavare, enbart fokuserad på avveckling, ska ta över ansvaret för de slutligt avställda reaktorerna så snart det använda kärnbränslet lämnat anläggningarna. Av denna anledning har man 2015 skapat en linjefunktion inom Vattenfall AB, Business Unit Nuclear Decommissioning (BU-ND) för att koordinera, samordna och driva avvecklingsfrågor inom koncernen.

Avvecklingsplaneringen som genomförs centralt inom Vattenfall återfinns i avsnitt 16.1 i Fud-program 2016. Redovisningen avseende avveckling inom RAB utgår från tidigare-lagda avställningar för reaktorerna Ringhals 1 och 2 och återfinns i avsnitt 16.2 och redovisningen avseende FKA i avsnitt 16.3. Redovisningarna från både RAB och FKA utgår från de uppdaterade avvecklingsplaner som företagen lämnade in till SSM i juli 2016. Avvecklingsplaneringen för Ågestareaktorn återfinns i avsnitt 16.4.

9.3.1 Övergripande avvecklingsplanering

SKB:s redovisning

I avsnitt 16.1 redovisas övergripande avvecklingsplaneringen inom Vattenfall för RAB, FKA och Ågestareaktorn. Utgångspunkten för planeringen är att organisatoriskt separera kärnkraftsreaktorer under avveckling från de i drift genom att koncentrera koncernens avvecklingskompetens till en samlad organisatorisk enhet som samordnar och prioriterar inom och mellan avvecklingsprojekten. Under avställningsdriften planeras att genomföras en rad förberedande åtgärder så att nedmontering och rivning skulle kunna påbörjas direkt därefter. Nedmontering och rivning av Vattenfalls anläggningar planeras att genomföras under en så kort och sammanhållen tid som möjligt. Avveckling planeras att bedrivas i projektform med huvudsakligen kontrakterade entreprenörer under genomförandefasen. De olika delprojekten avses att genomföras parallellt om möjligt och deras optimering planeras ske utifrån ett sammantaget ALARA- och BAT-perspektiv. I planerna ingår att deponera hela reaktortankar. För nedmontering av kontaminerade eller aktiverade system avses att i första hand mekaniska metoder används.

Målet för avvecklingen beskrivs som friklassad industritomt. Beroende på verksamheten som avses bedrivas på platsen efter friklassning kan vissa byggnader och viss infrastruktur komma stå kvar. Avsikten är att den konventionella byggnadsrivningen sker till cirka en meter under markytan och att hålrum återfylls med rivningsmassor. Det översta marklagret avses att återställas till den status som den fortsatta industriella verksamheten på platsen kräver.

För avfallshanteringen redogörs för olika handlingsalternativ, t.ex. hantering i befintliga avfallsbyggnader eller nybyggnation vid behov. Hantering av andra stora komponenter utöver reaktortankar är inte bestämd än. Friklassning av rivningsavfall avses att etableras i linje med befintlig friklassningshandbok. Deponering av rivningsavfall, t.ex. i markförvar eller slutförvar, avses optimeras sammanhållet på koncernnivå. För transport av rivningsavfall avses att både SKB:s transportsystem som andra möjligheter användas. I synnerhet koordinering av bränsletransporter planeras ske med målet att minimera påverkan på avvecklingsprojekten.

SSM:s bedömning

SSM bedömer det som positivt att Vattenfall avser att samordna och optimera avvecklingsplaneringen på koncernnivå. SSM konstaterar att den slutliga ansvarsfördelningen kring avvecklingen av Ringhals 1 och 2 samt Ågestareaktorn inte är bestämt än och att ansvaret för avvecklingen ligger på reaktorbolagen som kärntekniska tillståndshavare. SSM konstaterar också att redovisningen i Fud-programmet inte berör regeringens beslut att avslå AB SVAFO:s ansökan enligt kärntekniklagen om att överta tillståndet för Ågestareaktorn.

SSM noterar också att från redovisningen i avsnitt 16.1 inte framgår vilket alternativt sluttillstånd (total rivning eller kvarlämnande av viss infrastruktur) som planeras för respektive förläggingsplats.

9.3.2 Ringhals AB:s planering för avveckling

SKB:s redovisning

I juli 2016 redovisade RAB uppdaterade avvecklingsplaner för Ringhals 1 och 2 respektive Ringhals 3 och 4 till myndigheten. Avvecklingsplanerna för Ringhals 1 och 2 bygger på beslut om tidigareläggning av avställningar för reaktorerna. I avsnitt 16.2 sammanfattas den övergripande avvecklingsplaneringen för Ringhals 1 och 2 med fokus på aktiviteter under den nuvarande Fud-perioden. Figur 16-2 ger en principiell översikt av RAB:s tidsplan för avvecklingen.

Redovisningen baseras i hög grad på beskrivningar av avvecklingsprojektet TYKO och projektet STURE. Fokus i närtid för projekt TYKO är att analysera förutsättningarna för avvecklingen samt att i detalj utvärdera hur de specifika momenten under avvecklingen ska lösas på bästa sätt. Detta inkluderar analys av bland annat tillståndsprövning, rivningsmetodik, organisation och avfallshantering. Syftet med projekt STURE är bl.a. att planera för och genomföra fysisk separering av blocken R1 och R2 från R3 och R4, borttransport av kärnbränslet efter den slutliga avställningen av R1 och R2 och omhändertagande av driftavfall från dessa anläggningar. Även vissa förberedande åtgärder, så som systemdekontaminering under avställningsdriften, ingår i projekt STURE.

Eftersom nedmontering och rivning av R1 och R2 planeras att genomföras innan det utbyggda SFR är i drift så behövs det mellanlagringskapacitet för rivningsavfall. I rapporten redovisas att detta kan ske lokalt på Ringhals kärnkraftverk och/eller externt. Dess lokalisering undersöks. R1:s interndelar ska segmenteras och beroende på aktivitetsinnehåll slutförvaras i SFL, efter mellanlagring på plats, eller så som reaktortanken slutförvaras i SFR. Reaktortankarna från R2, R3 och R4 inklusive interndelarna avses att slutförvaras hela i SFL efter mellanlagring på plats.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att redovisningen i Fud-program 2016 utgör en övergripande sammanfattning av RAB:s uppdaterade avvecklingsplaner, som inlämnades till myndigheten i juli 2016. SSM noterar som positivt att struktur och innehåll av avvecklingsplanerna följer mallen som SKB i samarbete med kärnkraftsföretagen har utvecklat under föregående Fud-period.

SSM anser att redovisningen i kapitlen 16.1 och 16.2 kring ansvarsfrågor och organisation är motstridiga, t.ex. om avvecklingsprojektering ska bedrivas inom BUND eller hos RAB. Då det saknades inriktningsbeslut om dessa frågor vid framtagning av Fud-programmet 2016 borde detta tydligare framgå.

SSM bedömer att redovisningen hade vunnit på att vara mer utförlig avseende övergripande redovisningar av avfallsvolymer och andra stora komponenter än reaktortankar. I synnerhet för sådant avfall som ska mellanlagras och därefter slutförvaras i utbyggt SFR eller SFL eftersom det bidrar till att underlätta den övergripande förståelsen för avfallslogistiken i systemet som helhet.

9.3.3 Forsmarks kraftgrupp AB:s avvecklingsplanering

SKB:s redovisning

I juli 2016 redovisade FKA uppdaterade avvecklingsplaner för Forsmark 1, 2 och 3 till myndigheten. I avsnitt 16.3 sammanfattas den övergripande avvecklingsplaneringen och figur 16-4 ger en principiell översikt av FKA:s tidsplan för avvecklingen.

FKA planerar för 60-årsdrift av sina reaktorer, dvs. de slutliga avställningarna planeras mellan 2041 – 2045. Då planeras den utbyggda SFR-anläggningen vara i drift och även SFL förväntas att vara i drift i närtid. FKA avser att inleda nedmontering och rivning av reaktorerna direkt efter avställningsdriften och undvika behov att mellanlagra rivningsavfall. F1 och F2 förväntas kunna nedmonteras och rivas som ett gemensamt projekt. Efter dess avslutning förväntas F3:s nedmontering och rivning kunna påbörjas i direkt anslutning.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att redovisningen i Fud-program 2016 utgör en övergripande sammanfattning av FKA:s uppdaterade avvecklingsplaner, som lämnades in till myndigheten i juli 2016. SSM noterar som positivt att struktur och innehåll av avvecklingsplanerna följer mallen som SKB i samarbete med kärnkraftsföretagen har utvecklat under föregående Fud-period.

SSM bedömer att redovisningen i avsnitt 16.3 i allt väsentligt är tillräcklig för att ge en rimligt bra förståelse för avvecklingsplaneringen, med hänsyn till den långa tids-horisonten för FKA:s avvecklingsplanering.

SSM förväntar sig att FKA utnyttjar möjligheterna till kompetensuppbyggnad och erfarenhetsöverföring som uppstår i närtid genom andra avvecklingsprojekt, i synnerhet vid avveckling av reaktorerna i Ringhals och Ågestareaktorn.

9.3.4 Vattenfalls planering för avveckling av Ågestareaktorn

SKB:s redovisning

I avsnitt 16.4 sammanfattas övergripande avvecklingsplaneringen för Ågestareaktorn. Figur 16-6 ger en principiell översikt av tidsplan för avvecklingen av anläggningen.

Av redovisningen framgår att miljötillståndet för servicedrift av reaktorn löper ut 2020 och att det togs beslut 2015 om att kunna inleda nedmontering och rivning i samband med detta. Den aktuella avvecklingsplanen är från 2013 och följer SKB:s riktlinjer för avvecklingsplaner som gällde då.

Av redovisningen framgår vidare att avvecklingen av Ågestareaktorn har delvis andra tekniska och administrativa utmaningar än övriga kärnkraftsreaktorer. I kapitlet beskrivs några aktiviteter som redan har genomförts, bl.a. insamling och digitalisering av dokumentation, framtagning av aktuell anläggningsbeskrivning och en 3D-modell av anläggningen. Dessutom har en radiologisk kartläggning påbörjats.

Det anges i kapitlet att de olika avfallsströmmar som kommer att genereras under nedmontering och rivning har bestämts och att man har identifierat olika hanteringssteg för varje avfallsström fram till slutlig friklassning eller deponering så att allt avfall som förväntas uppstå under avvecklingen av Ågestaanläggningen har en känd slutdestination. Till skillnad från gällande avvecklingsplan bedöms det i dag att det finns fördelar med att undvika segmentering av reaktortanken så att en alternativ hantering behöver utredas närmare.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att redovisningen i avsnitt 16.4 i princip endast refererar till giltig avvecklingsplan, anger en tidpunkt för den planerade början av nedmontering och rivning samt ger en översiktlig sammanfattning av senast genomförda aktiviteter. SSM bedömer trots det att redovisningen i avsnitt 16.3 är tillräcklig för att ge en rimlig förståelse för avvecklingsplaneringen, med hänsyn till Ågestareaktorns unika karaktär.

SSM bedömer som positivt att ett handlingsalternativ till segmentering av reaktortanken ska undersökas.

9.4 Avveckling av SKB:s anläggningar

SKB:s redovisning

I kapitel 17 sammanfattas övergripande avvecklingsplaneringen för SKB:s anläggningar Clink, SFR, SFL och Kärnbränsleförvaret. Avvecklingsplanerna för Clab och SFR uppdaterades 2013 i samband med att tillståndsansökningar för Clink respektive ansökan om utbyggnad av SFR lämnades in. Avvecklingsplanen för Clab planeras att uppdateras under 2016 för att anpassas till SKB:s aktuella mall för struktur och innehåll av dessa planer. Figur 18-1 ger en principiell översikt av tidsplaner för avvecklingen av alla kärnkraftsreaktorer och SKB:s anläggningar.

Slutmålet för avvecklingen av SKB:s anläggningar är att kunna friklassa byggnader och mark. För slutförvarsanläggningarna SFR, SFL och Kärnbränsleförvaret avser detta anläggningsdelarna ovan mark.

Drift av SKB:s anläggningar planeras pågå fram till minst 2055 (SFR) respektive 2085 (Kärnbränsleförvaret). Nedmontering och rivning av Clink anses inte vara mer komplicerad än för någon annan kärnteknisk anläggning. Anläggningsdelar av slutförvaren ovan mark betraktas som konventionella.

SSM:s bedömning

SSM bedömer att redovisningen i kapitel 17 i allt väsentligt är tillräcklig för att ge en rimligt bra förståelse för avvecklingsplaneringen för SKB:s anläggningar, med hänsyn taget till den långa tidshorisonten för genomförandet av avvecklingsprojekten.

SSM noterar som positivt att Clab:s avvecklingsplan ska uppdateras för att anpassa den till SKB:s aktuella mall.

9.5 Beroenden och flexibilitet

Kapitel 18 i Fud-program 2016 redogör för hur flexibilitet skapas vid genomförandet av avvecklingsprojekten. Förutom i gränssnittet mellan avvecklingsprojekten även mellan avvecklingsprojekten och SKB, samt mellan avvecklingsprojekten och externa aktörer.

SKB redogör inledningsvis för behovet av viss flexibilitet för att ta hänsyn till faktorer som kan påverka avvecklingsprojektens genomförande. Både till vad som beskrivs som externa påverkansfaktorer, det vill säga sådant som till stor del ligger utanför avvecklingsprojektens möjlighet att påverka, och till vad som beskrivs som interna påverkansfaktorer, det vill säga sådant som avvecklingsprojekten kan påverka.

Externa påverkansfaktorer anges i huvudsak vara kopplade till tillstånd och myndighetsbeslut i samband till exempel med slutlig avställning, avställningsdriftens slut, uppstart av delmoment, friklassning av anläggning. För att passera dessa milstolpar ställs krav på väl utarbetade processer och goda myndighetsrelationer men även konsekvensanalys och utarbetande av en plan över de insatser som kan genomföras inom projektet för att skapa flexibilitet i planeringen.

Interna påverkansfaktorer beskrivs som gränssytor inom kärnkraftsindustrin till följd av projektens beroenden gentemot annan industriintern verksamhet. Dessa återfinns dels i skärningen mellan drift och avveckling, dels mellan avveckling och SKB:s system för transport, mellanlagring och slutförvaring, men även till följd av parallella avvecklingsverksamheter. De främsta interna beroendena anges som separation av anläggningar, möjlighet till förberedelser internt på anläggningen, bränsletransport, mellanlagringskapacitet för bränsle i Clab, reaktortankshantering, hantering av långlivat avfall, friklassning och hantering av mycket lågaktivt avfall, samt kritiska resurser och funktioner nationellt.

Avsnitt 18.1 redovisar en översikt av avvecklingsverksamheternas gränssytor följt av mer detaljerade redovisningar av de huvudsakliga externa respektive interna beroendena, i avsnitt 18.2 respektive 18.3.

9.5.1 Avvecklingsaktiviteter under denna Fud-period

SKB:s redovisning

I avsnitt 18.1 sammanfattas övergripande de planerade avvecklingsaktiviteterna under den nuvarande Fud-perioden med stöd av en översiktlig tidsplan för avvecklingen av alla reaktorer och SKB:s anläggningar i figur 18-1. Aktiviteterna domineras av arbete vid reaktorerna Barsebäck 1 och 2, Oskarshamn 1 och 2, Ringhals 1 och 2 samt Ågestareaktorn.

Av redovisningen framgår att fokus under kommande Fud-period omfattar åtgärder som är förknippade med bränslehantering vid de reaktorer som ställs av i förtid och därtill kopplade krav på kapacitet i SKB:s transportsystem och mellanlagring av bränslet från sluthärdarna i Clab. Vidare kommer åtgärder att vidtas för att skapa en effektiv och säker avveckling. Bland annat förberedelser inför, och i vissa fall genomförande av, segmentering av interndelar, ansökan om erforderliga tillstånd inför avställnings- och eventuell servicedrift enligt miljöbalken samt säkerställande att allt avfall kan hanteras under avvecklingsprojekten.

Särskilda förberedelser behöver vidtas med avseende på kommande avfallshantering. Typbeskrivningar för rivningsavfallet behöver utarbetas och godkännas av SSM, hantering och tekniker för omhändertagande av större komponenter behöver utvecklas, och de avfallsbehållare som behövs för omhändertagandet är utvecklade och licensierade. Vidare behöver det finnas bortskaffningsalternativ för det radioaktiva material som inte kommer att slutförvaras av SKB, till exempel deponering av mycket lågaktivt rivningsavfall i lokala markförvar.

Kärnkraftsföretagens reviderade planer innebär att mellanlagring av rivningsavfallet kommer att göras på respektive förläggingsplats i avvaktan på att den utbyggda SFR-anläggningen tas i drift. Detta innebär att kärnkraftsföretagen – utöver Barsebäck – inte längre är beroende av tidpunkten för tillgängligheten av ett utbyggt SFR.

Eftersom all kärnteknisk verksamhet planeras att upphöra vid Barsebäck efter nedmontering och rivning av reaktorerna B1 och 2, är situationen annorlunda. Hela förläggingsplatsen kan inte friklassas innan allt radioaktivt rivningsavfall har transporterats bort därifrån. En viss koppling mellan avveckling av reaktorerna vid Barsebäcksverket och driftsättning av utbyggd SFR-anläggning kvarstår och BKAB:s avvecklingsprojekt är därmed beroende av att åstadkomma möjligheter för extern mellanlagring av långlivat avfall för att förläggingsplatsen ska kunna friklassas.

Långlivat rivningsavfall, i synnerhet från segmentering av reaktorernas interndelar, kommer uppstå under Fud-perioden, och kan inte slutkonditioneras innan acceptanskriterier är fastställda för SFL i samband med dess tillståndsansökan.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att redovisningen i avsnitt 18.1 i princip utgör en sammanfattning av redovisningen i kapitlen 16 och 17 i syfte att utgöra en introduktion till efterföljande redovisning av i avsnitt 18.2 respektive 18.3.

9.5.2 Flexibilitet kring externa beroenden

SKB:s redovisning

I avsnitt 18.2 redovisas övergripande externa beroenden (tidpunkt för slutlig avställning, avställningsdriftens slut, uppstart av delmoment, friklassning av anläggning) för ett avvecklingsprojekt och hur dessa beroenden skulle kunna hanteras för att minimera möjliga negativa konsekvenser.

I avsnitt 18.2.1 diskuteras flexibilitet kopplat till tidpunkten för igångsättning av nedmontering och rivning. I tidigare Fud-program utgick man ifrån att det krävs ca fem år från att beslut om slutgiltig avställning fattas till dess att slutlig avställning verkställs. Bland annat för att det enligt Miljöprövningsförordningen krävs ett nytt/ändrat miljötillstånd redan för till avställnings- och eventuellt servicedrift. Eventuell tidigareläggning av den slutliga avställningen medför att denna tillståndsprövning hamnade på kritisk linje. Av redovisningen framgår att viss flexibilitet kan åstadkommas i det avseendet genom att en reaktor kan tas ur drift under befintlig drifttillstånd utan att per automatik vara slutlig avställd. Vidare anges att en tidigarelagd avveckling kräver att planeringen accelereras samt att vissa förberedande åtgärder kan komma att genomföras senare under avställningsdriften.

I avsnitt 18.2.2 diskuteras flexibilitet och möjliga konsekvenser med avseende på övergång från avställningsdrift antingen till servicedrift eller till start av nedmontering och rivning, med hänsyn till de ekonomiska riskerna. Driftläget avställningsdrift medför en högre kravnivå eftersom det finns kärnbränsle kvar på anläggningen. För att begränsa den ekonomiska risken om tillstånd för nedmontering och rivning försenas, föreslås att anläggningen försätts i servicedrift efter det att allt kärnbränsle har avlägsnats med en för detta driftläge anpassad, lägre kravnivå.

I avsnitt 18.2.3 redovisas kraven på inlämnade och i vissa fall myndighetsgodkännande av omarbetad säkerhetsredovisning (SAR) och därtill kopplad avfallsplan och avvecklingsplan, samt anmälningar av olika delmoment. Dessutom behöver en rapport enligt Artikel 37 i Euratomfördraget lämnas in till SSM senast ett år innan nedmontering och rivning planeras att påbörjas.

Vidare diskuteras möjliga negativa konsekvenser av förseningen av ett delprojekt för avvecklingsprojektet som helhet. Medan det bedöms att det finns lite flexibilitet i samband med uppstart av första delprojektet anses flexibiliteten kunna öka i senare skeden av nedmontering och rivning då flera delprojekt kunde pågå parallellt.

I avsnitt 18.2.4 diskuteras möjliga negativa konsekvenser för den konventionella rivningen om friklassningsbeslutet är försenat och hur denna risk kunde minimeras.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att de externa beroenden som diskuteras i avsnitt 18.2 och som skulle kunna fördröja påbörjande av nedmontering och rivning av en anläggning i första hand är kopplad till tillståndet enligt miljöbalken respektive krav från SSM. Myndigheten instämmer i SKB:s beskrivning och anser att det är positivt att kärnkraftsföretagen har identifierat en tidig dialog med SSM och andra berörda myndigheter kring avvecklingsfrågor som möjlighet att minimera negativa konsekvenser av de potentiella fördröjningar som har nämnts i kapitlet.

Externa beroenden verkar avse sådana beroenden som ligger utanför systemet anläggningar-kärnkraftsföretagen-ägarbolagen-SKB. SSM anser att uppdelningen mellan externa och interna beroenden med fördel kunnat redovisas mer omfattande och konsistent. Tillgänglighet av kritiska resurser, t.ex. personal som inte tillhör kärnkraftsföretagen, deras ägarbolag eller SKB, borde därmed räknas som extern beroende. Vidare kunde redovisningen vara specifik om vilka externa beroenden som är särskild relevanta för de olika anläggningar som ska påbörja sin avveckling i närtid.

9.5.3 Flexibilitet kring interna beroenden

SKB:s redovisning

I avsnitt 18.3 redovisas övergripande interna beroenden (anläggningsseparation, förberedande åtgärder, bränsletransport, mellanlagringskapacitet i Clab, hantering av reaktortankar, långlivat avfall, friklassning samt resursplanering) för ett avvecklingsprojekt och hur dessa beroenden skulle kunna hanteras för att minimera möjliga negativa konsekvenser.

I avsnitt 18.3.1 beskrivs övergripande vad som avses med anläggningsseparation och att den prioriteras ur ett driftperspektiv. Det betonas att en tidig identifikation av kopplingarna mellan anläggningar i drift och sådana under avveckling är viktig samt att avvecklingen av blockpar borde samordnas. På grund av den tidigare lagda avvecklingen riskerar anläggningsseparationer att hamna på den kritiska linjen, dvs. blir en begränsande faktor när nedmontering och rivning kan påbörjas.

I avsnitt 18.3.2 diskuteras vilka förberedande åtgärder inför nedmontering och rivning som kan genomföras under avställning- och servicedrift samt att dessa med fördel skulle genomföras i närtid efter den slutliga avställningen då kompetent personal med erfarenheter från driften finns kvar.

I avsnitt 18.3.3 diskuteras längden av avställningsdriften för reaktorerna O1, O2, R1 och R2 med avseende på kärnbränslets avklingningstider och begränsningar i transportsystemet (certifiering av bränsletransportbehållare, m/s Sigrid). För bortförsel av kärnbränsle från R1 och R2 sammanfaller dessa transporter tidsmässigt med att certifikatet för befintliga transportbehållaren löper ut. Den förordade lösningen är att söka tillstånd och dispens för att tömma sluthärdarna via de befintliga bränsletransportbehållarna för att undvika anläggningsändringar och beroenden mellan avveckling och leverans av nya transportbehållare. I det fall en omcertifiering eller validering av befintliga behållare inte är möjlig, kvarstår möjligheten att modifiera anläggningarna för hantering av de nya transportbehållarna.

I avsnitt 18.3.4 beskrivs beroenden mellan tömning av sluthärdarna och mottagningskapaciteten vid Clab. Särskilt med avseende på nuvarande begränsning i mellanlagring av 8 000 ton kärnbränsle och SKB:s ansökan om, och planer för, att utöka mellanlagringskapaciteten i Clab från 8 000 till 11 000 ton samt hur detta kan påverka längden av avställningsdriften av i första hand R1 och R2. Vidare redogörs för att det kan uppstå begränsningar i Clab:s mottagningskapacitet då omfattande ombyggnation av anläggningen kan komma att sammanfalla med mottagning av sluthärdar från R1 och R2.

I avsnitt 18.3.5 beskrivs övergripande planer att slutförvara hela reaktortankar, både från kok- och tryckvattenreaktorerna, i utbyggt SFR respektive SFL. För reaktorerna som planeras att avvecklas i närtid krävs dessutom att tankarna mellanlagras. Slutförvaring av hela tankar förväntas vara dosbesparande och kostnadseffektivt. Vidare anges i kapitlet att segmentering av tankarna behöver utredas om slutförvaring av hela reaktortankar inte visar sig vara möjligt.

I avsnitt 18.3.6 diskuteras övergripande hur långlivat kärnavfall, t.ex. segmenterade reaktorinterndelar, kan konditioneras för mellanlagring tills SFL har tagits i drift. Förutom mellanlagring på förläggingsplatsen beskrivs ett uttalat behov för Barsebäck av ett centralt mellanlager för långlivat kärnavfall. Av redovisningen framgår att SKB i ansökan om utbyggnad av SFR ansökt om möjlighet att utnyttja de bergum som ska användas till slutförvaring av rivningsmassor från de yngre kärnkraftverken till att mellanlagra långlivat avfall från de tidiga avvecklingarna. Alternativa lösningar att mellanlagra avfall hos andra tillståndshavare utvärderas också. Av redovisningen framgår att två principiella möjligheter för slutkonditionering av det långlivade avfallet övervägs, antingen lokalt på förläggingsplatserna eller centralt, vid SFL.

I avsnitt 18.3.7 behandlas friklassning och hantering av mycket lågaktivt avfall. De övergripande bortskaffningsalternativen redovisas likasom utmaningarna att hantera större materialflöden av konventionell och mycket lågaktivt avfall. Av redovisningen

framgår att markdeponering och villkorad friklassning skulle kunna utgöra viktiga bortskaffningsalternativ för mycket lågaktivt rivningsavfall, men som hittills inte finns etablerade.

I avsnitt 18.3.8 anges att det pågår en översyn av kompetensbehovet och kompetens-tillgången hos ägare och tillståndshavare. En första dialog med potentiella entreprenörs-firmor har också initierats. Det identifieras vissa specialkompetenser inom nedmontering och rivning som t.ex. segmentering av interndelar och lyft av reaktortankar. Det anges vidare i kapitlet att gemensamma processer ska utarbetas för att kunna bemöta t.ex. myndigheterna på ett enhetligt sätt. Det nämns att resurskonflikter om vissa kompetens-tillgångar kan kräva att planeringen för ett projekt ändras till förmån för ett annat, mer prioriterat projekt.

Remissinstansers synpunkter

Östhammars kommun noterar SKB:s redovisning i avsnitt 18.3.4 om flexibilitet avseende en eventuell försening i processen att erhålla tillstånd till utökad lagringskapacitet från 8 000 till 11 000 ton bränsle i Clab. Kommunen efterfrågar vilka konsekvenserna skulle bli för avvecklingen av såväl Oskarshamn 1 och 2, Ringhals 1 och 2 som de reaktorer som kommer att drivas fortsättningsvis i Forsmark, Oskarshamn och Ringhals.

Sveriges geologiska undersökning (SGU) framför att man följer frågan om tidschemats förskjutning genom tidigareläggning av avställning och avveckling av reaktorer från fall till fall för att bevaka hur yttre miljö påverkas.

SSM:s bedömning

SSM instämmer i bedömningen i avsnitt 18.3.1 att anläggningsseparation i första hand är relevant för den fortsatta driften. Avvecklingsprojekten påverkas främst genom potentiella förseningar.

Innan nedmontering och rivning av en anläggning får påbörjas kan vissa så kallade förberedande åtgärder genomföras i anläggningen. SSM har nyligen specificerat omfattningen av dessa förberedande åtgärder. SSM vill dock betona att segmentering av interndelar inte är en förberedande åtgärd enligt denna specifikation. Om en reaktorägare avser att genomföra segmenteringen innan nedmontering och rivning av anläggningen har påbörjats, dvs. under avställnings- eller servicedrift, så räknas detta projekt som s.k. partiell nedmontering som kräver ett tillstånd enligt miljöbalken samt redovisningar och en godkänd omarbetad säkerhetsredovisning enligt SSM:s föreskrifter.

SSM bedömer det som positivt att kärnkraftsföretagen avser minimera tiden för avställningsdriften, dvs. tiden för borttransport av kärnbränslet, samt att det tydligt redovisas två handlingsalternativ för problematiken kring certifieringen av bränsle-transportbehållaren.

SSM anser det som positivt att SKB tydligt redovisar eventuella komplikationer för transporter av sluthärdar från reaktor-anläggningarna till Clab med avseende på tillståndsprocessen för att utöka mellanlagringskapaciteten för kärnbränsle i Clab samt anläggningens mottagningskapacitet. Effekter av en förlängd avställningsdrift borde dock ha belysts i redovisningen.

SSM bedömer utifrån de kända planeringsförutsättningarna avseende SFL att den övergripande redovisningen av hanteringen av det långlivade kärnavfallet i avvecklingsprojekten är acceptabelt. SSM bedömer vidare att redovisningen av möjligheterna för mellanlagring av avfall och tidsperioder vid OKG och RAB borde ha redovisats tydligare.

SSM förväntar sig i Fud-program 2019 att de olika bortskaffningsalternativen för avfall som kan friklassas samt mycket lågaktivt avfall redovisas mer specifikt för de olika anläggningarna, eftersom förutsättningar är olika, till exempel i form av existerande markdeponier. Framför allt önskar SSM se en översiktlig sammanställning av avfallets sammansättning och omfattning. I tidigare kapitel anges exempelvis att hållrummen under anläggningen ska återfyllas med friklassad betong utan att detta har analyserats i detalj.

SSM anser det som positivt att möjliga resurskonflikter mellan olika avvecklingsprojekt har identifierats som problem. SSM önskar i kommande Fud-program få ta del av en tydligare beskrivning av formerna för denna samordning och principerna för hur prioritering mellan olika avvecklingsprojekt ska genomföras, det vill säga på koncern- eller branschnivå. SSM önskar på motsvarande sätt ta del av tydligare beskrivning av eventuella möjligheter och planer för respektive koncerns möjligheter att utnyttja sina utländska resurser - eller hur man i egen regi – avser att säkerställa kompetensuppbyggnad och kompetenssäkring koncern- eller branschnivå.

9.6 Fortsatta aktiviteter inom avveckling

9.6.1 Nuläge

SKB:s redovisning

I avsnitt 19.1 redovisas övergripande de avvecklingsrelaterade utvecklingsverksamheter som genomförts under föregående Fud-period, uppdelad i industrigemensamt utvecklingsarbete samt inom Uniper respektive Vattenfallkoncernen.

Redovisningen av det industrigemensamma arbetet sammanfattar respektive hänvisar till delar av övrig redovisning i kapitel del II i Fud-redovisningen, till exempel avseende hantering av reaktortankar, mellanlagring av rivningsavfall, friklassning och avfallsbehållare. I enlighet med vad som angivits i den föregående Fud-redovisningen har SKB tillsammans med kärnkraftsföretagen tagit fram dels nya riktlinjer för friklassning vid nedmontering och rivning av kärntekniska anläggningar, dels nya riktlinjer för struktur och innehåll för redovisning av avvecklingsplaner.

Vidare nämns det internationella samarbete inom IAEA och OECD/NEA som anses komma öka i betydelse, med hänvisning till att avvecklingsprojekten i Sverige kommit närmare realisering. Vidare framgår att en pilotstudie inom Energiforsk har levererat en rapport i slutet av förra Fud-perioden. Sedan dess har projektet pausats på grund av omorganisation inom Vattenfall i och med skapandet av BU-ND, och till följd av den tidigare lagda avvecklingen av Ringhals 1 och 2.

I avsnitt 19.1.2 sammanfattas övergripande utvecklingsarbete inom Uniper-koncernen. Medan det listas ett antal tekniska studier som har genomförts under förra Fud-perioden hos BKAB så beskrivs i OKG:s fall främst projekt ProAct, som hade i uppdrag att bl.a.

förbereda tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen för avveckling av O1 som efter det nya inriktningsbeslutet 2015 övergick till Decommissioning Preparation Project för O1 och O2. Projektet lämnades över till den nya avvecklingsavdelningen inom OKG under hösten 2016.

I avsnitt 19.1.3 sammanfattas övergripande utvecklingsarbete inom Vattenfallkoncernen under förra Fud-perioden, dvs. projekt AVANS (avvecklingsplanering) på koncernnivå, Ringhals 50-gruppen (proaktiv avvecklingsplanering innan beslut hade fattats om tidigareläggning av Ringhals 1 och 2:s avstängning), projekt STURE (nuvarande avvecklingsplanering vid Ringhals) samt ett projekt för att visualisera dos och arbetsmoment i 3D-modeller.

SSM:s bedömning

SSM anser det som positivt att SKB och kärnkraftsföretagen har tagit fram nya riktlinjer för friklassning under nedmontering och rivning samt en mall för struktur och innehåll av avvecklingsplaner.

SSM bedömer att de nya inriktningsbesluten för OKG (tidigareläggning av O1 och O2:s avveckling) samt för BKAB (tidigareläggning av nedmontering och rivning) i slutet av förra Fud-perioden inte fick fullt genomslag i faktiskt utfört utvecklingsarbete. SSM ser positivt på att OKG i syfte att kunna genomföra avvecklingen av O1 och O2 på ett strålsäkert och effektivt sätt etablerat en ny avdelning med fokus på avveckling.

SSM anser att redovisningen av utvecklingsarbetet med avseende på avvecklingen av reaktorer i Forsmark, Ringhals och Ågesta borde vara tydligare avseende ansvarsfördelningen mellan projekt AVANS och projekt STURE samt deras respektive arbetsuppgifter. SSM noterar att genomfört utvecklingsarbete om avvecklingen av Ågestareaktorn har redovisats i avsnitt 16.4.

9.6.2 Program för fortsatta aktiviteter inom avveckling

SKB:s redovisning

I avsnitt 19.2 redovisas övergripande de planerade aktiviteterna under den kommande Fud-perioden. I avsnitt 19.2.1 redovisas industrigemensamt utvecklingsarbete kring avfall och slutförvaring. Redovisningen avser kärnkraftsavvecklingens påverkan på slutförvarssystemets utformning med avseende på bl.a. konditionering och mellanlagring av långlivat avfall, hantering av reaktortankar och andra stora komponenter, bevakning av metodutveckling för svårsmältbara nuklider, omhändertagande av mycket lågaktivt avfall, framtagning av avfallsbehållare för rivningsavfall samt ett projekt för omhändertagande av skadat kärnbränsle. I avsnitt 19.2.2 redovisas övrig industrigemensam utveckling och beskriver det industrigemensamma utvecklingsarbete som behövs inför avvecklingarna, men som inte är direkt förknippat med SKB:s transport- och slutförvarssystem. Huvudpunkterna avser planer att ta fram en harmoniserad tillståndsprocess under avvecklingen samt ett industrigemensamt system för överföring av rivningsavfallsdata från kärnkraftsföretagen till SKB.

I avsnitt 19.2.3 redovisas utvecklingsbehoven inom Uniperkoncernen, dvs. planerade studier och utredningar hos BKAB och OKG. Av redovisningen framgår att, med anledning av den tidigarelagda avvecklingen av Oskarshamn 1 och Oskarshamn 2, pågår

ett intensivt planeringsarbete på OKG, innefattande utvecklingsarbete kopplat till samtliga områden som berörs av avveckling.

I avsnitt 19.2.4 redovisas övergripande de planerade utvecklingsaktiviteterna inom Vattenfallkoncernen, främst projekteringsarbete inför den kommande nedmontering och rivning av R1, R2 och Ågestareaktorn samt aktiviteterna på koncernnivån avseende t.ex. organisation och styrning, kompetensbehov inom avveckling och inköpskoncept.

SSM:s bedömning

Den övergripande redovisningen av de industrigemensamma aktiviteterna under den kommande Fud-perioden i avsnitt 19.2.1 hänvisar för ett antal frågeställningar till andra delar av Fud-programmet. Dessutom anges det att samdeponering av reaktortankar och deras interndelar ska utredas under den kommande Fud-perioden. Det framgår inte av denna formulering om BWR eller PWR-tankar avses. Utöver de nämnda aktiviteterna borde kärnkraftsföretagen och SKB kunna identifiera en rad andra gemensamma aktiviteter, t.ex. förbättrad samordning av nedmonterings- och rivningslogistiken.

SSM ser positivt på att kärnkraftsföretagen avser att stämma av tillståndsprocesserna kring avvecklingen sinsemellan och med berörda myndigheter. SSM instämmer i bedömningen att ett industrigemensamt system för överföring av avfalldata från rivningen kan vara fördelaktigt.

SSM noterar att redovisningen i Fud-programmet inte fullt ut återspeglar de uppdaterade avvecklingsplanerna för OKG och BKAB under sommaren 2016.

SSM noterar att redovisningen i Fud-programmet inte heller för reaktorerna R1 och R2 fullt ut återspeglar de uppdaterade avvecklingsplanerna för RAB har redovisat till myndigheten under sommaren 2016.

SSM bedömer att det är positivt att det planeras utvecklingsaktiviteter både av de enskilda anläggningarna R1, R2 och Ågestareaktorn samt på koncernnivå för att identifiera eventuella samordningsvinster.

9.7 SSM:s samlade bedömning avseende avveckling

SSM anser att inledande avsnitt 14.2 ger en rimligt bra övergripande bild av ansvarsfördelningen mellan kärnkraftsföretagen och SKB avseende ansvar och arbetsfördelning inom avveckling av kärnkraftsreaktorer.

SSM bedömer att det är viktigt att SKB och kärnkraftsföretagen samordnar sig när det gäller avvecklingsfrågor. Med hänvisning till tidigareläggning av avställning av de äldre reaktorerna i Oskarshamn och Ringhals förväntar sig SSM att SKB och tillståndshavarna värderar huruvida det finns ett behov av att utöka nuvarande samarbete, t.ex. med avseende på olika mellanlagringsalternativ för rivningsavfall. När det gäller det internationella samarbetet så skulle SSM gärna se att syftet med samarbetet i de specifika arbetsgrupperna beskrevs tydligare.

SSM bedömer som positivt att samtliga reaktorbolag i sina uppdaterade avvecklingsplaner utgår från den mall som gemensamt tagits fram. SSM konstaterar att förläggningsplatsspecifika redogörelser för avvecklingsplaneringen i Fud-program 2016 i allt

väsentligt utgör mycket översiktliga sammanfattningar av respektive avvecklingsplan. SSM bedömer att redovisningen skulle vinna på att vara mer fokuserad på öppna frågor i fortsatt planering och resonemang om möjliga alternativa handlingsvägar. SSM bedömer också att organisatoriska aspekter för planerade åtgärder, till exempel organisatoriska anpassningar under nedmontering och rivning eller frågor relaterade till utnyttjande av extern personal, borde kunna redovisas på åtminstone principiell nivå.

SSM bedömer att redovisningen av beroenden och flexibilitet ger en rimlig bild över olika samband av i avvecklingsverksamheten, och i den mening tydliggör vad reaktorägarna kan påverka eller inte i systemet.

SSM ser i positivt på att reaktorinnehavarna och SKB samarbetar i olika avseenden till exempel när det gäller ett industrigemensamt system för överföring av avfalldata. SSM anser det som positivt att SKB och kärnkraftsföretagen har tagit fram nya riktlinjer för friklassning under nedmontering och rivning samt en mall för struktur och innehåll av avvecklingsplaner.

SSM ser också positivt på att kärnkraftsföretagen stämmer av tillståndsprocesserna kring avvecklingen dem emellan och med berörda myndigheter.

SSM bedömer att redovisningen i nästa Fud-program borde omfatta en tydligare sammanhållen systemövergripande beskrivning av logistiken för hantering av det rivningsavfall som uppstår i form av ungefärliga volymer av olika avfallskategorier, förutsättningar för mellanlagring och för borttransport till annan mellanlagring och till slutförvarsanläggningarna.

10 Bevarande av kunskap och information

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 20 i Fud-program 2016, om bevarande av information och kunskap genom generationer.

SKB:s redovisning

SKB framhåller att den enda meningsfulla handlingsplanen i fråga om informationsbevarande är att ha ett arbetssätt som syftar till att hålla frågan levande, utveckla arbetet och sprida kunskapen om behovet. SKB redovisar att samarbete med Linnéuniversitetet har skett i frågor om framtida mänsklig utveckling, historiskt medvetande och lärande om framtiden och föreställningar om framtiden inom olika områden. Ett syfte med dessa projekt har varit att introducera kärnavfallsfrågorna i denna kontext. Undersökningar om överföring av information till framtiden och språk har utförts av Lunds universitet.

SKB planerar fortsatt deltagande i OECD NEA projektet *records, knowledge, and memory across generations* där frågor om informationsbevarande behandlas. Därutöver deltar SKB i OECD NEA projektet *radioactive waste repository metadata management* som behandlar framtida hantering av metadata. SKB redogör även för projektet *assembling alternative futures for heritage* och SKB:s syfte med deltagandet. Inom projektet samlas deltagare som på olika sätt arbetar med att bevara föremål och kunskap.

Remissinstansernas synpunkter

Östhammars kommun framför att förslutning av Kärnbränsleförvaret kan förväntas ske ca 2100. Kommunen framför vikten av att SKB fortsätter sin omvärldsbevakning inom området övervakning och mätning för att förslutande generation ska kunna fatta ett välgrundat beslut.

Kommunen anser också att principer för hur informationsbevarandet kopplat till slutförvarsanläggningen ska ske är något som behöver fattas beslut om först vid slutlig förslutning av anläggningen. Kommunen ställer sig positiv till SKB:s arbete och engagemang inom området. Kommunen önskar dock en bättre belysning av informationsbevarande i det kortare perspektivet, det vill säga från några hundra till några tusen år. Kommunen menar att man under denna tidsrymd kan förvänta sig att framtida generationer kommer att bo i Forsmarksområdet eller dess direkta närhet, och att det är av största vikt att de som bor där är medvetna om vad som döljer sig under markytan.

Länsstyrelsen i Kalmar län framför att information och kunskap om radioaktivt avfall och speciellt om det långlivade avfallet för KBS-3 eller SFL berör ett djupare kulturellt behov hos kommande generationer att förstå kärnbränslets och slutförvarets långsiktiga perspektiv. Länsstyrelsen framför att man saknar ett mer omfattande och inkluderande program där medborgarna kan spela en central roll som bärare av information och förmedlare av kulturella traditioner knutna till slutförvaringarna.

Riksantikvarieämbetet framför när det gäller bevarande av information och kunskap genom generationer, att man delar bedömningen att forskning och utveckling inom området fortsatt behöver behandla frågor om kulturarv och att humanistiska och samhällsvetenskapliga perspektiv och kompetenser bör inkluderas i programmets genomförande.

Riksantikvarieämbetet anser att pågående och planerade nationella och internationella samarbeten och aktiviteter är rimliga.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) framför att Fud-program 2016 ger en mycket kortfattad behandling av frågan om ”human intrusion” mänskliga intrång. Det finns bara ett kort kapitel ”Framtida mänsklig aktivitet” med bara 12 rader och med en slutsats att det finns ”en internationell samsyn att framtida mänskliga intrång ska inkluderas i säkerhetsutvärdering av slutförvar. Emellertid finns ingen samsyn hur detta kan göras”. KTH konstaterar att det inte framgår vad SKB kommer att göra, förutom att delta i projektet Hidra, eller hur stor finansiering SKB kommer att planera för detta. KTH framför att det finns flera internationella bedömningar att mänskliga intrång står för de största framtida riskerna – liksom i flera andra tekniska system i vilka ”human errors” kan leda till stora olyckor. KTH anser att de scenarier om framtida (perspektivet tusentals år) mänskligt intrång som Hidra kommer fram till kan knappast vara uttömmande i denna fråga. KTH framför avslutningsvis att mer arbete krävs av SKB för att bättre kunna bedöma dessa risker. KTH anser att man bör kunna dra slutsatser från andra händelser som t.ex. ”Semipalatinsk test site” i Kazakstan där olaglig återvinning av kopparkablar och kopparmaterial har lett till en stor spridning av radioaktivt damm.

Kungliga Vetenskapsakademien (KVA) anser att programmet för bevarande av information och kunskap påtagligt har utökats, i volym såväl som bredd, sedan föregående Fud-program.

SSM:s bedömning

SSM anser att bevarande av kunskap kring slutförvaren kan bidra till att minska risken för framtida intrång i förvaren och bidra till bättre förutsättningar för välgrundade beslut kring en eventuell hantering av det deponerade avfallet i en mer eller mindre avlägsen framtid. SSM anser att SKB:s målsättning att hålla frågorna levande med de planerade aktiviteterna är en lämplig ansats.

11 Alternativa metoder

SSM redovisar i detta avsnitt synpunkter på kapitel 21 i Fud-program 2016.

SKB:s redovisning

SKB redovisar översiktligt förutsättningarna för slutförvaring av använt kärnbränsle i djupa borrhål jämfört med slutförvaring med KBS-3-metoden. SKB hänvisar till att man inom ramen för pågående prövning av KBS-3-systemet enligt miljöbalken lämnat in uppdaterade jämförande analyser av slutförvaring av använt kärnbränsle med KBS-3-metoden och deponering i djupa borrhål. SKB redogör också för hur man följer frågan genom att delta i olika former av internationella workshops och konferenser.

SKB framför att bedömning från tidigare Fud-program kvarstår, det vill säga att deponering i djupa borrhål inte är en realistisk metod för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle. SKB:s bedömning grundar sig på dels att ett KBS-3-förvar kan, till skillnad mot djupa borrhål, uppföras, drivas och förslutas på ett i alla led kontrollerat och verifierbart sätt, dels att det för ett förvar enligt konceptet djupa borrhål dessutom finns stora osäkerheter om förvarets utveckling efter förslutning. SKB konstaterar också att det inte finns något land som förordar deponering i djupa borrhål som förstahandsalternativ för att ta hand om använt kärnbränsle.

SKB:s sammanfattande bedömning är att det saknas motiv för att genomföra något eget forskningsprogram inom området djupa borrhål och att man koncentrerar resurserna på att realisera ett slutförvar enligt KBS-3-metoden. SKB avser ändå att även fortsättningsvis bevaka utvecklingen inom ämnesområdena borring av och deponering i djupa borrhål.

Remissinstansernas synpunkter

Luleå tekniska universitet framför att slutförvaring av använt bränsle i djupa borrhål är väsentligt mindre riskabelt när det gäller risken för radioaktiv kontaminering av grundvatten än deponering på mindre än någon kilometers djup. Universitetet grundar sina bedömningar på att grundvattnet på mer än två tusen meters djup är betydligt mer stillastående jämfört med den mycket stora rörligheten hos måttligt salt grundvatten på några hundra meters djup, för ett slutförvar av KBS-3 typ. Universitetet framför att, med hänsyn till de betydande brister som vidlåder KBS-3 konceptet tillämpat i Forsmarksområdet, finns det alla skäl att beakta möjligheten att slutförvara använt reaktorbränsle i djupa borrhål.

Universitetet finner det därför tillfredsställande att SKB:s tidigare ringa intresse för djuphålskoncept nu har modererats och att SKB har för avsikt att fortsättningsvis bevaka detta konceptområde. Universitetet framför att ett mer aktivt engagemang, t.ex. i form av återkommande symposier för att demonstrera att man verkligen kommer att följa utvecklingen i USA och Storbritannien, vore särskilt välkommet.

Kungliga tekniska högskolan (KTH) framför att i SKB:s uppdrag ligger en plikt att undersöka och följa upp alternativa metoder till KBS-3-systemet. KTH noterar i anslutning till detta att SKB i Fud-rapporten inte diskuterar hur man kommer att stödja och bevaka forskning inom alternativa metoder. KTH framför vidare att det inte heller finns ett enda ord om att kritiskt granska KBS-3 metoden i perspektivet av minst 60 år av

framtida teknikutveckling, innan SKBs uppdrag är slutfört. KTH anser att slutförvars-konceptet KBS-3 snarare presenteras som en metod där endast mindre delproblem återstår att lösa och som den enda metoden nu och för all framtid.

KTH framför att KBS-3-konceptet snarare borde betraktas som ett referenssystem som kan och bör förbättras och uppdateras även om det uppfyller dagens krav. KTH lyfter fram att utvecklingen inom området materialteori går för närvarande snabbt med utveckling av teoretiska modeller som blir allt mer detaljerade samtidigt som den ständigt ökande datorkapaciteten möjliggör analys även av stora modellsystem. KTH anser att inför inlämnandet av varje Fud-program bör SKB ställa frågor som tydligare kopplar till möjligheter att fortsätta utveckla konceptet till att bli ännu bättre, t.ex. framsteg inom materialforskning.

SSM:s bedömning

SSM konstaterar att frågan om alternativa metoder är starkt kopplat till pågående prövning av SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen om att etablera ett slutförvarssystem för använt bränsle enligt KBS-3-metoden. SSM kommer att yttra sig över SKB:s motivering till valet av KBS-3 metoden i sin bedömning inför regeringens beslut om tillstånd för det planerade slutförvaret.

SSM bedömer att det är befogat att SKB på ett systematiskt och utförligt sätt bevakar relevant forskning som genomförs i vetenskapssamhället i stort, samt bedömer betydelsen av nya forskningsresultat med bäring på SKB:s uppdrag. SSM vill i på ett övergripande plan betona att det finns ett värde för SKB att följa utvecklingsarbetet inom området borring av och deponering i djupa borrhål och bedömer att SKB:s ansats att fortsätta bevaka utvecklingen är rimlig.

12 Referenser

- Kim J., Dong H., Seabaugh J., Newell S. W., Eberl D. D., 2004. Role of microbes in the smectite to illite reaction. *Science*, 303, pp. 830–832.
- Kirchner G, 1998. Applicability of compartmental models for simulating the transport of radionuclides in soils. *Journal of Environmental Radioactivity*, 38 (3), 339-352.
- Lidman F, Peralta-Tapia A, Vesterlund A, Laudon H, 2016. 234U/238U in a boreal stream network – Relationship to hydrological events, groundwater and scale. *Chemical Geology*, 420, 240–250.
- Pohjola J, Turunen, J, Lipping, T, 2009. Creating High-resolution Digital Elevation Model Using Thin Plate Spline Interpolation and Monte Carlo Simulation. Working Report 2009-56. Posiva Oy, Eurajoki, Finland, 56pp, (http://www.posiva.fi/files/1045/WR_2009-56_web.pdf).
- Pohjola J., Turunen, J, Lipping, T, Ikonen, A T K, 2014. Landscape development modeling based on statistical framework. *Computers & Geosciences*. 62, 43-52.
- Rozalen M., Huertas F. J., Brady P. V., 2009. Experimental study of the effect of pH and temperature on the kinetics of montmorillonite dissolution. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 73, pp. 3752–3766.
- SKB, 2011. Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret för använt kärnbränsle, huvudrapport från projekt SR-Site del II. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2013. Fud-program 2013. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB P-14-07. Johannesson L.-E., 2014. KBS-3H. Manufacturing of buffer and filling components for the Multi Purpose Test. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB P-14-10. Börgesson L., Hernelind J., 2014. Modelling of bentonite block compaction. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB P-14-11. Eriksson P., 2014. Basic engineering of buffer production system. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB R-13-07. Pettersson S., 2013. Feasibility study of waste containers and handling equipment for SFL. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB R-13-08. Sandén T., Olsson S., Andersson L., Dueck A., Jensen V., Hansen E., Johnsson A., 2014. Investigation of backfill candidate materials. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB R-13-17. Herschend B., 2013. Long-lived intermediate level waste from Swedish nuclear power plants. Reference Inventory. Svensk Kärnbränslehantering AB.

- SKB R-13-23. Neretnieks I., Moreno L., 2013. Comparison of different SFL design alternatives. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB R-13-24. Gram P., Luterkort D., Mårtensson P., Nilsson F., Nyblad B., Oxfall M., Stojanovic B., 2013. SFL Concept study. Technical design and evaluation of potential repository concepts for long-lived low and intermediate level waste. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB R-13-41. Evins L. Z., 2013. Progress report on evaluation of long term safety of proposed SFL concepts. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB R-14-09. Sandén T., Börgesson L., 2014. System design of backfill. Methods of water handling. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB R-15-05. Bengtsson A., Edlund J., Hallbeck B., Heed C., Pedersen K., 2015. Microbial sulphide-producing activity in MX-80 bentonite at 1750 and 2000 kg m⁻³ wet density. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB TR-13-22. Svemar C., Johannesson L.-F., Graham P., Svensson D., Kristensson O., Lönnqvist M., Nilsson U., 2016. Prototype Repository. Opening and retrieval of outer section of Prototype Repository at Äspö Hard Rock Laboratory. Summary report. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB TR-13-14. Elfving M., Evins L. Z., Gontier M., Graham P., Mårtensson P., Tunbrant S., 2013. SFL concept study. Main report. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB TR-14-13, The Greenland Analogue Project: Final report, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB TR-14-22. Börgesson L., Sandén T., Dueck A., Andersson L., Jensen V., Nilsson U., Olsson S., Åkesson M., Kristensson O., Svensson U., 2015a. Consequences of water inflow and early water uptake in deposition holes. EVA project. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB TR-14-25. Dueck A., Goudarzi R., Börgesson L., 2014. Buffer homogenisation, status report 2. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB TR-14-27. Börgesson L., Åkesson M., Kristensson O., Malmberg D., Birgesson M., Hernelind J., 2015b. Modelling of critical H-M processes in the engineered barriers of SFR. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB TR-15-05. Johannesson L.-E., Dueck A., Andersson L., Jensen V., 2015. Investigations of hydraulic and mechanical processes of the barriers embedding the silo in SFR. Laboratory tests. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SSI report 2008:08. Xu, S; Wörman, A Dverstorp, B Klös, R Shaw G Marklund L 2008. SSI's independent consequence calculations in support of the regulatory review of the SR-Can safety assessment.
- SSM 2014:12, 2014. Granskning och utvärdering av SKB:s redovisning av Fud-program 2013. Strålsäkerhetsmyndigheten.

Svensson D., 2015. The bentonite barrier: swelling properties, redox chemistry and mineral evolution. Doktorsavh. Lunds universitet.

Svensson D., Hansen S., 2013. Redox chemistry in two iron-bentonite field experiments at Äspö Hard Rock Laboratory, Sweden: an XRD and Fe K-edge XANES study. *Clays and Clay Minerals* 61, 566–579.

Walke, R C, Kirchner, G, Xu, S, Dverstorp, B 2015. Post-closure biosphere assessment modelling: comparison of complex and more stylised approaches. *Journal of Environmental Radioactivity*, 148, 50–58.

Xu, S, Wörman, A, Dverstorp, B 2007. Criteria for resolution-scales and parameterisation of compartmental models of hydrological and ecological mass flows. *Journal of Hydrology*, 335, 364-373.

Yang, Q K, McVicar, T, VanNiel, T, Hutchinson, M, Li, L T, Zhang, X P, 2007. Improving a digital elevation model by reducing source data errors and optimizing interpolation algorithm parameters: an example in the Loess Plateau, China. *International Journal of Applied Earth Observation and Geo information* 9, 235–246.



2017:17

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 300 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
Web: stralsakerhetsmyndigheten.se