



Strål
säkerhets
myndigheten

Swedish Radiation Safety Authority

2018:02

Sammanfattning

Beredning inför regeringens prövning
Slutförvaring av använt kärnbränsle

**Rapport**

Datum: 2017-10-16
Handläggare: Michael Egan
Fastställt: Ansi Gerhardsson
Diariennr: SSM2011-1135 och SSM2015-279
Dokumentnr: SSM2011-1135-20

Sammanfattande rapport över SSM:s granskning av SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen om anläggningar för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har lämnat in två ansökningar enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) om att dels få uppföra och driva en inkapslingsanläggning i anslutning till det befintliga mellanlagret för det använda kärnbränslet, Clab, (tillsammans benämnt Clink) i Oskarshamns kommun och dels ett slutförvar för det använda kärnbränslet i Forsmark i Östhammars kommun.

Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) är beredande myndighet inför regeringens beslut rörande tillstånd enligt kärntekniklagen och ska efter granskningen lämna över ansökningarna, med eget yttrande, till regeringen.

SKB:s ansökningar är omfattande och berör komplexa frågeställningar. SSM har valt att dela upp granskningen av ansökningarna i fyra delar som resulterat i varsin granskningsrapport. Rapporterna hanterar Clink-ansökan, frågor kopplade till uppförande och drift av slutförvarsanläggningen, den långsiktiga strålsäkerheten efter förslutning av slutförvaret respektive systemövergripande frågor.

Den här rapporten ger en sammanställning av resultat från SSM:s granskningsrapporter. Rapporten har tagits fram som på ett mer övergripande sätt presenterar hela granskningen med syftet att göra myndighetens slutsatser och bedömningar mer lättillgängliga för en bredare publik. Den ingår som ett sammanfattande underlag i SSM:s yttrande till regeringen över SKB:s ansökningar.

Övriga rapporter från SSM:s beredningsarbete som överlämnas till regeringen är:

- SSM2015-279-21. Granskningsrapport Inkapsling och fortsatt mellanlagring av använt kärnbränsle (Clink).
- SSM2011-1135-19. Granskningsrapport Uppförande och drift av slutförvarsanläggningen.
- SSM2011-1135-17. Granskningsrapport Strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning.
- SSM2011-1135-18. Granskningsrapport Systemövergripande frågor.
- SSM2011-1135-21. SSM:s beaktande av remissynpunkter avseende SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen om anläggningar för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle.



Innehållsförteckning

1.	Inledning	4
1.1	Rapportens syfte	4
1.2	SKB:s ansökningar	4
1.3	Strålsäkerhetsmyndighetens roll	5
1.4	Rapportstruktur	6
2.	Granskningens genomförande	7
2.1	Översikt över strålsäkerhetskrav	7
2.1.1	SSM:s grundläggande krav	7
2.1.2	Övriga bestämmelser	8
2.1.3	Beaktande av miljöbalkens krav	9
2.2	Säkerhetsredovisningar och stegvisa beslut	9
2.3	SSM:s beredningsarbete	10
2.4	Fud-programmets betydelse vid tillståndsprovning	12
3.	SSM:s granskningsresultat och bedömningar	14
3.1	Systemövergripande frågor	14
3.1.1	SKB:s förmåga att driva den planerade verksamheten	14
3.1.2	Beaktande av miljöbalkens allmänna hänsynsregler	16
3.1.3	Miljökonsekvensbeskrivningen	20
3.1.4	Miljökvalitetsnormer	24
3.2	Clink-anläggningen	24
3.2.1	SSM:s bedömning av SKB:s förutsättningar att uppfylla grundläggande säkerhetsbestämmelser	25
3.2.2	SSM:s slutsatser avseende SKB:s respektive yrkanden	29
3.3	Slutförvar	31
3.3.1	Sammanvägd bedömning – uppförande och drift	32
3.3.2	Bedömning av säkerhetsanalysen SR-Site (strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning)	37
3.3.3	Sammanvägd bedömning – strålsäkerhet efter förslutning	46
3.3.4	SSM:s slutsatser avseende SKB:s respektive yrkanden	47
4.	Uppföljning vid kommande provningssteg	49
4.1	Framtida redovisningar av strålsäkerheten under uppförande och drift	50
4.1.1	Clab	50
4.1.2	Clink	50
4.1.3	Slutförvarsanläggning	51
4.2	Framtida redovisningar av slutförvarets strålsäkerhet efter förslutning	51
	Referenser	54



Bilaga A	Förutsättningar för kravuppfyllelse strålsäkerhet efter förslutning	57
A1.	Tillämpningsområde	57
A2.	Helhetsyn.....	58
A3.	Barriärer och dess funktioner.....	59
A4.	Optimering och bästa möjliga teknik (BMT).....	62
A5.	Konstruktion och utförande samt intrång och tillträde	69
A6.	Skydd av människors hälsa och miljön.....	85
A7.	Tidsperioder i säkerhetsanalysen	89
A8.	Säkerhetsanalys och säkerhetsredovisning	92

1. Inledning

1.1 Rapportens syfte

Föreliggande rapport ger en sammanställning av resultat från Strålsäkerhetsmyndighetens (SSM) granskning av Svensk Kärnbränslehantering AB:s (SKB) ansökningar enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) till två anläggningar, ett geologiskt slutförvar samt en sammanslagen inkapslingsanläggning och centralt mellanlager, vilka tillsammans utgör den svenska kärnkraftindustrins föreslagna system för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle.

Denna rapport ersätter inte de fyra granskningsrapporter (SSM2011-1135-18, SSM2015-279-21, SSM2011-1135-19, SSM2011-1135-17) som tillsammans utgör den formella grunden för SSM:s bedömning av SKB:s ansökningar. Rapporten har syftet att göra myndighetens slutsatser och bedömningar mer lättillgängliga för en bredare publik. Rapporten ingår också som ett sammanfattande underlag i SSM:s yttrande till regeringen över SKB:s ansökningar.

1.2 SKB:s ansökningar

SKB lämnade i mars 2011 in två ansökningar om tillstånd enligt kärntekniklagen att få uppföra, inneha och driva kärntekniska anläggningar i samband med det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle. Ansökningarna lämnades i enlighet med 24 § förordning (1984:14) om kärnteknisk verksamhet in till SSM för beredning och yttrande till regeringen.

Den ena ansökan, om en inkapslingsanläggning i anslutning till det befintliga centrala mellanlagret för använt kärnbränsle (Clab) vid Simpevarp i Oskarshamns kommun, var en komplettering till en tidigare ansökan som ursprungligen lämnades in till dåvarande Statens kärnkraftinspektion (SKI) i oktober 2006. Efter SKI:s inledande bedömning och granskning kompletterades den ursprungliga ansökan av SKB i oktober 2009 med en ny preliminär säkerhetsredovisning för den integrerade anläggningen (benämnd av SKB som Clink). De handlingar avseende Clink-ansökan som lämnades av SKB i mars 2011 bestod av ytterligare kompletteringar, inklusive en samlad miljökonsekvensbeskrivning, samt information om verksamheten med hänsyn till miljöbalkens allmänna hänsynsregler.

Den andra ansökan från mars 2011 avser ett slutförvar för använt kärnbränsle (samt tillhörande radioaktivt avfall i form av konstruktionsmaterial i bränsleelement) vid Forsmark i Östhammars kommun. Som utgångspunkt för slutförvarets referensutformning har SKB använt den så kallad KBS-3-metoden, en metod för geologisk slutförvaring som har utvecklats av SKB genom den svenska kärnkraftsindustrins program för forskning, utveckling och demonstration i enlighet med 11 § och 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen). KBS-3-metoden ligger också till grund för den inkapslingsteknik som avses användas i Clink-anläggningen.

KBS-3-metoden innebär att använda bränsleelement innesluts i en kapsel vars lastbärande element består av en gjutjärnsinsats. Kapselns korrosionsskyddande hölje består av koppar och har funktionen att innesluta det använda kärnbränslet så att radionuklider inte kan läcka ut. Efter inkapsling ska kapslarna deponeras ca 470 m ner i berggrunden på den valda platsen i Forsmark i Östhammars kommun. I så kallade deponeringstunnlar på förvarsdjup borrar vertikala hål i vilka kapslarna sänks ner. Kapslarna omges med bentonitlera som sväller när den vattenmättas av grundvattnet. Den svällda bentonitleran ska säkerställa att masstransport till och från kapslarna endast kan ske via långsam diffusion och att ingen betydande mikrobiell aktivitet förekommer. Efter deponering fylls

deponeringstunnlarna med återfyllningsmaterial som också består av bentonitlera och slutförvaret försluts genom ett system av betongpluggar samt olika återfyllningsmaterial. Det förslutna slutförvaret ska utan mänskligt ingripande kunna hålla det använda kärnbränslet inneslutet under mycket lång tid, hundratals år, vilket är den tid som bränslet medför en större risk än motsvarande mängd naturligt uran i berggrunden. Samtidigt ska slutförvaret möjliggöra att spridningen av radionuklider som ändå eventuellt skulle läcka ut fördröjs så mycket som möjligt så att kraven på skyddet av människor och miljön fortfarande kan innehållas.

SKB:s specifika yrkanden i samband med tillståndsansökningarna avseende Clink och slutförvaret återges och bedöms nedan i anslutning till redovisningen av SSM:s övergripande slutsatser och bedömningar.

1.3 Strålsäkerhetsmyndighetens roll

Författningskrav som rör strålsäkerhet utgår från bestämmelser i kärntekniklagen samt strålskyddslagen (1988:220) med närmare bestämmelser definierade i SSM:s föreskrifter med tillhörande allmänna råd. Vid prövning av ärenden enligt kärntekniklagen ska 2 kap. och 5 kap. 3 § miljöbalken också tillämpas¹. Dessutom, enligt gällande bestämmelser när ansökningarna lämnades in, ska en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) ingå i en ansökan om tillstånd att uppföra, inneha eller driva en kärnteknisk anläggning². Denna ska vara upprättad enligt förfarandet i 6 kap. miljöbalken

SSM är beredande myndighet till regeringen för ansökningar om tillstånd enligt kärntekniklagen. Vid beredning av en tillståndsansökan ska SSM granska och pröva om verksamheten kan förväntas bli lokaliserad, utformad och bedriven på ett sådant sätt att kraven på säkerhet, strålskydd, fysiskt skydd och nukleär icke-spridning uppfylls. SSM ska också bedöma huruvida miljöbalkens allmänna hänsynsregler har iakttagits från strålsäkerhetssynpunkt. Denna bedömning ska grundas på ingående granskning av ansökningshandlingar, vid behov egna utredningar och analyser, samt de yttranden som inkommit i ärendet. Resultaten från granskningen ligger till grund för SSM:s yttrande till regeringen.

Tillstånd enligt kärntekniklagen gäller verksamhet vid en specifik anläggning och SSM bereder därför de två ansökningarna som enskilda ärenden. I föreliggande fall, eftersom de båda anläggningarna hör till ett system som är baserat på en särskild metod för geologisk slutförvaring, har SSM valt att pröva vissa systemövergripande frågor på systemnivå. Även MKB:n, som är gemensam för båda ansökningarna, har granskats som ett systemövergripande dokument.

Samtidigt med de två ansökningarna enligt kärntekniklagen lämnade SKB till Mark- och miljödomstolen vid Nacka Tingsrätt i mars 2011 en ansökan enligt miljöbalken (1998:808) om ett sammanhängande system för slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall. Under tiden som SSM har berett SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen har SSM också varit remissinstans till mark- och miljödomstolen avseende domstolens parallella beredning inför ett regeringsbeslut om tillåtlighet enligt miljöbalken.

I sin roll som remissinstans till mark- och miljödomstolen har SSM lämnat yttranden som svar på ett antal förelägganden och underrättelser från domstolen. Bland annat yttrade myndigheten sig den 29 juni 2016 (SSM2016-546-5), baserat på preliminära granskningsrapporter från SSM:s beredning av ansökningarna enligt kärntekniklagen, över

¹ 5 b § kärntekniklagen

² 5 c § kärntekniklagen



sina övergripande bedömningar på strålsäkerhetsrelaterade frågor i anslutning till SKB:s ansökan enligt miljöbalken. SSM har även bidragit till domstolens huvudförhandlingar i prövningen av miljöbalksansökan under september och oktober 2017.

1.4 Rapportstruktur

I kapitel 2 sammanfattas bakgrunden till SSM:s granskning och bedömningar samt genomförandet av detta arbete.

I kapitel 3 sammanfattas myndighetens resultat och bedömningar. Dessa bedömningar omfattar:

- systemövergripande frågor som är aktuella för SKB:s föreslagna system för det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle, bl.a. företagets iakttagande av miljöbalkens allmänna hänsynsregler samt huruvida MKB:n bör godkännas i perspektivet att den på ett acceptabelt sätt redovisar frågor kopplade till strålsäkerheten
- den sammanbyggda inkapslingsanläggningen och centrala mellanlagret för använt kärnbränsle (Clink), inklusive SKB:s yrkande om att öka lagringskapaciteten vid den befintliga Clab-anläggningen
- den föreslagna slutförvarsanläggningen, inklusive dess uppförande och drift samt långsiktig strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning.

I kapitel 4 görs en sammanställning av frågor och behov som enligt SSM:s bedömning behöver följas upp av myndigheten i samband med fortsatt prövning och tillsyn efter att ett tillstånd har beviljats.

Slutligen, med tanke på den centrala betydelsen av bedömningar med avseende på myndighetens krav på strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning, återges SSM:s sammanvägda bedömningar i dessa frågor i sin helhet som bilaga till denna rapport.

2. Granskningens genomförande

2.1 Översikt över strålsäkerhetskrav

Som nämnts ovan, utgår de författningskrav som rör strålsäkerhet från bestämmelser i kärntekniklagen (1984:3) samt strålskyddslagen (1988:220) med närmare bestämmelser definierade i SSM:s föreskrifter med tillhörande allmänna råd. Även kärntekniklagens tillämpning av vissa delar av miljöbalken (1998:808) behöver beaktas vid tillståndsprövning. En översiktlig genomgång av det nationella ramverket och lagstiftningen kring kärntekniska anläggningar återfinns i den nationella planen för ansvarsfull och säker hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall i Sverige (SSM rapport 2015:31).

Kärntekniklagen och strålskyddslagen innehåller övergripande bestämmelser om säkerhet vid kärntekniska anläggningar respektive strålskydd och regeringen har bemyndigat SSM att utfärda föreskrifter inom vissa områden som lagarna berör.

2.1.1 SSM:s grundläggande krav

I andra kapitlet SSMFS 2008:1 anger myndigheten de grundläggande säkerhetsbestämmelser som en kärnteknisk anläggning ska uppfylla. De mer detaljerade kraven i efterföljande kapitel av föreskriften, samt i underliggande föreskrifter, kan i tillämplig omfattning användas för att påvisa att de grundläggande bestämmelserna är uppfyllda.

Det framgår också av 1 kap. SSMFS 2008:1 (Tillämpningsområde och definitioner) att ytterligare, särskilda bestämmelser om säkerhet och strålskydd för anläggningar för slutförvaring av kärnämne och kärnavfall finns i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:21) om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall och i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:37) om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall.

Bestämmelser kring beredskap fanns tidigare i SSMFS 2008:1, men dessa bestämmelser har upphävts och istället har kraven förtydligats i och med att Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2014:2) om beredskap vid kärntekniska anläggningar trädde i kraft.

2 kap. 1 § SSMFS 2008:1 om barriärer och djupförsvar

Radiologiska olyckor ska förebyggas genom en för varje anläggning anpassad grundkonstruktion i vilken ska ingå flera barriärer, och ett för varje anläggning anpassat djupförsvar. Djupförsvaret ska uppnås genom att

- konstruktionen, uppförandet, driften, övervakningen och underhållet av anläggningen är sådana att driftstörningar och haverier förebyggs
- det finns flerfaldiga anordningar och förberedda åtgärder som ska skydda barriärerna mot genombrott, och om ett sådant genombrott skulle ske, begränsa konsekvenserna därav
- utsläpp till omgivningen av radioaktiva ämnen, som ändå kan ske till följd av driftstörningar och haverier, förhindras eller, om detta inte är möjligt, kontrolleras och begränsas genom anordningar och förberedda åtgärder.

Djupförsvaret ska också omfatta åtgärder för att förhindra oavsiktlig kriticitet vid hantering, bearbetning och lagring av kärnämne vid anläggningen.

2 kap. 8-9 §§ SSMFS 2008:1 om organisation, ledning och styrning

Av 2 kap. 8-9 §§ SSMFS 2008:1 om organisation, ledning och styrning framgår bl.a. krav hur den kärntekniska verksamheten ska ledas, styras, utvärderas och utvecklas med stöd



av ett enhetligt ledningssystem. Dessutom framgår krav på upphandling av produkter och tjänster, samt krav på ansvar och befogenheter.

2 kap. 8 och 11 §§ SSMFS 2008:1 om fysiskt skydd

Av 2 kap. 8 § SSMFS 2008:1 framgår bl.a. att den kärntekniska verksamheten ska ledas, styras, utvärderas och utvecklas med stöd av ett enhetligt ledningssystem som är så utformat att kraven på säkerhet, strålskydd och fysiskt skydd tillgodoses. Av 2 kap. 11 § SSMFS 2008:1 framgår att en anläggning ska ha ett fysiskt skydd. Utformningen av skyddet ska vara grundat på analyser som utgår från nationell dimensionerande hotbeskrivning och vara dokumenterat i en plan av vilken ska framgå skyddets utformning, organisation, ledning och bemanning.

SSMFS 2008:21 och SSMFS 2008:37 om strålsäkerhet vid slutligt omhändertagande av kärnämne och kärnavfall

Dessa föreskrifter specificerar kraven på slutförvar genom kompletterande bestämmelser till föreskriften SSMFS 2008:1 om säkerhet i kärntekniska anläggningar som gäller driften av samtliga typer av kärntekniska anläggningar. De viktigaste bestämmelserna vid bedömningen av SKB:s ansökan i fråga om strålsäkerhet efter förslutning kan sammanfattas under följande rubriker:

- helhetssyn kring skydd av människors hälsa och miljön
- barriärsystemets funktioner, konstruktion och utförande
- bästa möjliga teknik
- säkerhetsanalysens fullständighet och omgivningspåverkan
- tidsperioder i säkerhetsanalysen
- skydd av människors hälsa
- skydd av miljön
- säkerhetsanalys och säkerhetsanalysmetodik.

SSM har utfärdat allmänna råd för föreskrifternas tillämpning och i dessa belyser myndigheten närmare föreskrifternas möjliga tolkning och rekommenderar sätt för att hantera föreskriftkraven.

SSMFS 2014:2 om beredskap

Revideringen av föreskrifterna innebär att kraven inom beredskapsområdet skärps för tillståndshavarna för de kärntekniska anläggningarna. För anläggningar i hotkategori II, enligt definition SSMFS 2014:2, ställs i huvudsak utökade krav på:

- innehåll och omfattning av haveriberedskapsplanen
- inställelsetid för beslutsfattare i haveriberedskapsorganisationen
- beredskapsorganisationens uthållighet till minst en vecka
- filterrad ventilation och strålningsövervakning i lokaler som planeras att kontinuerligt bemannas i mer än ett dygn vid en nödsituation.

2.1.2 Övriga bestämmelser

Förutom en granskning av SKB:s ansökningar och deras underlag mot de grundläggande säkerhetsbestämmelser som nämns ovan har SSM tagit hänsyn till andra delar av SSMFS 2008:1, i synnerhet krav på värdering och redovisning av anläggningens säkerhet som framgår från 4 kap. SSMFS 2008:1. Betydelsen av dessa krav för SSM:s bedömningar vid tillståndsprövning beskrivs närmare i avsnitt 2.2 nedan.

SSM:s bedömningar har också genomförts med hänsyn till mer detaljerade krav i följande föreskrifter med tillhörande allmänna råd:

- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (SSMFS 2008:3) om kontroll av kärnämne m.m.



- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (SSMFS 2008:12) om fysiskt skydd av kärntekniska anläggningar
- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (SSMFS 2008:13) om mekaniska anordningar i vissa kärntekniska anläggningar
- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:23) om skydd av människors hälsa och miljö vid utsläpp av radioaktiva ämnen från vissa kärntekniska anläggningar
- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:24) om strålskyddsföreståndare vid kärntekniska anläggningar
- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:26) om personskydd i verksamheter med joniserande strålning vid kärntekniska anläggningar
- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:27) om verksamhet med accelerators och slutna strålkällor
- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:51) om grundläggande bestämmelser för skydd av arbetstagare och allmänhet vid verksamhet med joniserande strålning
- Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (SSMFS 2011:2) om friklassning av material, lokaler, byggnader och mark vid verksamhet med joniserande strålning.

De krav som meddelats i SSM:s föreskrifter gäller för kärntekniska anläggningar som redan är i drift. I den mån kraven inte tillämpas fullt ut, beskriver SSM detta genom att ange de bedömningskriterier som följer av kraven i detta skede av tillståndsprovningen.

2.1.3 Beaktande av miljöbalkens krav

Kärntekniklagen hänvisar till att vissa bestämmelser i miljöbalken ska tillämpas vid tillståndsprovningar enligt kärntekniklagen. Mer specifikt hänvisas till miljöbalkens 2 kap. om allmänna hänsynsregler, 5 kap. 3 § om miljö kvalitetsnormer och 6 kap. om MKB. Vid utfärdande av tillstånd enligt kärntekniklagen (enligt gällande bestämmelser när ansökningarna lämnades in) krävs en godkänd MKB upprättad enligt kraven i miljöbalken.

Miljöbalkens bestämmelser motsvaras i hög grad av bestämmelser i strålsäkerhetslagstiftningen. Bland annat innebär kraven i strålsäkerhetsföreskrifterna (t.ex. SSMFS 2008:37) att människors hälsa och miljön ska skyddas under det slutliga omhändertagandet av det använda kärnbränslet samt på lång sikt. Därvid ska hänsyn tas till bästa möjliga teknik och strålskyddsoptimering.

2.2 Säkerhetsredovisningar och stegvisa beslut

Av Strålsäkerhetsmyndighetens bestämmelser (4 kap. 2 § 2008:1) framgår bl.a. att en säkerhetsredovisning sammantaget ska visa hur anläggningens säkerhet är anordnad för att skydda människors hälsa och miljön mot radiologiska olyckor. Närmare bestämmelser om säkerhetsredovisning för slutförvaring av kärnämne och kärnavfall finns i Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:21) om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall. Det framgår av dessa bestämmelser att säkerhetsredovisningen för att få medgivande att ta en anläggning i drift ska spegla anläggningen som den är byggd, analyserad och verifierad samt visa hur gällande krav på dess konstruktion, funktion, organisation och verksamhet är uppfyllda.

Innan en anläggning får uppföras och innan större ändringar av en befintlig anläggning genomförs ska en *preliminär säkerhetsredovisning* sammanställas. Därefter ska, innan provdrift av anläggningen får påbörjas, en *förnyad säkerhetsredovisning* lämnas in som

ska avspegla anläggningen som den är byggd. Innan anläggningen sedan får tas i rutinmässig drift ska en *kompletterad säkerhetsredovisning* tas fram med beaktande av erfarenheter från provdriften. Såväl den preliminära säkerhetsredovisningen som den förnyade och den kompletterade säkerhetsredovisningen ska i varje skede vara säkerhetsgranskad samt vara prövad och godkänd av SSM. Under varje steg kan det även behövas ett antal etapper där SSM, utöver granskningsarbete, utför tillsynsinsatser på plats.

Tillståndsprovning enligt kärntekniklagen anses därmed utgöra den första fasen i en stegvis process där SSM, efter att regeringen har beviljat tillstånd, granskar ytterligare ansökningar och tillhörande underlag – med successiva och alltmer preciserade säkerhetsredovisningar avseende anläggningens detaljutformning och verksamheten vid denna – inför eventuellt medgivande för faktiskt uppförande, provdrift och rutinmässig drift. Anledningen till det stegvisa förfarandet är att, vid provning av ansökan om tillstånd, avses av nödvändighet en delvis teoretisk referensutformning av anläggningen snarare än en faktisk och i alla avseenden färdigutvecklad utformning. Detta är särskilt relevant när det gäller en verksamhet som är av unik karaktär och först i sitt slag, dels därför att det inte är lämpligt att i detta skede fastställa alla detaljerade konstruktionslösningar och utveckla tillämpningar i industriell skala. Principen om stegvist genomförande, baserat på successiva provningar, är förankrad internationellt (IAEA, 2004).

SKB:s *förberedande preliminära säkerhetsredovisningar* för inkapslingsanläggningen och slutförvaret, inför regeringens beslut om tillstånd enligt kärntekniklagen, syftar i första hand till att motivera företagens plats- och metodval i ansökan. Vid granskning av SKB:s underlag i samband med provning av dessa frågor tar SSM hänsyn till att vissa kompletteringar i detaljfrågor förväntas ske under den fortsatta stegvisa provningsprocessen efter ett tillståndsbeslut av regeringen och inför ett beslut av myndigheten om att anläggningarna kan tas i drift. Av detta följer att SSM:s granskning vid tillståndsprovning syftar till att på en övergripande nivå bedöma om det finns förutsättningar för SKB som sökande att etablera den sökta verksamheten så att den kan bli utformad och bedriven på ett sådant sätt att kraven på säkerhet, strålskydd, fysiskt skydd och nukleär icke-spridning uppfylls. Dessutom innefattar tillämpningen av 2 kap. miljöbalken vid tillståndsprovning en bedömning av huruvida de allmänna hänsynsreglerna har iakttagits i tillräcklig utsträckning utifrån strålsäkerhetssynpunkt.

2.3 SSM:s beredningsarbete

Myndighetens granskning har genomförts i två faser. Den första inledande fasen syftade till att få en överblick över materialet och bedöma huruvida ansökningarna är tillräckligt kompletta för att de ska kunna kungöras. Därutöver tillställdes SKB en rad kompletteringsbegäranden. I den inledande fasen ingick en nationell remiss med tyngdpunkten på synpunkter kring ansökningarnas fullständighet.

Med utgångspunkt från resultaten från den inledande granskningen specificerades granskningsuppgifterna för den andra fasen, den så kallade huvudgranskningsfasen. I denna fas har SSM genomfört en ingående granskning av ansökningarnas underlag samt vid behov egna utredningar och analyser. En andra nationell remiss med syfte att inhämta synpunkter kring sakfrågor genomfördes. Dessutom har SSM, efter kungörelse av ansökningarna, även erhållit ett antal utlåtanden från allmänheten. Remissvaren och utlåtandena har beaktats av SSM under granskningen. I underlaget till SSM:s överlämnande av ärenden till regeringen redovisas en systematisk sammanställning av myndighetens hantering av inkomna remissynpunkter (SSM2011-1135-21).

I enlighet med de lagställda krav som gäller kärntekniska anläggningar (se ovan) har granskningen omfattat:

- SKB:s iakttagande av miljöbalkens allmänna hänsynsregler
- SKB:s organisation, ekonomiska och personella resurser samt kompetens för att upprätthålla säkerheten och strålskyddet samt det fysiska skyddet så länge skyldigheterna enligt kärntekniklagen kommer att kvarstå
- SKB:s planerade ledning och styrning av uppförande, drift och fysiskt skydd av anläggningen samt av kärnämneskontrollen
- SKB:s ansvarsförsäkring eller annan ekonomisk säkerhet för ersättning vid radiologiska olyckor
- redogörelser för den planerade anläggningens förlägningsplats, konstruktion och utförande med dess barriärer och funktioner av olika slag
- analyser av anläggningens barriärers och funktioners förmåga att dels förebygga olyckor som kan leda till skadlig verkan av strålning (radiologisk olycka) och lindra konsekvenser om olyckor ändå sker, dels förhindra obehörigt intrång och sabotage
- den planerade verksamhetens utsläpp och strålningspåverkan från utsläpp i omgivningen under normala och störda driftförhållanden samt vid antagna olycksförlopp
- utformningen av den planerade verksamhetens personalstrålskydd
- planerat omhändertagande av kärnavfall och annat radioaktivt avfall som uppkommer i verksamheten samt planer för framtida avveckling av anläggningen
- utformningen av den planerade verksamhetens fysiska skydd mot obehörigt intrång och sabotage samt mot obehörig befattning med kärnämne och kärnavfall
- utformningen av den planerade verksamhetens beredskap att vidta skyddsåtgärder inom anläggningen i händelse av störningar och haverier, eller hot om sådana samt åtgärder för att återföra anläggningen till säkert och stabilt läge.

När det gäller slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet har granskningen även omfattat de krav som ställs i SSM:s särskilda bestämmelser om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall (SSMFS 2008:21) samt om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall (SSMFS 2008:37).

SKB:s säkerhetsredovisningar med stödande dokumentation och referenser är ett mycket omfattande material. I synnerhet kännetecknas säkerhetsredovisningen SR-Site och tillhörande utredningar, vilka tillsammans utgör SKB:s stödmaterial angående strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning, av en hög grad av specialisering och i många sammanhang tangerar utredningarna det som behandlas inom forskningen. För att granska och bedöma detta material har SSM dels genomfört egna granskningar, dels anlitat externa experter. I upphandlingen av experter enligt lagen (1992:1528) om offentlig upphandling har SSM vinnlagt sig om att undvika jävsituationer i förhållande till SKB:s verksamhet.

Experterna har fått i uppdrag att utreda avgränsade granskningsuppgifter som SSM har identifierat utifrån en egen genomgång av ansökansunderlaget samt baserat på tidigare expertutlåtanden. I uppdragen har ingått att bedöma tekniska och vetenskapliga frågor, men däremot inte att bedöma ansökansunderlaget i förhållande till författningskraven. Under den inledande granskningsfasen ingick även identifiering av potentiella behov av kompletteringar i uppdragen. Experterna har levererat rapporter till SSM som återger deras granskning och analys av det undersökta ämnet som underlag för SSM:s bedömningar av ansökan mot författningskraven. SSM har faktagranskat och kvalitetssäkrat rapporterna, men författarna står för bedömningarna däri. Det är således

inte givet att SSM alltid delar författarnas slutsatser. Sammanlagt har ett 90-tal expertrapporter publicerats i SSM:s så kallade ”Technical Note”-serie.

Kvalitetssäkringen av SSM:s granskningsarbete utgår från myndighetens ledningssystem. I syfte att säkerställa en effektiv ledning och styrning samt ett systematiskt förbättrings- och utvecklingsarbete har SSM certifierat sitt ledningssystem enligt standarderna för kvalitet (ISO 9001), miljö (ISO 14001) och arbetsmiljö (OHSAS 18001). SSM:s ledningssystem är även utvecklat med hänsyn till de krav som finns i IAEA:s standard ”Leadership and Management for Safety” (IAEA, 2016). Granskningsarbetet och dess redovisning har kvalitetssäkrats genom internt samråd enligt SSM:s framtagna rutiner för detta. SKB har också bidragit med en faktakoll av de skrivningar i rapporten där SKB:s underlag i ansökan sammanfattas och återges. SSM har även offentliggjort delar av granskningsdokumentationen i preliminärversion för att insamla eventuella synpunkter från allmänheten inför fastställandet. Versionshantering, hantering av kvalitetssäkringssynpunkter och dess bemötande har gjorts i SSM:s dokumenthanteringssystem.

Granskningen har genomförts i projektform med ett stort antal medverkande medarbetare från flera sakområdesansvariga enheter inom myndigheten. Samtliga granskningsrapporter som utgör underlag till SSM:s yttrande till regeringen har varit föremål för internt samråd med bland annat chefer från berörda enheter och avdelningar vid SSM.

2.4 Fud-programmets betydelse vid tillståndsprövning

KBS-3-metoden för geologisk slutförvaring av använt kärnbränsle, som utgör det fundamentala underlaget till SKB:s tillståndsansökningar, har utvecklats som en del av den svenska kärnkraftsindustrins program för forskning, utveckling och demonstration (Fud-program).

10 och 11 §§ kärntekniklagen ställer krav på tillståndshavare för kärnkraftsreaktorer att svara för att den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet bedrivs som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara i verksamheten uppkommet kärnavfall eller kärnämne som inte ska användas på nytt. För detta ska det enligt 12 § kärntekniklagen upprättas ett program som innehåller en översikt över samtliga åtgärder som kan bli behövliga och även närmare anges de åtgärder som avses vidtas inom en tidrymd om minst sex år. Programmet ska vart tredje år lämnas in till regeringen, eller den myndighet som regeringen bestämmer, för att granskas och utvärderas.

SKB lämnade i mitten av 80-talet in det första forsknings- och utvecklingsprogrammet och har sedan dess lämnat in ett uppdaterat program vart tredje år. Från och med redovisningen 1992 har SKB benämnt redovisningarna Fud-program. Fokus i programmen har varierat över tid beroende på vilken fas i utvecklingen som SKB befunnit sig i.

SSM är beredande myndighet inför regeringens beslut om de återkommande Fud-programmen. Före SSM bildades var Statens kärnkraftinspektion (SKI) beredande myndighet åt regeringen medan Statens strålskyddsinstitut (SSI) var, med särskild expertroll för strålskyddsfrågor, remissinstans till SKI. SSM och dess föregångare har granskat och utvärderat programmen och regeringen har fattat beslut om programmen uppfyller lagkraven. Regeringen har också i samband med beslut över Fud-programmen vid olika tillfällen begärt att SKB ska komplettera redovisningarna.

Fud-processen är väsentligen frikopplad från ansökningarna avseende slutförvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall, dvs. SKB måste i samband med sina ansökningar



motivera val av plats och metod trots att metodutveckling och platsundersökningsarbete har skett inom ramen för ett av regeringen godkänt program för forskning, utveckling och demonstration. Däremot har SSM i sina bedömningar tagit viss hänsyn till Fud-processen och relaterade regeringsbeslut, bl.a. när det gäller regeringens direktiv angående frivillighetsprincipen inför val av plats för slutförvarsanläggningen. SSM har också delvis baserat sin granskning av platsundersökningsresultat på tidigare myndighetsgranskning som har genomförts inom ramen för regeringsföreskrivna samråd från Fud-processen.

3. SSM:s granskningsresultat och bedömningar

3.1 Systemövergripande frågor

SSM har granskat och bedömt systemövergripande frågor i SKB:s ansökningar om anläggningar i samband med det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle. Det innebär att bedömningar har gjorts av SKB:s förutsättningar att driva hela systemet för att omhänderta det använda kärnbränslet på ett sätt som överensstämmer med kraven i strålsäkerhetslagstiftningen och de krav i miljöbalken som tillämpas vid prövningen enligt kärntekniklagen.

De bedömningar som har gjorts av SSM avseende systemövergripande frågor bygger till stor del på resultat från myndighetens granskning av ansökningsunderlaget för Clink och slutförvarsanläggningen (avsnitt 3.2 och 3.3). I övriga frågor har gemensamma granskningar utförts och särskilda bedömningar har gjorts av myndigheten på en mer övergripande nivå.

3.1.1 SKB:s förmåga att driva den planerade verksamheten

Ledning och styrning

Krav på organisation, ledning och styrning vid kärnteknisk verksamhet återfinns i kärntekniklagen och i 2 kap. 8-9 §§ SSMFS 2008:1. Även 2 kap. 2 § miljöbalken (se nedan) ställer krav på att verksamhetsutövare ska skaffa sig den kunskap som behövs med hänsyn till verksamhetens art och omfattning, för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet (se också avsnitt 3.1.2).

SSM kan konstatera av SKB:s redovisning av ledningssystem för planering och förprojektering av Clink och slutförvaret, samt för anläggningarnas uppförande och driftsättning, att dessa system är uppbyggda enligt samma principer som används för företagets befintliga kärntekniska anläggningar (Clab och SFR). SKB har också redovisat hur anpassning och utveckling av ledningssystem kommer att göras. Från redovisningen är det möjligt att i rimlig grad förstå principer för definition av ansvar och befogenheter, att säkerställa att säkerhetsfrågor föregås av en tillräcklig beredning, att se till att det avsätts tid och resurser för säkerhetsåtgärder och säkerhetsgranskning samt att tillämpliga principer för kompetensförsörjning och erfarenhetsåterföring kommer att användas. SSM gör därför bedömningen att SKB visar på grundläggande förståelse för de förväntningar som myndigheten ställer på ledning och styrning av verksamheten och dess organisatoriska utformning.

SSM bedömer att SKB:s redovisning har uppnått en rimlig mognadsnivå vid tidpunkten för ansökan om tillstånd. Myndigheten anser därför sammantaget att SKB har förutsättningar, avseende metoder och principer för ledning och styrning samt bemanningsplaner, att uppfylla myndighetens krav under de olika faserna i genomförandet av slutförvarsprogrammet.

Ekonomiska förutsättningar

Det framgår av 13 § kärntekniklagen att den som har tillstånd till kärnteknisk verksamhet är skyldig att ha tillräckliga ekonomiska resurser för att kunna fullgöra de åtgärder som avses under lagen. Vidare enligt atomansvarighetslagen (1968:45) bär innehavaren av den kärntekniska anläggningen hela ansvaret för de skador som uppkommer i samband med driften av anläggningen. Ansvaret ska vara täckt av en försäkring eller annan ekonomisk säkerhet.

SSM konstaterar att kärnkraftsbolagen, enligt lagen (2006:647) om finansiella åtgärder för hantering av restprodukter från kärnteknisk verksamhet, fonderar medel i Kärnavfallsfonden för att täcka kostnaderna för den verksamhet som SKB avser att bedriva inom KBS-3-systemet. Kärnavfallsfonden kontrolleras av staten och regeringen beslutar över storleken på de avgifter som ska betalas in.

SKB:s ägare kommer därmed att finansiera SKB:s verksamhet i samband med det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle med medel som tas från Kärnavfallsfonden. Skyldigheten att betala avgifter till fonden kvarstår tills Clink är avvecklat och slutförvaret slutligt förslutet. Kärnkraftsbolagens moderbolag ställer dessutom säkerheter för att täcka de avgifter som ännu inte är inbetalda. Vidare ställs säkerheter för det fall att fonden inte skulle komma att räcka på grund av oplanerade händelser.

SSM konstaterar vidare att ansvarsförsäkringar idag finns för de befintliga kärntekniska anläggningar (SFR och Clab) som drivs av SKB, i enlighet med vad som föreskrivs i atomansvarighetslagen. SSM ser inga hinder för att slutförvaret och Clink-anläggningen kan få motsvarande försäkringar som godkänns av Finansinspektionen i enlighet med vad som föreskrivs i förordningen (1981:327) med förordnanden enligt atomansvarighetslagen.

SSM bedömer att SKB har förutsättningar att ha de ekonomiska resurser som behövs för att upprätthålla strålsäkerheten i samband med det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle liksom i händelse av en radiologisk olycka.

Kärnämneskontroll

Kärnämneskontroll styrs av nationella krav (SSMFS 2008:3) men också av krav från Internationella atomenergiorganet (IAEA) och EU-kommissionen genom den Europeiska atomenergigemenskapen (Euratom). Syftet är att få en global försäkran att kärnteknisk verksamhet bedrivs för fredliga ändamål.

Sverige har efter undertecknandet av Fördraget om icke-spridning av kärnvapen, NPT (SÖ 1970:12 och IAEA INFCIRC/140) även slutit avtal om kärnämneskontroll, safeguards (IAEA INFCIRC/193 och IAEA INFCIRC/193/Add. 8) så att IAEA kan säkerställa att Sverige och svenska kärntekniska anläggningar lever upp till förpliktelserna i NPT-avtalet. Sverige är också medlem i Euratom vilket ger EU-kommissionen rätt att verifiera att kärnmaterial inte används för andra ändamål än sådana för vilka de är avsedda.

SKB har i samband med ansökningarna redovisat en helhetsbild av hur tänkt kontroll av det använda kärnbränslet ska ske från mottagning och inkapsling på Clink via transporten till slutförvarsanläggningen och till den slutliga deponeringen. SSM anser att detta är ett bra angreppssätt och att analysen kring kärnämneskontrollen fortsatt bör ske ur ett helhetsperspektiv. Det viktiga för nukleär icke-spridning och kärnämneskontroll är att SSM, EU-kommissionen och IAEA kan förvissa sig om att det bestrålade bränslet kommer att kunna verifieras av berörda myndigheter innan det kapslas in och att övervakning, sigill m.m. kan försäkra att det placeras i slutförvaret och inte kommer på avvägar. Tillräcklig information om bränslet ska finnas och bevaras även efter förslutning av slutförvaret.

Allt eftersom de internationella kraven fastställs bör SKB i kommande skeden av systemutveckling och prövning komplettera underlaget med mer detaljer om system och metoder för kärnämneskontroll vid inkapsling och deponering. SSM anser att det är viktigt att SKB följer utvecklingen inom området och att dialogen kring utformningen av den grundläggande tekniska beskrivningen fortsätter mellan SKB, IAEA, EU-kommissionen och SSM. SSM anser vidare att SKB vid kommande prövningssteg tydligt behöver

presentera en analys av hur bolaget tänker hantera händelser som avviker från normal drift. SKB bör även medverka i arbetet med att ta fram metoder för att bevara *continuity of knowledge*, dvs. övervakningsutrustning, sigill eller andra system som möjliggör en automatisk avläsning utan att internationella inspektörer är närvarande.

SSM bedömer sammantaget att SKB har förutsättningar att uppfylla både nationella och internationella krav inom nukleär icke-spridning, men att visst utvecklingsarbete återstår i kommande steg i SKB:s program.

3.1.2 Beaktande av miljöbalkens allmänna hänsynsregler

Bestämmelserna i 2 kap. miljöbalken (de allmänna hänsynsreglerna) ska enligt kärntekniklagen tillämpas i samband med tillståndsprövning samt iakttas under tiden då en verksamhet bedrivs. Det innebär att den som ansöker om tillstånd eller bedriver en verksamhet är skyldig att visa att dessa regler uppfylls. Nedan redogör SSM för bedömningen av frågor kopplade till strålsäkerheten med beaktande av miljöbalkens allmänna hänsynsregler.

Kunskapskravet

Enligt miljöbalken ska alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skaffa sig den kunskap som behövs med hänsyn till verksamhetens eller åtgärdens art och omfattning, för att skydda människors hälsa och miljön mot skada eller olägenhet (2 kap. 2 § miljöbalken).

De materiella säkerhets- och strålskyddskraven enligt kärnteknik- och strålskyddslagen innebär att en tillståndshavare måste ha djup och bred kunskap om verksamheten. Vidare ställer kärntekniklagen och SSMFS 2008:1 krav på tillståndshavarens organisation. Verksamheten ska bedrivas med stöd av ett ledningssystem, utformat så att kraven på säkerhet och strålskydd tillgodoses. Tillståndshavaren ska bland annat se till att personal och entreprenörer har den kompetens och lämplighet i övrigt som krävs.

SSM bedömer att SKB genom de förberedande preliminära säkerhetsredovisningarna (F-PSAR) har visat att företaget har den kunskap som krävs för att på ett lämpligt sätt analysera slutförvarssystemets omgivningspåverkan samt den kunskap och förmåga som krävs för att identifiera och vidta åtgärder för att begränsa omgivningspåverkan.

Utöver tillgång till en lämplig säkerhetsanalysmetodik anser SSM att det är av vikt att SKB påvisar kunskap om hur analysen kan underbyggas på ett trovärdigt sätt och att SKB har den kunskap som behövs för att inom analysens ramar identifiera, värdera och hantera osäkerheter. SSM bedömer att SKB generellt sett har påvisat en god förståelse för hur en säkerhetsanalys kan underbyggas på ett trovärdigt sätt och att SKB har visat den kunskap och kompetens som krävs för att genomföra de fortsatta detaljundersökningarna på förvarsdjup samt teknikutveckling som behövs för att vidareutveckla slutförvarstekniken i industriell skala.

SSM har i vissa tekniska frågor, bl.a. vissa processer och betingelser som kan påverka KBS-3-kapselns beständighet på lång sikt efter slutförvarets förslutning (avsnitt 3.3.2), avvikande bedömningar avseende hur de osäkerheter som dessa frågor är behäftade med ska beaktas i säkerhetsanalysen för systemet i sin helhet. SSM anser att dessa avvikande bedömningar beror på att den befintliga kunskapen värderas olika av SSM och SKB. Till exempel anser SKB att dessa processer inte behöver beaktas explicit i säkerhetsanalysens scenarier för slutförvarets långsiktiga utveckling, medan SSM anser att en mer utförlig analys och värdering skulle vidare förstärka underlaget kring osäkerhetshandlingen. Däremot anser myndigheten att frågan inte är av den betydelsen att SSM inte kan bedöma

ansökan och de slutsatser som SKB redovisar om slutförvarets omgivningspåverkan. Vidare bedömer SSM att det är godtagbart att den vidareutveckling som behöver genomföras presenteras i den uppdaterade säkerhetsredovisning (PSAR) som ska tas fram för nästa steg i prövningen enligt kärntekniklagen samt att SKB har förutsättningar att ta fram ett sådant underlag.

SKB hänvisar till de mycket goda erfarenheterna från driften av Clab och SFR som ett skäl för att kunskapskravet ska anses uppfyllt. SSM menar att det är en stor fördel att SKB har erfarenhet från drift av kärntekniska anläggningar. Samtidigt som beredningen av ansökningarna pågått har myndigheten i sin tillsyn av SKB:s befintliga tillståndsgivna anläggningar konstaterat vissa brister i hur verksamheten bedrivs. SSM:s observationer har följts upp av myndigheten med krav på åtgärdsprogram och därefter med motsvarande åtgärder från SKB. SSM bedömer sammantaget att de brister som har konstaterats inte är av sådan omfattning att SKB inte lever upp till miljöbalkens kunskapskrav.

Försiktighetsmått med krav på bästa möjliga teknik

Enligt 2 kap. 3 § miljöbalken ska alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet utföra de skyddsåtgärder, iakttä de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte ska vid yrkesmässig verksamhet bästa möjliga teknik (BMT) användas. Dessa försiktighetsmått ska vidtas redan när det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön.

SSM bedömer att SKB tillräckligt väl har iakttagit kravet i 2 kap. 3 § miljöbalken vid val av strategi och metod för slutförvaring av det använda kärnbränslet. Myndigheten bedömer även att de grundläggande hänsynsreglerna med användande av BMT har varit en utgångspunkt vid utvecklingen av KBS-3-metodens detaljutformning anpassad till den valda platsen i Forsmark samt för systemet som helhet med de ingående anläggningarna. Bedömningen gäller valet av de tekniska lösningarna för varje barriär för sig samt för barriärernas samfunktion i syfte att åstadkomma ett strålsäkert slutförvar som skyddar människa och miljön från skadliga effekter av utsläpp av radioaktiva ämnen efter förslutning. SSM konstaterar att omfattande forskning och utveckling har bedrivits med avseende på KBS-3 systemet som metod, vilket innefattar en rad åtgärder för att öka förståelsen kring sådana egenskaper, händelser och processer som är av betydelse för att bedöma förvarets skyddsförmåga.

SKB motiverar valet av KBS-3 delvis utifrån nationella ställningstaganden kring geologisk slutförvaring som bland annat avser tillgången till en lämplig berggrund. SSM konstaterar att det även råder internationell konsensus om att geologisk slutförvaring är lämplig som metod för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och SSM bedömer att denna strategi också är lämplig för den planerade slutförvaringen i Sverige.

En svårighet vid bedömningen av uppfyllelse av 2 kap. 3 § miljöbalken är att jämförelsen mellan olika metoder utgår ifrån en övergripande bedömning avseende vilken grad av strålsäkerhet som skulle vara möjlig att nå med val av metod och plats. Då varken KBS-3 eller dess alternativ idag är fullt ut tillgängliga i alla delar handlar det om att jämföra metoder som inte är helt färdigutvecklade och dessutom är under olika grad av utveckling. Skillnaden i utvecklingsgrad mellan metoderna är stor, till stor del beroende på att SKB:s arbete genom Fud-programmet sedan tidigt 1980-tal i huvudsak har varit inriktat på att vidareutveckla KBS-3-metoden. Myndigheten bedömer dock att SKB har gjort tillräckliga insatser rörande alternativa metoder, även om insatserna har varit begränsade.

SSM bedömer att det är möjligt att den alternativa metoden djupa borrhål kan visa sig ha strålsäkerhetsmässiga fördelar som är av betydelse i jämförelse med KBS-3, då den bygger på ett säkerhetskoncept med ytterligare ökad isolering genom de förväntade stabila grundvattenförhållandena på stora djup. Enligt myndigheten finns det dock stora kvarstående utmaningar med metoden och därmed stora osäkerheter om djupa borrhål i slutänden bättre skulle uppfylla kraven på BMT än KBS-3 såväl med avseende på genomförbarhet som på dess förmåga att isolera det använda kärnbränslet. Sådana utmaningar handlar bl.a. om behovet av att kunna verifiera de antaganden om förhållanden på stora djup som metoden bygger på. För att komma till klarhet krävs omfattande forskning och ytterligare undersökningar med tillhörande teknikutveckling.

Sammantaget bedömer myndigheten att KBS-3 har förutsättningar att klara myndighetens krav på strålskydd och säkerhet (avsnitt 3.2 och 3.3) och att det är möjligt för SKB att ta fram det förstärkta underlag som behövs vid kommande skeden i utveckling av systemet i industriell skala. I förhållande till de återstående oklarheter som föreligger om vilka resultat som kan förväntas med ett forsknings- och utvecklingsprogram för djupa borrhål, anser myndigheten att det, med beaktande av risker och andra olägenheter som följer av detta, inte är rimligt att under en längre tid fortsätta mellanlagring av det använda kärnbränslet i syfte att utveckla en sådan slutförvarslösning.

SSM anser vidare att SKB har iakttagit krav på BMT i framtagande av de platsspecifika referensutformningar av KBS-3-metoden som ska tillämpas vid uppförande och drift av inkapslingsanläggningen och slutförvaret. Baserat på underlaget i ansökningarna bedömer myndigheten att SKB har visat att det finns förutsättningar för att fortsätta tillämpa BMT under framtagande av mer utförliga program, innefattande bl.a. förebyggande åtgärder, övervakning samt korrigerande åtgärder för att begränsa påverkan där uppförandet sker parallellt med aktivt drift.

Hushållnings- och kretsloppsprincipen

Enligt 2 kap. 5 § miljöbalken ska alla som bedriver en verksamhet hushålla med råvaror och energi samt utnyttja möjligheterna till återanvändning och återvinning. I första hand ska förnybara energikällor användas. I förarbetena till miljöbalken nämns energiutvinning från avfall som ett hushållningsalternativ.

Någon motsvarande bestämmelse finns inte i kärntekniklagen eller strålskyddslagen. Att de särskilda krav som gäller för deponeringsanläggningar enligt förordningen (2001:512) om deponering av avfall gör undantag för slutförvar för kärnavfall och radioaktivt avfall bör, enligt myndighetens bedömning, vara av begränsad betydelse i sammanhanget eftersom det använda kärnbränslet varken är att betrakta som utsorterat brännbart eller organiskt avfall.

Den aspekt på miljöbalkens hushållningsprincip rörande SKB:s ansökan som SSM kan bedöma är om det använda kärnbränslet ska vara möjligt att återanvända. Bestämmelserna om hushållning kan även utgöra en sådan samhällelig faktor som kan behöva beaktas i samband med optimering av strålskyddet.

SSM anser att SKB på ett bra sätt har beskrivit kunskapsläget avseende möjligheterna till återanvändning och återvinning av uran och plutonium i dagens reaktorer. SSM delar väsentligen SKB:s bedömning att en övergång till upparbetning och användande av MOX-bränsle (blandad uran- och plutoniumoxid) i hög grad skulle komplicera omhändertagandet av det använda kärnbränslet både genom tillkomsten av ytterligare kategorier av långlivat avfall och genom ändrade egenskaper hos det använda kärnbränslet. Givet omfattningen av det svenska kärnenergiprogrammet, tillsammans med den relativt sett begränsade förbättrade hushållningen med uranråvaran, bedömer SSM att

en övergång till uppbyggnad och användning av MOX-bränsle i de reaktorer som finns idag inte kan motiveras.

SSM har inom ramen för beredningen av ansökan också efterfrågat en utvecklad redovisning av kunskapsläget kring de system som skulle behövas för att utifrån ett hushållningsperspektiv återanvända kärnbränslet som en energiresurs i s.k. fjärde generationens reaktorer. De efterfrågade redovisningarna har syftat till att ge underlag till en bedömning av dels möjligheterna till återvinning eller återanvändning av det använda kärnbränslet i fjärde generations reaktorer, i synnerhet i brytreaktorer, dels om en sådan potentiell möjlighet skulle påverka ett eventuellt beslut om att i dag initiera uppförande av ett system för direktdeponering av det använda kärnbränslet.

SSM delar till stor del SKB:s övergripande analys och slutsatser att det är oklart om och när snabba reaktorer kan finnas kommersiellt tillgängliga i Sverige. Myndigheten delar även SKB:s bedömning att inledande av slutförvaring av det använda kärnbränslet inte på ett avgörande sätt påverkar framtida möjligheter att inleda och genomföra ett sådant reaktorprogram. SSM gör denna bedömning eftersom endast en relativt sett begränsad mängd använt kärnbränsle från dagens reaktorer behövs för att initiera driften av ett program för snabba reaktorer. För den fortsatta driften av brytreaktorer utgör utarmat uran den väsentliga råvaran, en råvara som det finns stora mängder av efter anrikning av uran till dagens reaktorprogram.

Genom det potentiellt mycket stora energivärdet anser SSM att SKB och tillståndshavarna fortsatt bör arbeta med möjligheterna till bättre hushållning och följa det vetenskapliga arbetet inom området. Däremot bedömer myndigheten sammantaget att det från hushållningssynpunkt inte finns skäl att i dagsläget avvakta med inledandet av ett slutförvarsprogram med direktdeponering av det använda kärnbränslet.

Lokaliseringsprincipen

Enligt 2 kap. 6 § miljöbalken ska det för en verksamhet eller åtgärd som tar i anspråk ett mark- eller vattenområde väljas en plats som är lämplig med hänsyn till att ändamålet ska kunna uppnås med minsta intrång och olägenhet för människors hälsa och miljön.

Enligt SSM behöver 2 kap. 6 § miljöbalken tillämpas ihop med 2 kap. 3 § miljöbalken vid val av plats för slutförvar, då platsen måste ge förutsättningar för ett strålsäkert förvar för att så långt som möjligt förhindra och begränsa utsläpp och i förlängningen minimera påverkan på omgivningen. Att SKB har visat att den sökta platsen är den mest lämpliga för sitt syfte (långsiktig strålsäkerhet med utgångspunkt från den valda tekniska utformningen) blir på det sättet en del av bedömningen mot kravet på bästa möjliga teknik (se ovan).

I strålsäkerhetslagstiftningen regleras platsvalet främst i SSMFS 2008:37 och SSMFS 2008:21. Kraven innebär dels att slutförvaret på den avsedda platsen ska kunna visas uppfylla riskkriteriet, dels att sökanden i lokaliseringsarbetet ska ha tillvaratagit möjligheterna att så långt som det är möjligt och rimligt förbättra slutförvarets skyddsförmåga. I detta ingår även sådana åtgärder som kan begränsa sannolikheten för och konsekvenserna av oavsiktliga mänskliga intrång i förvaret, t.ex. genom att undvika förlägningsplatser med brytbara mineraltillgångar.

Myndigheten bedömer att, av de platser som varit aktuella i SKB:s slutförvarsprogram, är Forsmark den mest lämpliga från strålsäkerhetssynpunkt. Avgörande för den bedömningen har varit platsens förutsättningar för ett långsiktigt strålsäkert slutförvar för använt kärnbränsle. Ingen av de alternativa platser som har varit aktuella under platsvalsprocessen visar enligt myndighetens bedömning egenskaper som sammantaget är

mer fördelaktiga när det gäller att förhindra, begränsa och fördröja utsläpp från tekniska och geologiska barriärer jämfört med SKB:s föreslagna plats i Forsmark. Det gäller även den övervägda platsen sydost om Hultsfred för vilken SKB har kompletterat underlaget.

Det som främst talar för Forsmark i jämförelse med andra platser är ett homogent berg med få vattenförande sprickor på förvarsdjup, vilket tillsammans med tillämpning av en selektiv deponeringshålsplacering ger förutsättningar för att minimera materieöverföring i förvarets närhet. Detta minskar risk för och omfattning av såväl bufferterosion och olika typer av kopparkorrosion, som spridning av radioaktiva ämnen i fall kapselns täthet har fallerat. Det är även lättare att förutse och verifiera antagna förhållanden i berget vid Forsmark med tanke på den relativt homogena berggrunden, vilket har stor betydelse för att genomföra en lämplig platsanpassning av förvaret och för tilltron till analysen av platsens långsiktiga utveckling (avsnitt 3.3).

Den plats som presenteras som alternativ plats i ansökan är Laxemar. Myndigheten instämmer med SKB att för flertalet lokaliseringsfaktorer av betydelse för strålsäkerheten är de båda kandidatområdena likvärdiga eller nästan likvärdiga. SKB har dock tydligt visat att förutsättningarna för att erhålla ett begränsat vattenflöde i närheten av kapselpositioner, vilket myndigheten bedömer vara en avgörande faktor, är betydligt bättre i fallet Forsmark beroende på det förhållandevis stora avståndet mellan vattenförande sprickor på förvarsdjup.

SSM bedömer vidare att SKB:s val av plats för inkapslingsanläggningen är den som utifrån strålsäkerhetssynpunkt bäst uppfyller kraven på lokalisering i 2 kap. 6 § miljöbalken. SSM anser att det från strålsäkerhetssynpunkt finns skäl för en samförläggning jämfört med en förläggning av en fristående inkapslingsanläggning vid slutförvaret. Bedömningen utgår i huvudsak från de samordningsfördelar som SKB har redovisat med en samförläggning, bl.a. när det gäller kompetens, personalstrålskydd samt att en samförläggning bedöms ge ökat skydd från händelser i omgivningen. Byggnation av inkapslingsanläggningen vid Clab innebär samtidigt vissa risker som SKB behöver minimera med specifika åtgärder. SSM bedömer inte att valet av plats för inkapslingsanläggningen innebär sådana ökade risker när det gäller transporter av det använda kärnbränslet att det skulle kunna motivera en annan förläggning.

Slutligen bedömer myndigheten att SKB:s val av plats för fortsatt och utökad mellanlagring är den bästa från strålsäkerhetssynpunkt såvida tillstånd ges till den sökta slutförvarsverksamheten. Däremot är det enligt myndigheten inte givet att fortsatt mellanlagring i Clab är den bästa lösningen för en längre tids mellanlagring ifall tillstånd inte skulle ges, vilket innebär att andra lösningar och annan plats behöver övervägas och kan komma ifråga.

3.1.3 Miljökonsekvensbeskrivningen

Övergripande bedömning om miljökonsekvensbeskrivning och tillhörande samråd
SSM bedömer att SKB tillräckligt väl har utrett och beskrivit strålsäkerhetsfrågorna för att myndigheten ska kunna bedöma frågor som är kopplade till strålsäkerheten inför regeringens beslut om tillstånd enligt kärntekniklagen. SSM bedömer således att det finns tillräckliga uppgifter i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB) med kompletteringar och andra delar av tillståndsansökan för att utifrån ett strålsäkerhetsperspektiv kunna påvisa och bedöma den huvudsakliga påverkan av verksamheten på människors hälsa och miljön.

SSM gör även den sammantagna bedömningen att samrådet i samband med upprättandet av MKB:n kan godtas avseende strålsäkerhetsfrågorna. Myndigheten konstaterar att

samråd har skett i tid, med rätt parter och att de frågeställningar som samrådet ska ta upp har behandlats. SSM har haft möjlighet att ge synpunkter under samrådet och SKB har bemött myndighetens synpunkter. Såvitt SSM kan bedöma har det, med avseende på strålsäkerhet, inte heller uppkommit nya frågor under huvudförhandlingen i mark- och miljödomstolen som borde ha bemötts av SKB under samrådet.

Alternativredovisning

När det gäller kravet på innehållet i en MKB godtas enligt praxis att kompletterande och mer detaljerade redovisningar kan utläsas från andra delar av ansökan. SSM bedömer att MKB:n med kompletteringar uppfyller de grundläggande kraven på en översiktlig redovisning av övervägda alternativ med motivering till den valda lösningen och att tillräckligt underlag om alternativ finns i ansökan för att myndigheten ska kunna bedöma denna.

SSM anser att den sökta verksamhetens art och långa tid för genomförande, innebär att kunskapsinhämtning måste ske successivt och på lång sikt. Denna principiella situation är inte unik, även om komplexiteten och tidsperspektiven i detta projekt är unika. Det långa tidsperspektivet i sig (hundratusentals år) innebär att det i princip är omöjligt att nå fullständig visshet om konsekvenser längre fram i tiden. Det kommer således alltid att finnas vissa osäkerheter kring den valda metoden som måste ställas i relation till eventuella fördelar med andra strategier och metoder för att omhänderta det använda kärnbränslet som i sin tur kommer att ha andra osäkerheter och risker. Denna insikt måste finnas när beslut fattas och SSM ser det som viktigt att MKB:n är tydlig på denna punkt.

När det gäller alternativet djupa borrhål är SSM:s bedömning att det inte är möjligt att i högre utsträckning komplettera redovisningen i ansökan utan ytterligare omfattande utredningar och undersökningar. Efter granskning av förutsättningarna för den sökta metoden, KBS-3, att uppfylla myndighetens krav (avsnitt 3.2 och 3.3), och med hänsyn tagen till de utmaningar och oklarheter som finns kring om konceptet djupa borrhål går att utveckla till ett mer strålsäkert alternativ som kan uppfylla samma krav, bedöms sådana omfattande utredningar och undersökningar inte som ett rimligt krav för alternativredovisningen.

SSM bedömer att redovisningen i MKB:n med kompletteringar är tillräcklig för att få en översikt av övervägt alternativ samt SKB:s motiv för den valda platsen och utformningen av inkapslingsanläggningen. Underlaget i ansökan är enligt myndigheten tillräckligt för att ligga till grund för beslut om SKB:s val att lokalisera verksamheten vid Clab. Detta gäller även frågan om att utöka mellanlagringskapaciteten.

Frågan om nollalternativ är komplicerad eftersom det inte skulle vara godtagbart att inte vidta några åtgärder. SKB:s redovisning med avseende på ett övergivet Clab illustrerar behovet av ett slutförvar. Scenariot att Clab överges pekar på betydande utsläpp, såväl av gasformig aktivitet som av vattenburen aktivitet. SSM bedömer att de förenklade beräkningarna kan godtas mot bakgrund av att detta scenario visar att åtgärder behöver vidtas för att ta hand om det använda kärnbränslet och att Clab inte under några omständigheter får överges innan en kontrollerad avveckling av verksamheten har genomförts.

SSM delar dock inte SKB:s syn på torr mellanlagring som enbart ett alternativ till ökning av lagringskapaciteten i Clab. Myndigheten anser att torr mellanlagring även är ett möjligt scenario inom nollalternativet som en åtgärd som skulle kunna behöva vidtas för en strålsäker mellanlagring på lång sikt. SSM konstaterar dock att frågan om torr mellanlagring ändå är tillräckligt belyst i ansökan.



Sammantaget anser SSM att det finns vissa otydligheter kopplade till SKB:s redovisning av nollalternativet, men underlaget bedöms ändå vara godtagbart och ger en tillräckligt bra bild av konsekvenserna i det fall att ett tillstånd inte ges.

Beskrivning av den sökta verksamheten och dess konsekvenser

SSM bedömer sammantaget att MKB:n efter kompletteringar tillräckligt beskriver verksamheten, med avseende på strålsäkerhet, genom uppgifter om lokalisering, utformning och omfattning. I detta ingår uppgifter som belyser betydelsen av åtgärder och kontroller för att säkerställa och verifiera initialtillståndet för slutförvaret samt en översiktlig redovisning av teknikutvecklingsfrågor och tester av betydelse för slutförvarets långsiktiga funktion.

Myndigheten bedömer övergripande att de resultat avseende strålsäkerhetsmässiga konsekvenser för människors hälsa och miljön som redovisas i MKB:n överensstämmer med vad som har redovisats i övriga delar av ansökningarna enligt kärntekniklagen och att resultaten understöds av säkerhetsanalyserna. SSM bedömer således att det finns tillräckliga uppgifter i MKB:n och andra delar av tillståndsansökan för att utifrån strålsäkerhetsperspektivet påvisa och bedöma den huvudsakliga påverkan av verksamheten på människors hälsa och miljön.

Utifrån SKB:s beskrivning av slutförvarsanläggningen och dess verksamhet delar SSM företagets uppfattning om att det inte föreligger några förutsättningar för utsläpp av radioaktiva ämnen (annat än den naturliga radioaktiviteten från berget) under normala driftförhållanden. SSM bedömer även att anläggningens konstruktion uppfyller myndighetens krav avseende barriärfunktion så att kapseln ska klara identifierade händelser vid normal drift och vid missöden utan mekaniska skador på kapseln som skulle kunna medföra utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen. SSM bedömer därmed att SKB har förutsättningar att, i samband med uppförande och drift av slutförvarsanläggningen, uppfylla myndighetens föreskriftskrav om skydd av människors hälsa och miljön vid drift av vissa kärntekniska anläggningar. SSM instämmer i SKB:s bedömning att inget kärnavfall bör uppkomma vid normaldrift av slutförvarsanläggningen. I samband med framtida prövningar av anläggningen kommer SKB dock att behöva ha tillgång till en mer detaljerad avfallsplan för det avfall som skulle kunna uppkomma vid kontaminering av kapsel eller transportbehållare.

Beträffande strålskydd och säkerhet efter förslutning av slutförvaret bedömer SSM att sammanfattningen av den underliggande säkerhetsredovisningen (SR-Site) i MKB:n är adekvat. SSM bedömer att kompletteringarna till MKB:n ger en korrekt bild av vad som har begärts av SSM inom ramen för prövningen av ansökningarna enligt kärntekniklagen och av vad som har inkommit till myndigheten från SKB. SSM har granskat SKB:s beräkningar av radiologiska effekter på människor och andra organismer för de huvudsakliga scenarierna som bidrar till slutförvarets långsiktiga risk, för hypotetiska restscenarier som illustrerar effekter av förlust av barriärfunktioner, samt för de övriga restscenarier som presenteras i SKB:s säkerhetsanalys. SSM:s bedömningar har tagits fram med stöd av oberoende modellering av såväl SSM:s egna experter som externa experter som har anlåtats av SSM. Myndigheten har också under lång tid följt utvecklingen av SKB:s arbete med konsekvensanalys genom egna utvecklingsprojekt och granskning av SKB:s tidigare preliminära säkerhetsanalyser. SSM bedömer att den metodik som SKB har utvecklat under många år överensstämmer med internationella erfarenheter inom området.

SSM bedömer att en mer utförlig analys och värdering behövs för att vidare förstärka underlaget kring osäkerhetshanteringen vad gäller vissa tekniska/vetenskapliga frågor, som bl.a. avser kvalitetskrav vid kapseltillverkning samt särskilda processer och

betingelser som skulle kunna påverka KBS-3-kapselns beständighet på lång sikt (se avsnitt 3.3.2). Däremot bedömer myndigheten att dessa frågor inte är av sådan betydelse att SSM inte kan bedöma ansökan och de slutsatser som SKB redovisar om slutförvarets omgivningspåverkan och därmed förutsättningarna för att uppfylla myndighetens krav på långsiktig strålsäkerhet. Vidare bedömer SSM att det är godtagbart att den vidareutveckling som kommer att erfordras presenteras i den uppdaterade säkerhetsredovisning (PSAR) som ska göras för nästa steg i prövningen enligt kärntekniklagen. SKB bedöms ha förutsättningar att ta fram ett sådant underlag.

Angående inkapslingsanläggningen bedömer SSM att analysförutsättningar, analysmetodik och analysresultat presenteras på ett godtagbart sätt med referenser till underliggande tekniska analysrapporter. SSM konstaterar att uppgifterna i MKB:n om utsläpp av radioaktiva ämnen till naturmiljön är i överensstämmelse med de uppgifter som ligger till grund för myndighetens granskning och bedömning av SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen. Myndigheten identifierar samtidigt vissa utvecklingsbehov i ansökan som behöver åtgärdas i kommande steg i den stegvisa prövningen enligt kärntekniklagen, efter att ett tillstånd beviljas av regeringen.

Myndigheten har synpunkter på vissa delar av redovisningen kopplat till avgränsning av MKB:n och tydlighet, bl.a. redovisningen av olyckor. Beträffande händelser med mycket låg sannolikhet och stora konsekvenser, där uppskattningar har presenterats i säkerhetsanalysen för inkapslingsanläggningen, har SKB vidhållit att dessa inte ska tas upp i MKB:n. SSM delar till viss utsträckning SKB:s bedömning att en noggrann analys av konsekvenserna av sådana missöden kan kräva ett mer detaljerat underlag avseende anläggningens utformning än vad som nu är möjligt att ta fram i nuläget. Myndigheten bedömer underlaget som tillräckligt inför regeringens beslut även om det med upplägget i MKB:n kvarstår en viss otydlighet avseende vilka risker med dess konsekvenser som den sökta verksamheten omfattar i samband med mycket osannolika händelser.

Miljökonsekvensbeskrivningens syfte att möjliggöra en samlad bedömning

Ett övergripande syfte med en MKB är att möjliggöra en samlad bedömning av den sökta verksamheten och dess effekter på människors hälsa och miljön.

Den MKB som inkom till SSM och mark- och miljödomstolen med ansökningarna 2011 har enligt SSM ett till stora delar pedagogiskt upplägg som underlättar en samlad bedömning. SKB:s ansökningar har dock kompletterats i flera omgångar under de år som ärendena har handlagts. SSM noterar att praxis är att en MKB kan godtas även om kunskap finns i andra delar av ansökan. Det godtas även normalt att kompletteringar läggs till som separata dokument. I föreliggande fall bedömer dock SSM att avgränsningen mellan MKB:n och andra delar av ansökan leder till vissa oklarheter och splittring av underlaget som, tillsammans med de omfattande kompletteringarna och dubbelprövningen, kan påverka möjligheten att få överblick och dra slutsatser. SSM har framfört synpunkter i frågan till mark- och miljödomstolen liksom till SKB.

SSM ser frågan om MKB:n uppfyller syftet att möjliggöra en samlad bedömning i första hand som en fråga att avgöra inom ramen för miljöbalksprövningen. I den prövningen görs bedömningen av om SKB:s MKB möjliggör en samlad bedömning på människors hälsa och miljön av den sökta verksamheten utifrån miljöbalkens samtliga reglerade miljöaspekter. Beträffande prövning av SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen anser SSM att MKB:n med kompletteringar inklusive läsanvisningen (bilaga K:10) ger tillräckligt stöd för myndigheten att se vilket underlag i ansökan som åberopas av SKB för att kunna göra en samlad bedömning med avseende på slutförvarssystemets strålsäkerhet.

3.1.4 Miljökvalitetsnormer

Enligt 5 b § kärntekniklagen, liksom enligt 22 a § strålskyddslagen, ska 5 kap. 3 § miljöbalken tillämpas vid prövning av ärenden enligt strålsäkerhetslagstiftningen. Ett tillstånd som medverkar till att en miljökvalitetsnorm som avses i 5 kap. 2 § första stycket miljöbalken inte följs, får meddelas endast om tillståndet förenas med de krav som behövs för att följa normen eller om det finns en sådan förutsättning för tillstånd som anges i 2 kap. 7 § miljöbalken. Sådana gränsvärden som avses i 5 kap. miljöbalken finns inte för radioaktiva ämnen. SSM kan därmed inte se att 5 kap. miljöbalken är relevant vid prövningen avseende strålsäkerhetsfrågor.

3.2 Clink-anläggningen

Efter SSM:s inledande granskning av SKB:s ansökan enligt kärntekniklagen om Clink-anläggningen begärde myndigheten i oktober 2012 uppdaterade och kompletterade underlag för fortsatt beredning av ansökan. SKB anpassade då redovisningen till den konceptuella nivå som kan vara lämplig för en förberedande preliminär säkerhetsredovisning (F-PSAR) och genomförde en omfattande komplettering av ansökan som lämnades till SSM i januari 2015. I ansökan beskriver SKB en referensanläggning ur två perspektiv: dels hur denna avses utformas och dels hur verksamheten avses bedrivas när anläggningen tas i rutinmässig drift. I mars 2015 lämnade SKB in ett tilläggsyrkande avseende utökad mellanlagring i Clab. SSM granskade det uppdaterade underlaget med hänsyn tagen till de kompletteringar som tidigare hade begärts och bedömde ansökan som tillräckligt komplett för sakgranskning.

Sammantaget ansöker SKB om följande, *citat*:

”SKB yrkar att regeringen lämnar SKB tillstånd enligt kärntekniklagen

1. a) att fortsatt *inneha och driva* befintligt mellanlager för använt kärnbränsle i Oskarshamn, Clab, och där fortsatt *inneha, lagra, hantera och bearbeta* kärnämne (huvudsakligen bestående av använt kärnbränsle) och kärnavfall (exempelvis konstruktionsmaterial i bränsleelementen och förbrukade hårdkomponenter). Lagrad mängd använt kärnbränsle³ får, vid ett och samma tillfälle, högst uppgå till 11 000 ton,

1. b) att i anslutning till Clab *uppföra* en anläggningsdel för inkapsling av kärnämne enligt 1. a samt kärnavfall⁴, och

1. c) att vidta de ändringar i Clab som krävs för att integrera denna anläggning med inkapslingsdelen.

2. att *inneha och driva* Clab och inkapslingsdelen som en integrerad anläggning (Clink) för lagring av kärnämne, huvudsakligen bestående av använt kärnbränsle, och förbrukade hårdkomponenter och inkapsling av kärnämne, huvudsakligen bestående av använt kärnbränsle. Lagrad mängd använt kärnbränsle⁵ får, vid ett och samma tillfälle, högst uppgå till 11 000 ton.

SKB yrkar här till att regeringen i samband med tillstånden ovan ger SKB tillstånd enligt kärntekniklagen att *inneha, bearbeta, transportera eller på annat sätt ta*

³ För använt kärnbränsle avses mängden uran, och för MOX-bränsle även plutonium, i det obestrålade bränslet.

⁴ Här avses konstruktionsmaterial i bränsleelementen

⁵ För använt kärnbränsle avses mängden uran, och för MOX-bränsle även plutonium, i det obestrålade bränslet.

befattning med kärnämne (huvudsakligen bestående av använt kärnbränsle) och kärnavfall (exempelvis konstruktionsmaterial i bränsleelementen och förbrukade hårdkomponenter).

SKB yrkar att regeringen godkänner till ansökan bifogad miljökonsekvensbeskrivning.

SKB hemställer att regeringen vid meddelande av villkor särskilt beaktar att tillståndet för lagring av mer än 8 000 ton använt kärnbränsle respektive innehav och drift av den integrerade anläggningen, inte avses tas i anspråk förrän SSM godkänt en förnyad säkerhetsredovisning och säkerhetstekniska driftförutsättningar för den ökade lagringen respektive den integrerade lagringen.”

Slut citat.

3.2.1 SSM:s bedömning av SKB:s förutsättningar att uppfylla grundläggande säkerhetsbestämmelser

Som ett led i SSM:s beredning av ansökan har myndighetens granskningsrapport för Clink (SSM2015-279-21) tagits fram. Viktiga aspekter och slutsatser från granskning av olika sakområden vägs samman inför myndighetens ställningstagande rörande SKB:s yrkanden. SSM uttalar sig genom en sammanvägd bedömning kring anläggningens och verksamhetens förutsättningar att uppfylla de grundläggande säkerhetsbestämmelserna enligt SSMFS 2008:1. SSM väger i detta, förutom viktiga aspekter och slutsatser från granskningen av sakfrågor, även in faktorer som hur ansökansunderlaget i dess helhet svarar mot kraven i föreliggande skede av den stegvisa tillståndsprovningen. SSM väger dessutom in hur SKB avser att utveckla säkerhetsredovisningen under kommande steg i provningsprocessen.

Om anläggningens konstruktion och utformning med hänsyn till djupförsvar

I SSM:s granskningsrapport för Clink (SSM2015-279-21) bedömer myndigheten de redovisningar av SKB som gäller förläggningsplats, konstruktion och utformning, uppförande, drift, planer för underhåll mm. Dessutom granskar myndigheten de analyser som är tänkta att redogöra för anläggningens säkerhet. SSM kan av denna granskning konstatera att SKB utvecklat ett säkerhetsklassningssystem i syfte att vara anpassat till Clink och den verksamhet som ska bedrivas vid anläggningen. SKB:s säkerhetsklassningssystem utgår till viss del från principer för säkerhetsklassning enligt internationell säkerhetsstandard (IAEA, 2014). SSM anser dock att de principer för säkerhetsklassning som SKB presenterat ännu inte är entydiga och att principerna därför behöver utvecklas i kommande steg i provningsprocessen. Vidare har SSM funnit att otydligheter i principer för säkerhetsklassningen ger oklarheter hos underliggande klasser eftersom SKB styr dessa utifrån säkerhetsklassningen. De underliggande klasserna syftar bl.a. till att styra kvaliteten på system, strukturer och komponenter. För dessa har SSM bl.a. funnit följande otydligheter:

- hur tilläggskrav ger erforderlig tillförlitlighet för mekanisk utrustning hänfödda till säkerhetsklass 3D så att dessa kan tillgodoräknas i den deterministiska säkerhetsanalysen,
- hur SKB avser att kvalificera tilläggskraven,
- kopplingen mellan elektrisk funktionsklass och säkerhetsklass, samt
- krav på byggnader vilka innehåller säkerhetsrelaterade lyftfunktioner i lyftklass 3L.

SSM anser att SKB behöver arbeta vidare med och förtydliga det klassningssystem (säkerhetsklass inklusive underliggande klasser) som ska tillämpas för anläggningen i syfte att uppnå god kvalitet i konstruktionen och därigenom bidra till djupförsvarsnivå ett

(jfr. Tabell 3.1, avsnitt 3.3.1 nedan, vilken ger en övergripande bild över klassificering av djupförsvarsnivåer).

SSM har granskat hur anläggningens utsläppsbegränsande system ska utformas och optimeras samt hur utsläpp kontrolleras. SSM har dessutom granskat hur SKB skyddar miljön mot skadlig påverkan av den tänkta verksamheten vid Clink. SSM anser att SKB sammantaget visat att företaget har förutsättningar att uppfylla kraven och har identifierat vissa åtgärder som SKB behöver beakta vid kommande steg i prövningen.

SSM har även granskat anläggningens tilltänkta personstrålskydd och bedömer sammantaget att SKB i detta skede av prövningen visat att de har förutsättningar att uppfylla kraven. Denna bedömning förutsätter att SKB vid kommande steg i prövningen beaktar erfarenheter och lärdomar från driften av Clab så att Clink utformas för att underlätta såväl det dagliga som det långsiktiga strålskyddsarbetet, med fokus på personstrålskydd, under konstruktion, drift och avveckling.

SSM konstaterar att SKB:s redovisning speglar anläggningen Clink och dess organisation som bolaget planerar att de ska vara utformade då verksamheten tas i drift år 2029. Det medför att aspekter rörande djupförsvaret under uppförande av inkapslingsdelen, idrifttagning och samtidig drift av Clab inklusive utökad lagringskapacitet inte explicit berörs. SSM accepterar detta eftersom ansökan i övrigt tydliggör de sammantagna förändringar som SKB vill vidta för uppföra och driva Clink i tillräcklig hög detaljeringsgrad. SSM förutsätter därför att SKB i kommande steg, parallellt med framtagande av en beskrivning av specifika ändringar som ska vidtas i Clab för att åstadkomma en mellanlagringskapacitet om 11 000 ton, redogör för de åtgärder som har betydelse för att Clink ska kunna uppfylla de strålsäkerhetskrav som gäller för den framtida sammanbyggda anläggningen.

Vidare noterar SSM att SKB påbörjat ett gediget arbete med att identifiera händelser och hänföra dessa till händelseklasser utifrån en bedömning av dess skattade inträffandefrekvens. SSM anser att en viktig grund för att förebygga radiologiska olyckor är att känna till de händelser som kan utmana anläggningens säkra drift. Utifrån denna kunskap kan risker värderas, åtgärder vidtas och anläggningens utformning anpassas, allt i syfte att skydda barriärer mot genombrott eller begränsa konsekvenserna därav, d.v.s. djupförsvarsnivå två och tre. SSM har i granskningen kunnat identifiera att SKB på ett relevant sätt tagit intryck av internationella normer och guider vid arbetet med identifiering av händelser och händelseklassning. Myndigheten anser att SKB har till viss del visat på hur risker värderats vid utformning av anläggningen. SSM har dock identifierat vissa otydligheter, avseende bl.a.

- karaktärisering av förekommande riskkällor
- hur risker och svagheter kommer att identifieras och omhändertas vid detaljutformningen av anläggningen med stöd av probabilistiska metoder
- analys av risker i samband med uppförande av nya anläggningsdelar intill befintlig anläggning.

Men SSM har även identifierat goda exempel:

- SKB har på en övergripande nivå redogjort för de metoder som ska användas för att vid kommande steg verifiera anläggningens säkerhet.
- Anläggningen utformas så att dess barriärer, säkerhetssystemen och säkerhetsrelaterade system är tåliga mot de miljöbetingelser som kan förekomma samt så att säkerhetsfunktionerna är tåliga mot fel med gemensam orsak.

SSM anser utifrån detta att anläggningen kommer att kunna utformas med flerfaldiga anordningar som kan skydda barriärer och förhindra utsläpp. SSM ser även att SKB:s



kännedom om händelser som kan utmana anläggningens säkerhet samt resultatet av kommande säkerhetsanalyser ger förutsättningar för att SKB vid kommande steg även ska kunna identifiera åtgärder som ytterligare kan skydda barriärerna och förhindra utsläpp. SSM anser att SKB behöver åtgärda de identifierade otydligheterna i syfte att kunna förstärka djupförsvaret.

SSM har granskat SKB:s analyser av radiologisk omgivningspåverkan som driften av anläggningen och störningar i verksamheten kan ge upphov till. Analyserna baseras på den händelseklassning av inledande händelser som redovisats i ansökansunderlaget och beräkningsförutsättningarna är, med vissa anpassningar, i överensstämmelse med internationell praxis. SKB:s analysresultat visar också att de i inriktningsdokument (SSM2013-5169-4) av SSM föreslagna referensvärden för värdering av radiologiska omgivningskonsekvenser i de flesta fall innehålls. I de fall referensvärden överskrids har SKB redovisat att vidare analyser och åtgärder vid utformningen av anläggningen kommer vidtas i kommande steg i den stegvisa prövningen. SSM har identifierat förbättringsmöjligheter i både redovisad metodik och analyser men bedömer sammantaget att SKB har förutsättningar att uppfylla kraven.

SKB har på en detaljerad nivå redogjort för kriticitetssäkerhet, dels för verksamhet i befintlig Clab med utökad lagring och dess följder, dels för Clink. SSM konstaterar att kriticitetssäkerheten kan förväntas bli acceptabel men har ändå tagit fram vissa förbättringsförslag för kommande prövningssteg.

SSM anser, baserat på ovanstående, att SKB har förutsättningar att uppfylla grundläggande säkerhetsbestämmelser enligt 2 kap. 1 § SSMFS 2008:1 om barriärer och djupförvar i tillräcklig omfattning i detta skede av den stegvisa prövningen.

Om fysiskt skydd

SSM har granskat SKB:s ansökan om uppförande och drift av Clink utifrån aspekter kopplade till fysiskt skydd. SSM noterar att SKB redovisar sin strategi för fysiskt skydd under driftskedet med krav och tolkningar av detta. SKB redogör även planer för hur det fysiska skyddet upprätthålls under temporära förhållanden vid uppförandeskedet för Clink och dess koppling till konstruktionsprocessen. Sammanställning av metodiker och analyser redovisas samt prelimära planer för fysiskt skydd. SSM anser att redovisningen är en rimlig ansats vid aktuellt skede i den stegvisa prövningen.

SSM bedömer utifrån detta att SKB har förutsättningar att uppfylla grundläggande säkerhetsbestämmelser enligt 2 kap. 11 § SSMFS 2008:1 om fysiskt skydd genom att de preliminära planer som finns för fysiskt skydd innehåller det som förväntas vid denna tidpunkt och att en rimlig handlingsväg framåt är utpekad. I denna bedömning beaktar SSM även resultatet från granskningen avseende nukleär icke-spridning, transporter samt informations- och IT-säkerhet.

Om beredskap mot haverier

SSM bedömer att SKB har förutsättningar att uppfylla kraven i SSMFS 2014:2 om beredskap i tillräcklig omfattning i detta skede av den stegvisa prövningen genom att SKB avser att anpassa den haveriberedskap som finns beskriven i beredskapsplanen för Clab efter den verksamhet som kommer att ske vid Clink. Detta förfarande anser SSM lämpligt, då nuvarande haveriberedskap för Clab kan utgöra en grund för en eventuellt kommande haveriberedskap gällande Clink.

Bedömning av ansökansunderlaget i dess helhet

SKB redovisar i en s.k. *produktionsanvisning* att säkerhetsredovisningen successivt ska utvecklas och utformningen av anläggningen presenteras i en ökande grad av detaljering och fastställd dokumentation i de successiva stegen av tillståndsprövningen. SKB

redovisar följande utveckling av säkerhetsredovisning för Clink i tillståndprocessen fram till en driftsatt utbyggd anläggning, där steg 0 motsvarar underlaget i SKB:s ansökan:

- Steg 0 (F-PSAR) beskriver Clink som den förväntas se ut vid rutinmässig drift.
- Steg 1 (PSAR)
 - o en PSAR beskriver Clink och kommer ingå i SKB:s ansökan om att få uppföra Clink.
 - o En PSAR beskriver Clab och kommer ingå i SKB:s ansökan om att få genomföra ändringar i Clab, bl.a. för att åstadkomma en mellanlagringskapacitet om 11 000 ton.
- Steg 2 (Förnyad SAR) innan provdrift av anläggningen påbörjas tas detta dokument fram som beskriver Clink som anläggningen faktiskt blev. Vid godkännande inför provdrift övergår Clab SAR i en Clink SAR, vilken blir gällande för driften av hela Clink.
- Steg 3 (Kompletterad SAR) beaktar erfarenheter från provdriften.

SSM har i granskningen beaktat den utveckling SKB i produktionsanvisningen beskriver att säkerhetsredovisningen kommer genomgå under de olika faserna av prövningsprocessen. Redovisningen indikerar att SKB, ur ett tillståndsprövningsperspektiv, har tänkt igenom vilka uppgifter som kan behöva redovisas i de olika skedena av en prövning. SSM anser att SKB:s beskrivning utgör en god grund att arbeta vidare från vid kommande steg i prövningsprocessen och ser gärna att dokumentet fortsatt revideras och successivt utökas med aktuell information. I vissa fall har SSM dock efterfrågat information i tidigare skede än vad SKB i produktionsanvisningen anger att sådan information kan tas fram och presenteras till myndigheten. Detta gäller exempelvis för probabilistiska analyser, framtagandet av konstruktionsförutsättningar för byggnader och principer för indelning i kontrollgrupper.

SSM konstaterar att den kompletteringsbegäran som SSM sammanställde efter den inledande granskningen besvarades av SKB genom en komplett översyn av redovisningen. Det medförde att kompletteringen av ansökan som inkom till SSM i januari 2015, kallad Clink dec 2014, har skillnader i upplägg och innehåll jämfört med tidigare ansökansunderlag Clink 2011. Hade SSM granskat ansökan Clink dec 2014 med en ny inledande granskning, hade vissa av de otydligheter som identifierats i sakgranskning och dokumenterats i granskningsrapporten (SSM2015-279-21) kunna i stället föranlett en kompletteringsbegäran till SKB. SSM har dock värderat hela ansökan Clink dec 2014 och anser att redovisningen sammantaget talar för att SKB kan åtgärda de identifierade otydligheterna och förbättringsbehov i kommande steg i prövningsprocessen.

SSM har även i granskningen identifierat att SKB följt kraven på en aktuell säkerhetsredovisning. Som nämnts tidigare (se ovan om *anläggningens konstruktion och utformning med hänsyn till djupförsvaret*) har SSM konstaterat att SKB:s redovisning speglar anläggningen Clink och dess organisation som bolaget planerar att dessa ska vara utförda då verksamheten tas i drift år 2029. SSM konstaterar dock att ansökan inte i lika hög detaljeringsgrad beskriver aspekter kopplade till anläggningen Clab under uppförande av inkapslingsanläggningen och vid åtgärder som ska möjliggöra en utökad mellanlagringskapacitet. Det medför att SKB i ett kommande steg i prövningen behöver beskriva åtgärder som tas för att åstadkomma utökad lagringskapacitet vid Clab med hänsyn tagen till aspekter rörande djupförsvaret under uppförande av inkapslingsdelen och dess idrifttagning.

SSM bedömer, baserat på ovanstående, att SKB har förutsättningar att uppfylla kraven enligt 4 kap. 2 § SSMFS 2008:1 på säkerhetsredovisning och att konstaterade brister kan åtgärdas av SKB vid kommande steg i prövningsprocessen.

SSM konstaterar att uppgifterna i MKB:n om radiologiska utsläpp är i överensstämmelse med de uppgifter som granskats och som ligger till grund för redovisade bedömningar.

SKB redovisar hur F-PSAR granskats internt och kvalitetssäkrats i Bilaga G till ansökan (SKBdoc 1056117). SKB har valt att beakta de riktlinjer för säkerhetsgranskning som ges i SSMFS 2008:1. Inför en kommande ansökan om godkännande av PSAR i den stegvisa prövningen bedömer SSM att underlaget behöver kompletteras med säkerhetsgranskning enligt 4 kap. 3 § SSMFS 2008:1 för att uppfylla kraven om värdering och redovisning av anläggningens säkerhet.

3.2.2 SSM:s slutsatser avseende SKB:s respektive yrkanden

Utökad lagring i Clab

SKB har i sin ansökan yrkat, *citat*:

”SKB yrkar att regeringen lämnar SKB tillstånd enligt kärntekniklagen

1.a) att fortsatt *inneha och driva* befintligt mellanlager för använt kärnbränsle i Oskarshamn, Clab, och där fortsatt *inneha, lagra, hantera och bearbeta* kärnämne (huvudsakligen bestående av använt kärnbränsle) och kärnavfall (exempelvis konstruktionsmaterial i bränsleelementen och förbrukade hårdkomponenter). Lagrad mängd använt kärnbränsle⁶ får, vid ett och samma tillfälle, högst uppgå till 11 000 ton,”

Yrkandet avser bl.a. fortsatt drift av anläggningen Clab i SKB:s regi. Yrkandet avser även fortsatt tillstånd till hantering av förbrukade hårdkomponenter. SKB anger (SKBdoc 1459765 och SKB 1474819) att mellanlagring av 11 000 ton använt kärnbränsle medför att hårdkomponenter som idag förvaras vid Clab kan komma att behöva transporteras bort. Frågan om eventuell borttransport och mellanlagring på annan lämplig plats av hårdkomponenter fram tills ett lämpligt slutförvar finns tillgängligt prövas inte inom ramen för ansökan om Clink. Som med uttransporten av det använda kärnbränslet från Clab kommer SKB att behöva söka erforderliga tillstånd för dessa moment vid lämplig tidpunkt.

SKB har i *produktionsanvisning* (SKBdoc 1393747) redovisat att företaget i nästa skede av prövningen avser inkomma med en PSAR som beskriver Clink och en PSAR som beskriver Clab. Den senare ska bl.a. omfatta de ändringar som ska vidtas i Clab, exempelvis för att åstadkomma en mellanlagringskapacitet om 11 000 ton. SSM ser detta som ett lämpligt förfarande och förväntar sig att SKB i en kommande PSAR redogör för de åtgärder som vidtas för att

- åstadkomma fortsatt säker drift av Clab under uppförandet av inkapslingsanläggningen, inklusive en redovisning av hur inkapslingsanläggningen kan påverka Clab, samt
- Clab ska uppfylla moderna krav, inklusive övriga åtgärder som syftar till att uppgradera åldrande system, strukturer och komponenter.

Anledningen till detta påpekande är att SSM i granskningen konstaterat att ansökan inte i tillräckligt hög detaljeringsgrad beskriver aspekter kopplade till anläggningen Clab under uppförande av inkapslingsanläggningen och vid åtgärder som ska möjliggöra en utökad mellanlagringskapacitet. SSM saknar bl.a. underlag som beskriver vilka system och

⁶ För använt kärnbränsle avses mängden uran, och för MOX-bränsle även plutonium, i det obestrålade bränslet.

konstruktioner i befintlig anläggning Clab som påverkas av en ökad lagringskapacitet och även i vilket avseende anläggningen kan påverkas. SSM accepterar detta eftersom ansökan i övrigt tydliggjort de sammantagna förändringarna SKB vill vidta för att uppföra och driva Clink i tillräckligt hög detaljeringsgrad. Det medför att SKB vid ett kommande steg i prövningen behöver beskriva aspekter rörande djupförsvaret under uppförande av inkapslingsdelen, idrifttagning och samtidig drift av Clab inklusive utökad lagringskapacitet.

Förläggningsplats och utformning av inkapslingsdelen

SKB har yrkat, *citat*:

”1.b) att i anslutning till Clab *uppföra* en anläggningsdel för inkapsling av kärnämne enligt 1.a samt kärnavfall⁷”

SSM har in sin granskning bedömt verksamhetens *förläggningsplats* och dess lämplighet. Myndigheten bedömer att SKB:s val av plats för inkapslingsanläggningen är den som utifrån strålsäkerhet bäst uppfyller kraven på lokalisering i 2 kap. 6 § miljöbalken (se även avsnitt 3.1.2). Bedömningen utgår i huvudsak från de samordningsfördelar som SKB har redovisat med en samförläggning, bl.a. när det gäller kompetens, personalstrålskydd samt att en samförläggning bedöms ge ökat skydd till mellanlagret för händelser i omgivningen. Byggnation av inkapslingsanläggningen vid Clab innebär samtidigt vissa risker som SKB behöver minimera med åtgärder.

SSM har genom sin granskning kommit till slutsatsen att SKB på en principiell nivå redovisat vilken verksamhet som ska bedrivas i en tillkommande inkapslingsanläggning samt hur kraven på strålsäkerhet kan komma att uppfyllas. SSM gör utifrån detta den samlade bedömningen att det finns förutsättningar för att kraven på strålsäkerhet kopplade till SKB:s yrkande kan bli uppfyllda.

Clab under byggtiden av och fram till dess att den kopplas samman med inkapslingsdelen

SKB har yrkat, *citat*:

”1.c) att vidta de ändringar i Clab som krävs för att integrera denna anläggning med inkapslingsdelen.”

SSM gör utifrån granskningen den samlade bedömningen att Clab fortsatt kan drivas i regi av SKB på ett sådant sätt att det finns förutsättningar för att kraven på strålsäkerhet kopplade till SKB:s yrkande kan bli uppfyllda. I denna bedömning ingår att SSM fortlöpande granskar SKB som tillståndshavare av Clab i s.k. ordinarie drifttillsyn. SSM har bedömt SKB:s förutsättningar för fortsatt säker drift av Clab under uppförandet av inkapslingsanläggningen. SKB har vidare på ett principiellt plan redovisat hur det fysiska skyddet ska upprätthållas för Clab medan inkapslingsdelen uppförs.

Den sammanbyggda anläggningen Clink

SKB har yrkat, *citat*:

”2. att *inneha* och *driva* Clab och inkapslingsdelen som en integrerad anläggning (Clink) för lagring av kärnämne, huvudsakligen bestående av använt kärnbränsle, och förbrukade härdkomponenter och inkapsling av kärnämne, huvudsakligen bestående av använt kärnbränsle. Lagrad mängd använt kärnbränsle⁸ får, vid ett och samma tillfälle, högst uppgå till 11 000 ton.”

⁷ Här avses konstruktionsmaterial i bränsleelementen

⁸ För använt kärnbränsle avses mängden uran, och för MOX-bränsle även plutonium, i det obestrålade bränslet.

SSM konstaterar att SKB:s redovisning speglar anläggningen Clink och dess organisation som företaget planerar att dessa ska vara utformade då verksamheten tas i rutinmässig drift år 2029. SSM:s slutsats är att SKB på en principiell nivå redovisat vilken verksamhet som ska bedrivas i en tillkommande inkapslingsanläggning samt hur kraven på strålsäkerhet kan komma att uppfyllas för den sammanbyggda anläggningen Clink. SKB har även redovisat hur verifieringen av att anläggningen uppfyller kraven ska göras. SSM gör utifrån detta den samlade bedömningen att det finns förutsättningar för att kraven på strålsäkerhet kopplade till SKB:s yrkande kan bli uppfyllda.

Slutsats

Sammanfattningsvis konstaterar SSM att beredningen av SKB:s ansökan enligt kärntekniklagen visat att kraven på säkerhet och strålskydd enligt kärntekniklagen (1984:3) och strålskyddslagen (1988:220) kan förväntas bli uppfyllda avseende:

- utökad lagring i Clab,
- lokalisering och utformning av inkapslingsdelen,
- Clab under byggtiden av och fram till dess att den kopplas samman med inkapslingsdelen, och
- den sammanbyggda anläggningen Clink.

Denna bedömning förutsätter att SKB i kommande steg åtgärdar de brister och beaktar de förbättringsförslag som SSM identifierat i myndighetens granskning.

3.3 Slutförvar

Utöver den gemensamma prövningen av systemövergripande frågor och MKB som gäller för de båda ansökningarna (avsnitt 3.1) har SSM:s granskning av slutförvarsansökan delats upp i två huvuddelar: bedömning av strålsäkerhet under anläggningens uppförande och drift och bedömning av strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning. SSM har i de båda fallen följt en granskningsprocess i två faser, en inledande fas med fokus på ansökans fullständighet och en huvudgranskningsfas med utgångspunkt från ansökan med komplettering.

Slutförvarsansökan med stödande dokumentation och referenser, och i synnerhet den säkerhetsredovisning (SR-Site) som avser frågan om strålsäkerhet efter slutlig förslutning, är ett mycket omfattande material. SKB:s utredningar kännetecknas till stor del av en hög grad av specialisering och i många sammanhang tangerar utredningarna det som behandlas inom forskningen. Sammanlagt har SSM begärt ett hundratal förtydliganden och kompletteringar av SKB inom ramen för granskningen av SR-Site.

Sammantaget ansöker SKB om följande, *cit*at:

”Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) ansöker om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet

1. att i Forsmark i Östhammars kommun, uppföra, inneha och driva en anläggning för slutförvaring av kärnämne, i huvudsak bestående av använt kärnbränsle, och därutöver kärnavfall⁹ från det svenska kärnkraftsprogrammet. Kärnämnet och avfallet specificeras [i presentation av tillståndsansökan] nedan.
2. att i anläggningen inneha, hantera, transportera, slutförvara och på annat sätt ta befattning med i punkten 1 angivet material.

⁹ Konstruktionsmaterial i bränsleelementen



SKB yrkar vidare

- (i) att upprättad miljökonsekvensbeskrivning (MKB) godkänns, samt
- (ii) att regeringen föreskriver följande villkor för tillståndet:
 1. Anläggningen för slutförvaring av kärnämne enligt p. 1 ovan ska uppföras, innehas och drivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad som anges i ansökningshandlingarna.
 2. SKB ska inför uppförandet av slutförvarsanläggningen till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) redovisa hur frågor av betydelse för säkerheten och strålskyddet beaktas under uppförandet. Redovisningen ska godkännas av SSM innan uppförandet får påbörjas.
 3. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) får godkänna förändringar i den redovisade referensutformningen, till exempel förändringar i val av material och i ingående komponenters dimensioner, samt placering av kapslarna i berget.

Slut citat.

3.3.1 Sammanvägd bedömning – uppförande och drift

De bedömningar som sammanfattas i detta avsnitt baseras huvudsakligen på granskning av SR-Drift (SKB SR-Drift, 2010), Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggningen för använt kärnbränsle, som utgör den ena av två huvuddelar i bilaga SR, Säkerhetsredovisning för slutförvaring av använt kärnbränsle. Den andra huvuddelen utgörs av SR-Site (SKB SR-Site, 2011), Redovisning av säkerheten efter förslutning av slutförvaret (se avsnitt 3.3.2). Det är i sammanhanget viktigt att betona att redovisningarna i SR-Site samt SR-Drift i vissa avseenden är starkt kopplade till varandra och i viss omfattning underbyggs av underlagsrapporter (så kallade linje-/produktionsrapporter) som utgör referenser för både SR-Site och SR-Drift. Det låter sig därför inte göras att behandla respektive aspekt var för sig utan strålsäkerheten efter förslutning måste till viss del bedömas integrerat med driftssäkerheten och vice versa.

Andra delar av ansökningsunderlaget som SSM har bedömt vid granskningen är Bilaga AV: Preliminär plan för avveckling – slutförvar för använt kärnbränsle (SKB P-10-30) samt Bilaga VU: Verksamhet, ledning och styrning- uppförande av slutförvarsanläggningen (SKBdoc 1199888).

En viktig aspekt i sammanhanget är att uppförande, drift och avveckling av verksamheten vid anläggningen behöver genomföras på ett säkert sätt ur ett driftssäkerhetsperspektiv. I det här sammanhanget innebär det att SKB behöver visa att verksamheten, som den avses bedrivas under såväl normala förhållanden som vid potentiella störningar och missöden, inte ska medföra att människa och miljö utsätts för oacceptabla nivåer av joniserande strålning.

SKB:s redovisning i SR-Drift utgår från en första förberedande version av den preliminära säkerhetsredovisning som krävs enligt SSMFS 2008:1 inför medgivande att inleda uppförandet av anläggningen, dvs. innan faktiska byggnadsaktiviteter inleds. En särskild aspekt som beaktas i säkerhetsredovisningen är att aktiviteter som planeras genomförs under den s.k. driftfasen (bergkaraktärisering, uttag av tunnlar, förstärkningsarbeten, borring av deponeringshål, hantering av kapsel, deponeringsaktiviteter och återfyllning av deponeringstunnlar) kommer att utföras samtidigt och parallellt i olika delar av



anläggningen. I detta avseende skiljer sig slutförvarsanläggningen från andra typer kärntekniska anläggningar.

Syftet med SSM:s granskning och beredning av ansökan om tillstånd är att bedöma om verksamheten kan förväntas bli lokaliserad, utformad och bedriven på ett sådant sätt att kraven på säkerhet, strålskydd, fysiskt skydd och nukleär icke-spridning uppfylls. I SSM:s granskningsrapport för uppförande och drift av slutförvarsanläggningen (SSM2011-1135-19) fokuserar granskningen på en bedömning om kraven på säkerhet och strålskydd enligt kärntekniklagen och strålskyddslagen kan förväntas bli uppfyllda. Denna granskning ger även underlag om anläggningens lokalisering samt om de allmänna hänsynsreglerna enligt miljöbalken följs.

I detta avsnitt redogör SSM för sammanvägda bedömningar där viktiga aspekter och slutsatser från olika sakområden vägs samman. SSM uttalar sig i de sammanvägda bedömningarna kring anläggningens och verksamhetens förutsättningar att uppfylla de grundläggande säkerhetsbestämmelserna enligt SSMFS 2008:1.

Om anläggningens konstruktion och utformning med hänsyn till djupförsvaret

Djupförsvaret kan ses som ett system bestående av tekniska, organisatoriska och administrativa åtgärder. Eventuella svagheter i teknik kan kompenseras med hjälp av ändamålsenliga administrativa åtgärder. Djupförvarsprincipen kan, enkelt uttryckt, sägas vila på tre pelare: kvalitet i utförande, övervakning och kontroll, samt förmåga att hantera tillbud och händelser.

Djupförsvaret kan även beskrivas som ett antal djupförvarsnivåer, enligt tabellen nedan.

Tabell 3.1. Djupförvarsnivåer

DiD nivå	Syfte	Huvudsakliga medel
D1	Förebyggande av driftstörningar och fel	Robust konstruktion och höga krav på utförandet, driften och underhållet
D2	Kontroll över driftstörningar och detektering av fel	Regler- och skyddssystem samt övervakning och tillståndskontroll
D3	Kontroll över förhållande som kan uppkomma vid konstruktionsstyrda haverier	Tekniska säkerhetsfunktioner samt störnings- och haveriinstruktioner
D4	Kontroll över och begränsning av förhållanden som kan uppkomma vid svåra haverier	Förbereda tekniska åtgärder och en effektiv haverihantering vid anläggningen
D5	Lindrande av konsekvenser vid utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen	Effektiv samverkan med ansvariga myndigheter för skydd av omgivningen

Principen är att om en nivå i djupförsvaret brister så träder nästa nivå in. Ett fel i en utrustning eller i handhavande på en nivå ska inte kunna äventyra funktionen hos efterföljande nivå. Oberoendet mellan de olika nivåerna i djupförsvaret är viktigt.

Ett tillämpat djupförsvaret i en slutförvarsanläggning kan innefatta åtgärder som förebyggande konstruktion, anläggningskontroll och hantering av tillbud och händelser:



- Anläggningens byggnader, system och komponenter ska vara konstruerade och utförda med god kvalitet för att förebygga fel.
- Om avvikelser förekommer ska dessa kunna detekteras och åtgärdas. Om avvikelser inträffar under drift ska de berörda utrustningarna inta ett för säkerheten bästa läge ("fail-safe").
- Det ska finnas förmåga för hantering av driftstörningar, tillbud, händelser och omständigheter så att de oönskade konsekvenserna förhindras eller begränsas.

Bedömningar om djupförsvaret presenteras nedan för de tre första nivåerna.

Första nivån i djupförsvaret – Förebyggande åtgärder

Första nivån i djupförsvaret är förebyggande arbete som syftar till förebyggande av driftstörningar, fel och tillbud. För att uppnå den första nivån i djupförsvaret ska anläggningen ha en robust konstruktion och hög kvalitet i utförande och underhåll. Ett välfungerande system för ledning och styrning av organisation är också viktigt.

I SSM:s granskningsrapport (SSM2011-1135-19) beskrivs myndighetens bedömning av anläggningens konstruktion. SSM har också bedömt verksamheten under uppförande och drift med fokus på bergarbete och de säkerhetsanalyser som SKB har redovisat. SSM har i samtliga fall bedömt att SKB har förutsättningar att uppfylla samtliga krav relaterade till anläggningens konstruktion.

Sammanfattningsvis bedömer SSM att SKB har förutsättningar att uppfylla den första nivån i djupförsvaret på ett tillfredställande sätt men att en del arbete återstår. SKB behöver i kommande steg i den stegvisa prövningen:

- Tydliggöra hur specifika aspekter avseende anläggningens konstruktion och utformning med dess system och komponenter kan möjliggöra en reversibel process då en eventuell omvändning av kapseldeponering eller övrig barriärinstallation kan komma att behövas.
- Redovisa ett program innefattande förebyggande åtgärder gällande vibrationer eller deformationer i berg pga. sprängning, skrotning, injektering, sågning m.m., eller pga. tunga transporter eller drift av tunga maskiner i tunnlar eller andra driftbetingelser som inte på ett oacceptabelt sätt påverkar de redan installerade tekniska barriärerna eller berget i direkt anslutning till deponeringstunnlar och deponeringshål.
- Omformulera de konstruktionsförutsättningar som bygger på parametrar som är svåra att verifiera för att möjliggöra kontrollerbara beslut under uppförande och drift av slutförvarsanläggningen.

Andra nivån i djupförsvaret – Anläggningskontroll

Andra nivån i djupförsvaret omfattar kontroll och provning som syftar till detektering av dolda fel eller svagheter i anläggningen. Detektering av driftstörningar ingår även. Också driftklarhetsverifiering av system och utrustningar av betydelse för säkerheten är en viktig del.

Den andra nivån i djupförsvaret uppnås således med rätt övervakning och tillståndskontroll av anläggningen samt driftklarhetsverifiering av viktiga system och komponenter. Att viktig utrustning, vid en eventuell störning, intar ett "fail-safe" läge är också en viktig del i djupförsvarets nivå 2.

SSM noterar att SKB beaktar och uppfyller fail-safe principen, och att aktiva funktioner i anläggningens säkerhetsklassade lyft- och hanteringsutrustning, vid bortfall av kraftmatning, intar ett för säkerheten acceptabelt läge.



SSM är införstådd med att vissa frågor inte kan hanteras nu utan måste hanteras av SKB senare i den stegvisa prövningen. Exempelvis kommer detaljerade beskrivningar av system och utrustningar samt säkerhetstekniska driftförutsättningar (STF) att tas fram senare. SSM vill lyfta fram att framtida prövningar kommer att fokusera på granskning av vilka kontrollprocesser som utvecklas av SKB för att hitta och hantera eventuella avvikelser från anläggningens konstruktionsförutsättningar.

SSM har bedömt SKB:s planer för kontroll och monitorering i anläggningen, inklusive monitorering av utsläpp och bedömt att de har förutsättningar att uppfylla myndighetens ställda krav.

Sammanfattningsvis bedömer SSM att SKB har förutsättningar att uppfylla den andra nivån i djupförsvaret på ett tillfredställande sätt men att en del arbete återstår. SKB behöver i kommande steg i den stegvisa prövningen:

- Redovisa ett program innefattande övervakning för det som gäller vibrationer eller deformationer i berg pga. sprängning, skrotning, injektering, sågning m.m., eller pga. tunga transporter eller drift av tunga maskiner i tunnlar eller andra driftbetingelser som inte på ett oacceptabelt sätt påverkar de redan installerade tekniska barriärerna eller berget i direkt anslutning till deponeringstunnlar och deponeringshål. Åtgärder för att övervaka brister i barriärfunktionerna bör också analyseras med hänsyn till deras inverkan på säkerheten efter förslutning.
- Vidareutveckla sitt arbete med driftklarhetsverifiering av system och utrustningar enligt ovan; bl. a. genom att eftersträva verklighetsnära prov och även att skapa en helhetsbild över hela driftklarhetsprocessen.
- Vidare bör SKB:s program inkludera mät- och övervakningsaktiviteter som är en del av ett mer omfattande och långvarigt kontrollprogram för att bekräfta slutförvarets prestanda före och efter förslutning. SSM lägger vikt vid noggranna mätningar och dokumentation av barriärsystemets egenskaper efter uppförande-, drift- och avveckling/förslutningsfasen för att fastställa förhållandena vid initialtillstånd av slutförvaret efter förslutning samt för att möjliggöra överföringen av kunskap om slutförvaret till kommande generationer.

Tredje nivån i djupförsvaret - Förmåga för hantering av driftstörningar och tillbud
Den tredje nivån i djupförsvaret uppnås genom effektiva strategier och instruktioner för kontroll av förhållanden som kan uppkomma vid konstruktionsstyrande haverier. Tillförlitlig funktion hos för säkerheten betydelsefulla system är också viktigt.

Den fundamentala säkerhetsfunktionen i en slutförvarsanläggning är en inneslutningsfunktion inklusive skärmning av strålning och begränsning av oavsiktliga radioaktiva utsläpp. Kapseln kan därmed ses både som en barriär och som en inneslutningsfunktion.

SSM noterar att SKB har gjort omfattande analyser av relevanta händelser och kommit fram till en slutsats att inga av dem kan påverka kapselns inneslutningsfunktion. SSM anser som rimligt att de händelser som har identifierats och analyserats inte orsakar mekaniska skador på kapseln som medför utsläpp av radioaktiva ämnen till omgivningen eller kriticitet.

Baserat på ovanstående bedömer SSM att SKB har förutsättningar att uppfylla den tredje nivån i djupförsvaret på ett tillfredställande sätt men att en del arbete återstår. Av analyserna framgår att vissa händelser kan orsaka skador i slutförvarets barriärer vilket kan leda till en reversibel process då kapseln skickas tillbaka till inkapslingsanläggningen. Vissa osannolika händelser kan också leda till förhöjda dosnivåer till personalen samt konsekvenser från icke-spridningssynpunkt. Från analyserna av SKB:s underlag som görs

i SSM:s granskningsrapport (SSM2011-1135-19) framgår att vid framtida steg i den stegvisa prövningen bör SKB:

- Redovisa hur anläggningens konstruktion och utformning med dess system och komponenter kan möjliggöra en reversibel process då en eventuell omvändning av kapseldeponering eller övrig barriärinstallation kan komma att behövas.
- Redovisa ett program innefattande hantering för det som gäller vibrationer eller deformationer i berg pga. sprängning, skrotning, injektering, sågning m.m., eller pga. tunga transporter eller drift av tunga maskiner i tunnlår eller andra driftbetingelser som inte på ett oacceptabelt sätt påverkar de redan installerade tekniska barriärerna eller berget i direkt anslutning till deponeringstunnlar och deponeringshål.
- Redovisa ett program med en mer detaljerad beskrivning av hur utrustning är konstruerad så att de problem som följer på förväntade händelser (störningar) som bedöms kunna inträffa under anläggningens drift kan åtgärdas. Även en mer detaljerad plan för hantering och strålskärning vid ej förväntade/osannolika händelser (missöden) behöver tas fram.
- Redovisa en analys och program för hantering av oförutsedda och avvikande händelser som skulle kunna påverka kärnämneskontrollen.

Sammanfattningsvis bedömer SSM, baserat på ovanstående, att SKB har förutsättningar att uppfylla grundläggande säkerhetsbestämmelser enligt 2 kap. 1 § SSMFS 2008:1 om djupförsvar i tillräcklig omfattning i detta skede av den stegvisa prövningen.

Om fysiskt skydd

SSM har granskat SKB:s redovisning av slutförvarsanläggningen utifrån aspekter kopplade till fysiskt skydd. SSM noterar att SKB redovisar en preliminär plan för fysiskt skydd. SKB:s redovisning innehåller uppgifter om principer för utformning av anläggningens fysiska skydd, analyser om barriärens förmåga att förhindra obehörigt intrång och sabotage samt uppgifter om kompetensen inom fysiskt skydd. SSM anser att redovisningen är en rimlig ansats för SKB:s grundläggande tillståndsansökan i detta skede av den stegvisa prövningen.

SSM bedömer utifrån detta att SKB har förutsättningar att uppfylla grundläggande säkerhetsbestämmelser enligt 2 kap. 11 § SSMFS 2008:1 om fysiskt skydd genom att de preliminära planer som finns för fysiskt skydd innehåller det som förväntas vid denna tidpunkt och att en rimlig handlingsväg framåt är utpekad. I denna bedömning beaktar SSM även resultatet från granskningen avseende nukleär icke-spridning, transporter samt informations- och IT-säkerhet.

Om beredskap mot haverier

SSM har granskat SKB:s redovisning om slutförvarsanläggningen utifrån aspekter kopplade till beredskap mot haverier. SSM bedömer att SKB har förutsättningar att uppfylla kraven i SSMFS 2014:2. Myndigheten bedömer att SKB:s redovisning av de grundläggande principerna och ambitionsnivå vad gäller beredskap vid anläggningen är rimliga i detta skede.

Bedömning av ansökansunderlaget i dess helhet

Sammanfattningsvis konstaterar SSM att beredningen av SKB:s ansökan enligt kärntekniklagen visat att kraven på säkerhet, strålskydd, fysiskt skydd och nukleär icke-spridning enligt kärntekniklagen (1984:3) och strålskyddslagen (1988:220) kan förväntas bli uppfyllda avseende uppförande och drift av slutförvarsanläggningen.

Denna bedömning förutsätter att SKB i kommande steg åtgärdar de brister och beaktar de förbättringsförslag på redovisning som SSM identifierat i myndighetens granskning.



3.3.2 Bedömning av säkerhetsanalysen SR-Site (strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning)

En viktig del i SKB:s ansökan om att få uppföra, inneha och driva ett slutförvar för använt kärnbränsle är säkerhetsredovisningen och specifikt säkerhetsanalysen för tiden efter slutlig förslutning av slutförvaret. Säkerhetsanalysen som har bifogats ansökan benämns bilaga SR-Site (SKB SR-Site huvudrapport, 2011).

Av 9 § SSMFS 2008:21 framgår att en säkerhetsanalys för tiden efter förslutning ska omfatta förhållanden, händelser och processer vilka kan leda till spridning av radioaktiva ämnen efter förslutning. Metoderna för analysen ska redovisas med hänsyn till det passiva systemet av barriärer och dess utveckling med tiden. Relevanta scenarier för händelseförlopp och förhållanden som kan påverka den framtida utvecklingen av slutförvaret ska redovisas. Därutöver ska tillämpbarheten för modellerna som används i säkerhetsanalysen redovisas så långt som rimligen möjligt. En betydelsefull del av säkerhetsanalysmetodiken är hanteringen av osäkerheter. Detta innefattar redovisning av hur osäkerheter kring barriärfunktioner, scenarier, beräkningsmodeller och parametrar har hanterats, samt kring deras betydelse för konsekvensanalysen och slutförvarets skyddsförmåga. Säkerhetsanalysen ska omfatta beskrivningar av utvecklingen av biosfären, geosfären och slutförvaret för de valda scenarierna för händelseförlopp och förhållanden som kan påverka den framtida utvecklingen av slutförvaret.

Det använda kärnbränslets farlighet på grund av dess innehåll av radioaktiva ämnen består över mycket långa tider samtidigt som radioaktiviteten successivt klingar av. Detta behöver vid analysen av slutförvarets skyddsförmåga beaktas och särskilda krav gäller för den första tidsperioden fram till 1000 år efter förslutningen för vilken tillämpning av kvantitativa analyser av skadliga effekter av joniserande strålning på människors hälsa och miljön ska genomföras. För tiden efter 1000 år ska bedömningen av slutförvarets skyddsförmåga baseras på olika tänkbara förlopp för utvecklingen av slutförvarets egenskaper, dess omgivning och biosfären. För tider längre än 100 000 år kan säkerhetsanalysens resultat succesivt betraktas mer som en illustration av slutförvarets skyddsförmåga givet de tillämpade antaganden som beräkningarna av konsekvensen för utsläpp av radioaktiva ämnen baseras på. Resultaten från analyser för dessa långa tider efter förslutningen bör utnyttjas för att förbättra slutförvarets skyddsförmåga.

I detta avsnitt redogörs för SSM:s övergripande bedömning av SR-Site utifrån de detaljerade granskningarna i SSM:s granskningsrapport för strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning (SSM2011-1135-17). Fokus ligger på säkerhetsanalysens syfte och dess olika delars betydelse för att uppnå syftet.

Mot denna bakgrund kan det noteras att OECD:s kärnenergibyrå NEA på begäran av regeringen genomförde en så kallad internationell peer review av SR-Site. Enligt överenskommelsen med NEA syftade granskningen till att ge regeringen ett ställningstagande från ett internationellt perspektiv om tillräckligheten och trovärdigheten av SKB:s redovisning av säkerheten efter förslutning. NEA skapade en granskningsgrupp med 10 experter från olika medlemsländer som genomförde granskningsuppdraget. Utgångspunkt var SR-Site huvudrapporten, den platsbeskrivande modelleringen samt ytterligare stödjande dokument. Under granskningen svarade SKB vid flera tillfällen på frågor från gruppen och det anordnades ett möte där experterna kunde ställa frågor till SKB. Sommaren 2012 presenterade NEA sin slutrapport med synpunkter på SKB:s ansökan (NEA, 2012). NEA:s granskningsprojekt utgör inte en del av SSM:s beredningsärende men myndigheten har tagit del av resultaten (inklusive SKB:s svar på granskningsgruppens frågor) som en del av underlaget till myndighetens egen granskning av tekniska och vetenskapliga frågor.



Säkerhetsanalysens syfte

Det huvudsakliga syftet med SKB:s säkerhetsanalys är att visa att det föreslagna slutförvaret inte innebär oacceptabla risker för skador på människors hälsa samt att det upprätthåller skydd av miljön, baserat på de krav som SSM har definierat i sina föreskrifter. Därutöver syftar analysen till att visa på en grundläggande förståelse för slutförvarets funktioner och olika komponenters betydelse i olika tidsperspektiv. Utifrån denna förståelse ska sedan krav på slutförvarets detaljerade funktioner och egenskaper i slutförvarsmiljön identifieras och formuleras. I och med detta stegvisa arbete blir framtagandet av säkerhetsanalysen en iterativ process, i vilken resultaten från en tidigare säkerhetsanalys bidrar till att förbättra underlaget för nästa analys med avseende på slutförvarets konstruktion, framtagning av scenarier och genomförande av ytterligare säkerhetsanalysberäkningar. Framtagning av säkerhetsanalysen SR-Site bygger exempelvis till stor del på resultat från den tidigare säkerhetsanalysen SR-Can från 2006 (SKB TR-06-09), som i sin tur bygger på säkerhetsanalysen SR-97 från 1999 (SKB TR-99-06).

SSM bedömer att SKB med SR-Site har presenterat en säkerhetsanalys som för detta steg i prövningsprocessen uppfyller ovanstående syfte och som möjliggör en bedömning av om det planerade slutförvaret i kommande steg i SKB:s program har förutsättningar att uppfylla myndighetens krav på skydd av framtida människors hälsa och miljön. SSM anser även att SR-Site återspeglar en godtagbar grundläggande förståelse för slutförvarets funktioner som erfordras för framtagning av mera förfinade konstruktionsstyrande fall och konstruktionsförutsättningar för barriärernas komponenter inför kommande steg i slutförvarsprogrammet. SSM:s bedömningar kring förståelsen av slutförvarets funktioner återfinns i myndighetens granskningsrapport (SSM2011-1135-17).

Säkerhetsanalysens metodik

För att en säkerhetsanalys ska uppnå en godtagbar tillförlitlighet och omfattning krävs att den följer en metodik som ger tillförlitliga resultat som kan bedömas i förhållande till tillämpliga författningskrav. Metodikens betydelse speglas av att det finns särskilda krav på analysmetoder i SSM:s föreskrifter och att det ges relativt utförliga allmänna råd om hur säkerhetsanalysen bör utformas.

Identifiering, klassificering och utvärdering av osäkerheter

En viktig aspekt under tidiga faser av ett slutförvarsprogram är att det oundvikligen finns osäkerheter kring slutförvarets initialtillstånd som avser tidpunkten då kopparkapslarna har deponerats och deponeringstunnlar har förslutits. Initialtillståndet har en stor betydelse för slutförvarets utveckling över de långa tidsperioder på en miljon år som SR-Site avhandlar. Vissa av osäkerheterna som är förknippade med initialtillståndet kopplar till att information från den färdigställda anläggningen med den slutliga detaljutformningen inte kan finnas tillgängligt i detta steg av processen. Osäkerheter kopplade till initialtillståndet minskar i takt med att utformningens detaljeringsgrad ökar, samt i samband med uppförande och att detaljundersökningar av berget genomförs. Vid en bedömning av en uppdaterad säkerhetsanalys, som ska godkännas innan antingen provdrift eller rutinmässig drift påbörjas, kan dessa osäkerheter till stor del elimineras eller minskas. En annan typ av osäkerhet avser utvecklingen efter förslutningen av slutförvarets delar samt återstående osäkerheter kring initialtillståndet som kan komma att kvarstå även efter att anläggningen har uppförts. Det ingår i säkerhetsanalysens syfte att beakta och utvärdera effekterna av dessa båda typer av osäkerheter.

Osäkerheter kan klassificeras på olika sätt och SSM har i de allmänna råden till SSMFS 2008:21 föreslagit att osäkerheter som förknippas med scenarier, systemet, modeller, parametrar och dess rumsliga variation bör identifieras och adresseras i analysen.

SSM konstaterar att SKB exempelvis har utvärderat osäkerheter i samband med

- platsmodellering (SKB TR-08-05, SKB R-08-82)
- framtagning av data till säkerhetsanalysberäkningar (SKB TR-10-52)
- analyser av systemets utveckling baserat på s.k. FEP-analys ("Features, Events, Processes") (SKB TR-10-45) och processförståelse (SKB TR-10-12, SKB TR-10-46, SKB TR-10-47, SKB TR-10-48, SKB TR-10-49)
- modeller som används i säkerhetsanalysen (SKB TR-10-51)
- genomförande av känslighetsanalyser och modellering av beräkningsfall (exempelvis SKB TR-10-50, SKB TR-10-66, SKB R-09-22).

SSM godtar till stora delar SKB:s analyser och argumentation i SR-Site, men gör i vissa fall andra bedömningar. Dessa bedömningar och SSM:s åtföljande krav eller rekommendationer på SKB:s framtida program återfinns ämnesvis för olika tidsskalor i myndighetens granskningsrapport (SSM2011-1135-17). På en övergripande nivå bedömer SSM att SKB:s utvärdering av olika typer av osäkerheter i SR-Site är tillräckligt utförlig och har genomförts på ett godtagbart sätt. För vissa resterande frågor kan SKB genom att beakta SSM:s rekommendationer ta fram ett tillräckligt underlag för den uppdaterade säkerhetsredovisningen som krävs för kommande steg i SKB:s program.

Arbetsätt för hantering av osäkerheter i säkerhetsanalysen

För att kunna genomföra en säkerhetsanalys krävs ett omfattande underlag. Ett vanligt förekommande förenklat arbetsätt inom säkerhetsanalys är dock att göra konservativa eller pessimistiska antaganden för att undvika långtgående arbeten med att ta fram ett dataunderlag och modelleringsunderlag som realistiskt återspeglar en bästa uppskattning av det verkliga systemets egenskaper och utveckling. Dessa förenklade analyser möjliggör i många fall en effektiv indirekt hantering av osäkerheter i systemet. En värdering av analysresultat mot bakgrund av SKB:s egna funktionskrav eller SSM:s föreskriftskrav kan i många fall göras utan tillgång till bästa uppskattningar av alla ingående parametrar. I viss mån kan det iterativa säkerhetsanalysarbetet därmed betraktas som en passningsräkning där mer detaljerat underlag tas fram när det behövs för att de konservativa inslagen inte ska bli så stora att en uppfyllelse av föreskriftskraven inte kan påvisas. En grundförutsättning för denna modelleringsstrategi är att det föreslagna systemet i sin helhet är lämpligt utformat och har goda förutsättningar att uppfylla alla relevanta krav.

Inom SSM:s tillämpliga föreskrifter finns utöver riskkriteriet exempelvis krav på att visa barriärsystemets tålighet, samt tillämpning av optimering och bästa möjliga teknik. I dessa sammanhang kan dock en tillämpning av konservativa antaganden försvåra bedömningen av hur olika barriärer och barriärfunktioner bidrar till slutförvarets skyddsförmåga. En avsaknad av detaljerad förståelse eller kvantifiering av viktiga processer kan också leda till att inte alla relevanta kopplingar i det komplexa systemet identifieras och utvärderas. Det gäller till exempel påverkan mellan olika systemkomponenter samt samverkande interna och externa processer. Det är således viktigt att avväga tillämpningen av konservativa antaganden i förhållande till aktuella syften med att beskriva systemet och hur detta påverkar framtagande av bästa uppskattningar med hjälp av tillgänglig data.

SSM har i granskningen av SR-Site gjort bedömningar av SKB:s antaganden och parameterintervall med en hög detaljeringsnivå. För vissa delar av analysen har SSM eller dess externa experter genomfört egna modellstudier för att få ett utförligare underlag för bedömning av SKB:s antaganden och tolkningar av resultat. Generellt sett anser SSM att SKB har gjort rimliga avvägningar mellan användning av konservativa förenklade antaganden och användning av detaljerade modellstudier för att få fram parametrar och underlag för riskanalysen. SKB har lagt ner ett mycket omfattande arbete med att ta fram data till den platsbeskrivande modelleringen (SKB TR-08-05). Data som tillämpas i säkerhetsanalysberäkningar värderas också i den så kallade datarapporten (SKB TR-10-



52). I vissa fall bedömer SSM att SKB har lagt för stor vikt vid konservativa antaganden och parameterintervall. Mer realistiska utvärderingar efterfrågas för kommande steg i programmet, bland annat för att förbättra precision och tillförlitlighet vid analys av barriärer och barriärfunktioner, samt vid utvärdering av deras relativa betydelse. SKB kan i några fall även ha använt en detaljeringsgrad som kan förefalla vara högre än vad förhållandena kräver. SSM inser dock att det på förhand kan vara svårt att definiera en ändamålsenlig detaljeringsgrad och att en anpassning av olika typer av analyser behöver ske fortlöpande under ett iterativt säkerhetsanalyserarbete.

Som ett exempel på behov av en större grad av realism kan nämnas SKB:s beräkningar av buffererosionstider och utvärdering av buffererosionens effekter på kapselkorrosion. SSM anser att beräkningarna av tider tills advektiva förhållanden uppnås i berörda deponeringshål har baserats på en rad förenklade och konservativa antaganden som inte speglar betydelsen av denna buffertprocess för analysen. Normalt sett sker transport av lösta ämnen i deponeringshålen med långsam diffusion tack vare buffertens funktion, men efter omfattande buffererosion kan transport av lösta ämnen istället ske med betydligt snabbare advektion. Pessimistiska eller gränssättande antaganden med avseende på buffertens skyddsförmåga förenklar analysen av buffertens utveckling men innebär samtidigt att konceptuella antaganden kring kapselns förväntade utveckling i samband med korrosionsprocesser istället får en större betydelse. SSM har identifierat ett flertal frågeställningar kopplade till SKB:s presentation av processer som inverkar på kapselns integritet. Att det läggs stor vikt vid kapselns långsiktiga skyddsförmåga i förhållande till buffertens försvårar delvis en helhetsbedömning av barriärssystemets robusthet. Därutöver försvåras en optimering av slutförvarets säkerhetsfunktioner om utvecklingen av en teknisk barriär baseras på bästa uppskattningar och en annan med medvetet pessimistiska skattningar.

Kvalitetssäkring av säkerhetsanalyserarbetet är viktigt för att säkerställa att resultaten är tillförlitliga. SSM har med hjälp av externa experter undersökt SKB:s arbete gällande kvalitetssäkring på en övergripande nivå samt för vissa av SKB:s experiment med kopparkapseln och den hydrogeologiska modelleringen (SSM Technical Note 2012:35, 2012:36, 2014:46, 2015:29). SSM konstaterar mot bakgrund av dessa resultat att SKB:s kvalitetssäkring överlag är ändamålsenlig och håller en lämplig nivå. SSM konstaterar att kvalitetssäkring är ett fortlöpande arbete som SKB behöver vidareutveckla på en nivå som avspeglar de olika arbetsmomentens betydelse för slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet.

Scenarioanalys

Som en del av säkerhetsanalysen behöver ett antal olika scenarier belysas. Bland dessa behöver ett huvudscenario återspegla den mest troliga utvecklingen av de yttre betingelserna medan mindre sannolika scenarier behöver användas för att belysa alternativa händelser och tidsförlopp samt osäkerheter som inte behandlas inom huvudscenariot. Restscenarier ingår inte i riskberäkningen men behöver belysa enskilda barriärers betydelse i barriärssystemet och innefatta fall som belyser effekter av oavsiktlig framtida mänsklig påverkan på slutförvaret.

En central fråga är hur scenarierna identifieras och definieras, eftersom detta i en förlängning påverkar säkerhetsanalysens fullständighet och tillförlitlighet. SKB utgår från slutförvarets referensutveckling för att definiera huvudscenariot. För definitionen av de mindre sannolika scenarierna utgår SKB från de två huvudsakliga barriärfunktionerna inneslutning och fördröjning som delas upp i ett antal säkerhetsfunktioner för barriärerna som slutförvarssystemet förväntas kunna upprätthålla under en viss tid, dvs. för kapseln, bufferten, återfyllnaden, pluggar, förslutning och berget (SKB SR-Site huvudrapport, 2011; figur 8-2 och 8-3). För varje säkerhetsfunktion för kopparkapseln och bufferten utvärderar SKB vilka egenskaper, händelser och processer, s.k. FEP ("Features, Events,

Processes”) som skulle kunna leda till att säkerhetsfunktionerna inte upprätthålls givet osäkerheter i initialtillståndet och osäkerheter kring vissa processer och händelser. Utifrån dessa skeenden definieras sedan scenarierna. SKB beaktar därvid även vissa osäkerheter och mindre sannolika FEP som inte ingår i huvudscenariot. Efter att ha utvärderat ytterligare scenarier förutom huvudscenariot tar SKB ställning till om dessa ska betraktas som mindre sannolika med en viss sannolikhet att inträffa eller som restsценarier med försumbar sannolikhet att inträffa.

SSM konstaterar att SKB:s användning av referensutvecklingen respektive säkerhetsfunktioner för att identifiera scenarier ligger i linje med internationell praxis. Myndigheten bedömer detta tillvägagångssätt som lämpligt och förenligt med tillämpliga föreskriftskrav. SSM anser dock att val av scenarier och definition av säkerhetsfunktioner behöver kompletteras och utökas i kommande steg av slutförvarsprogrammet för att på ett mer effektivt sätt utnyttja scenariometodik för att illustrera och utvärdera slutförvarets tålighet samt identifiera åtgärder för att säkerställa och förbättra skyddsförmågan. Detta gäller i synnerhet sådana processer och processkombinationer som möjligen skulle kunna ge upphov till förhållandevis tidiga utsläpp av radioaktiva ämnen. Denna typ av processer har SKB beaktat inom FEP-hantering och processbeskrivningar men ännu inte fullt ut inom scenariometodiken. SSM anser att definitionen av säkerhetsfunktioner och scenarier i vissa fall är berättigade för att skapa förståelse för vissa processer och händelser som hittills har hanterats utanför scenarioanalysen. Scenarier utgör en utgångspunkt för definition av relevanta konstruktionsstyrande fall och konstruktionsförutsättningar, vilka i sin tur används för att specificera krav på slutförvarskomponenter. Åtgärder för att minimera risken i samband med potentiella felfunktioner kan därmed förtydligas.

Återkoppling till konstruktion och det framtida programmet

Med utgångspunkt från de scenarier som visar sig vara särskilt viktiga från risksynpunkt har SKB tagit fram ett antal konstruktionsstyrande fall. Dessa fall har tillsammans med kunskap om tillverkningsteknik, genomförbarhet och kontrollerbarhet använts för att på ett systematiskt sätt underbygga konstruktionsförutsättningar såsom krav på barriäregenskaper. SSM bedömer att detta tillvägagångssätt är lämpligt och att konstruktionsförutsättningarna generellt sett är väl underbyggda. SSM noterar dock att vissa förutsättningar inte är kopplade till kvantitativa krav som det är klarlagt hur de kan verifieras i relevanta skeden av uppförande och driftsfaser. SSM anser att SKB i kommande steg behöver förtydliga utvärdering av kvantitativa och verifierbara krav.

SKB har definierat en referensutförning som har förutsättningar att uppfylla konstruktionsförutsättningarna. Denna referensutförning är inte detaljprojekterad men SSM bedömer att den är väl beskriven och tillräckligt specifik för att utgöra en grund för SKB:s säkerhetsanalysberäkningar. Inom ramen för fortsatt stegvis prövning kommer dock SKB inom detaljprojekteringen behöva fastställa acceptanskriterier, konstruktionslösningar, materialval och slutförvarsutförning med en högre detaljeringsgrad. Det sistnämnda avser exempelvis detaljerade geometriska toleranser för olika komponenter och acceptabla haltintervall hos tillförda material.

Slutförvarsutförningen är grundläggande för att kunna utvärdera kravuppfyllelse och av vikt för optimering med avseende på skyddsförmågan. SSM anser exempelvis att en ytterligare precisering av förvarsdjup är en utformningsfråga som behöver optimeras med hjälp av ytterligare information under en kommande uppförandefas. Ett annat viktigt exempel som SKB betonar är möjligheten att undvika ofördelaktiga deponeringspositioner med hänsyn till höga grundvattenflöden och stora sprickor med potential för betydande skjuvrörelser tvärs över deponeringshålen. SSM konstaterar att dessa typer av optimering behöver vidareutvecklas.



SKB redovisar i SR-Site hur resultaten behöver beaktas för återkopplingen till SKB:s planerade framtida program. Detta avser uppdatering av konstruktionsförutsättningarna och återkoppling till det fortsatta Fud-programmet (forsknings- utvecklings- och demonstrationsprogrammet). SSM anser att detta förfarande utgör en förutsättning för att kunna uppföra och driva en slutförvarsanläggning som har förutsättningar att uppfylla SSM:s föreskriftskrav. En annan viktig återkoppling för SKB är resultat från SSM:s granskning som redovisas i myndighetens granskningsrapporter. SSM noterar att SKB har beaktat många av de synpunkter som SSM:s föregångare SKI och SSI framförde i samband med granskningen av SR-Can.

Slutförvarets förläggingsplats och initialtillstånd

En grundförutsättning för säkerhetsanalysen är kännedom om förläggingsplatsens egenskaper. SKB har genomfört omfattande platsundersökningar vid Forsmark i Östhammars kommun och vid Laxemar/Simpevarpområdet i Oskarshamns kommun. Resultaten har använts för att underbygga valet av plats och för att skapa ett dataunderlag för säkerhetsanalysen. SSM och dess föregångare bevakade platsundersöknings- och platsmodelleringsarbetet inom ramen för Fud-processen (SSM2011-1135-18, del 2 avsnitt 4 Val av plats slutförvar). SSM:s slutsats är att den platsbeskrivande modellen utgör ett fullgott underlag för SR-Site. SSM har i granskningen uppmärksammat områden som särskilt bör beaktas vid framtida detaljundersökningar för att förbättra den platsbeskrivande modellen inför framtida säkerhetsanalyser. SSM anser även att det är av stor vikt att SKB tar fram ett utförligt program för detaljundersökningar i samband med uppförandefasen. Med tanke på att byggnadsarbetet löper parallellt med undersökningarna anser SSM att SKB behöver säkerställa att kraven som säkerhetsanalysen ställer på utförande och detaljundersökningar kan uppfyllas.

SSM bedömer att förutsättningarna på platsen i allmänhet är goda för att uppföra ett långsiktigt säkert slutförvar. En beskrivning av granskningen och SSM:s bedömningar återfinns i myndighetens granskningsrapport (SSM2011-1135-17).

Utgångspunkten för analysen av slutförvarets långsiktiga utveckling är det tillstånd som råder när deponeringstunnlarna har förslutits, det så kallade initialtillståndet. Det finns av förklarliga skäl osäkerheter kring hur väl den slutliga förvarsutformningen kommer att motsvara referensutformningen som ligger till grund för SR-Site. Detta gäller både de fastställda konstruktionslösningarna och hur väl dessa sedan kan implementeras i slutförvarsanläggningen. SSM konstaterar att den stegvisa processen medger utrymme för en successivt ökad detaljeringsgrad av konstruktionslösningarna och att mer information efter hand kommer att finnas tillgänglig för säkerhetsanalysen. Samtidigt är det viktigt att osäkerheter i nuvarande steg är belysta på ett lämpligt sätt i analysen.

SSM bedömer att SKB:s redovisade initialtillstånd bygger på en rimligt detaljerad referensutformning och att SKB har belyst osäkerheter i initialtillståndet. Detta sker exempelvis genom analys av ett restscenario med initiala defekter i kapseln eller genom att redovisa beräkningsfall med förutsättningen att utförandet inte motsvarar referensutformningen. Ett sådant beräkningsfall är antagandet av avsaknad av en eller flera buffertringar, och ett annat att vissa kriterier för bortval av deponeringspositioner bortses ifrån. SSM bedömer dock att SKB i de scenarier som ingår i riskutvärderingen bör utveckla analyserna av sannolikheter för tillverkningsfel eller mänskliga fel under utförandet som leder till avsteg från referensutformningen. Exempelvis ställer SKB höga krav på materialegenskaper och detektion av defekter i insatsen genom oförstörande provning, samtidigt som det finns vissa frågetecken kring om samtliga föreslagna tillverknings- och provningsmoment är fullt genomförbara under driftförhållanden. SSM bedömer att SKB inte fullständigt har redovisat att tillverkningstekniken medför en spridning i vissa materialegenskaper. SSM bedömer vidare att SKB dels behöver fastställa



och motivera materialkrav för insatsen och kapseln, dels behöver kunna säkerställa att samtliga kvalitetskrav kan uppnås i kommande steg i SKB:s program.

Referensutvecklingen

Huvudscenariot bör enligt de allmänna råden till SSMFS 2008:21 utgå från den troliga utvecklingen av yttre betingelser samt realistiska, eller där det är motiverat konservativa, antaganden om de inre betingelserna. Det bör omfatta framtida yttre händelser som har hög sannolikhet att inträffa under den tidsrymd som analysen avser. Huvudscenariot bör vidare innefatta antaganden om förekomst av tillverkningsfel och andra ofullkomligheter. För att underbygga huvudscenariot bör därför den troliga långtidsutvecklingen av slutförvaret definieras med detaljerade beskrivningar av olika komponenters utveckling utifrån de antagna yttre betingelserna. SKB definierar en sådan utveckling och benämner den referensutvecklingen i SR-Site.

Yttre betingelser som den långsiktiga klimatutvecklingen kan avsevärt påverka slutförvarets utveckling. SKB delar upp analysen av referensutvecklingen utifrån tre klimattillstånd: den inledande tempererade fasen som antas pågå i 1000-tals år, den återstående delen av glaciationscykeln definierat utifrån Weichsel-istiden samt därefter efterföljande postulerade glaciationscykler. SKB antar även en alternativ klimatutveckling som inbegriper en postulerad långsiktig effekt av global uppvärmning. SKB belyser även bygg- och driftsskedet som en särskild tidsperiod men denna period beaktas sedan inte uttryckligen i den inledande tempererade fasen.

SSM bedömer att SKB:s indelning i tidperioder för analysen av referensutvecklingen återspeglar de olika yttre betingelsernas betydelse för slutförvaret på ett lämpligt sätt. SSM:s föreskrifter kräver mer detaljerade analyser för de första 1000 åren och i allmänna råden till SSMFS 2008:37 anges att en strikt jämförelse av riskberäkningsresultat mot riskkriteriet inte är meningsfull för tider efter ca 100 000 år. SSM har därför fäst särskilt stor betydelse vid dessa två tidsrymder inom sin granskning, vilka beskrivs utförligt i myndighetens granskningsrapport (SSM2011-1135-17). SSM anser att SKB även fortsättningsvis behöver anpassa indelningen av referensutvecklingen så att de första 1000 åren ges en större tyngd.

SKB analyserar flertalet processer fram till en miljon år baserat på en förutsatt upprepning av identiska glaciationscykler. SSM konstaterar att användning av upprepade glaciationscykler är konsekvent med SSM:s allmänna råd. SSM bedömer dock att SKB i sin presentation av beräkningsresultat för tiden mellan 100 000 år och fram till en miljon år har lagt väl stor vikt vid exakta resultat från kvantitativa beräkningar inklusive risk/dos-uppskattningar. SKB bör därför utförligare redogöra för systemosäkerheter och konceptuella osäkerheter för dessa mycket långa tidsrymder i samband med tolkning av resultat från riskberäkningar. I enlighet med de allmänna råden till SSMFS 2008:37 betraktar SSM redovisningen för tiderna efter 100 000 år mer som en illustration av slutförvarets skyddsförmåga givet antagna förutsättningar. Analysen för dessa mycket långa tidsrymder behöver syfta till att identifiera och överväga olika alternativa möjligheter till att förbättra slutförvarets skyddsförmåga.

SKB presenterar en detaljerad analys av referensutvecklingen med hänvisningar till ett mycket omfattande underlag. SSM har genomfört en utförlig granskning av detta underlag, delvis med hjälp av externa experter. SSM bedömer att referensutvecklingen är framtagen i linje med rekommendationerna i allmänna råden till SSMFS 2008:21. SSM bedömer vidare att SKB:s analyser av referensutvecklingen till största delen ger trovärdiga och tillförlitliga resultat. I kapitel 4-6 i myndighetens särskilda granskningsrapport för strålsäkerhet efter förslutning (SSM2011-1135-17) ges dock rekommendationer kring hur



kunskapsunderlaget och analyserna för olika teknik- och vetenskapsområden kan förbättras i kommande steg i slutförvarsprogrammet.

SSM anser att ytterligare arbete krävs i kommande steg med avseende på i synnerhet beskrivningen av buffertens och kapselns utveckling under omättade buffertförhållanden. Detta eftersom SSM anser att långsamma återmättnadsförlopp delvis försvårar analysen av barriärernas utveckling under de första 1000 åren och ökar betydelsen av vissa typer av processer som bidrar till slutförvarsutvecklingens komplexitet, exempelvis förekomst av gasfas, långsam uppbyggnad av buffertens svälltryck och möjlig negativ påverkan i samband med kopparhöljets deformation. Analysens resultat bör i tillämplig grad återkopplas till konstruktionsförutsättningarna och referensutformningen.

Konsekvensanalys och scenarioutvärdering

SSM:s föreskrifter ställer krav på att risk för skador på människors hälsa och miljön ska vara starkt begränsad. Konsekvenser av att barriärsystemets inneslutande förmåga går förlorad behöver analyseras. Skyddet av människors hälsa bedöms med utgångspunkt från medelårsrisken under en livstid för en representativ individ i den grupp som utsätts för den största risken. Den beräknade risken kan uppskattas utifrån en faktor för omvandling av effektiv stråldos till risk. Denna faktor har av ICRP beräknats vara 7,3 procent per Sievert (ICRP, 1991).

För att kunna beräkna konsekvenserna krävs att det finns en förståelse för under vilka omständigheter inneslutningsförmågan kan gå förlorad. Denna förståelse baseras på underlaget för val av scenarier och de definierade scenarierna utgör en utgångspunkt för beräkningsfallen inom konsekvensanalysen. SKB beaktar spridning av radioaktiva ämnen i scenarier med kapselbrott till följd av korrosion och skjuvlast, samt hypotetiska scenarier med tänkta bortfall av barriärfunktioner för att belysa systemets robusthet.

SKB baserar konsekvensanalysberäkningarna på beräkningar av radionuklidtransport inom slutförvarets när- och fjärrområde. SKB beräknar punkter där radionukliderna lämnar geosfären och övergår till biosfären med hjälp av partikelspårning som genomförs som en del av hydrogeologiska beräkningar. Beräkningar av dos för ett enhetsutsläpp från geosfären beräknas genom modellering av transport inom biosfären som resulterar i så kallade landskapsspecifika doskonverteringsfaktorer (LDF). Biosfären delas in i relevanta biosfärsobjekt som är knutna till varandra genom ytnära vattenflöden. Beräkningarna utgår från dagens levnadsförhållanden i enlighet med rekommendationerna i allmänna råden till SSMFS 2008:37. Biosfärens utveckling med tiden påverkas i synnerhet av landhöjningen i Forsmarksområdet.

SSM har genomfört omfattande egen modellering och har anlitat ett flertal externa experter för att bedöma SKB:s konsekvensanalysberäkningar. SSM har också granskat SKB:s konsekvensanalysmetodik, modeller, indata, LDF-värden och SKB:s beräknade resultat för de scenarier som har definierats i säkerhetsanalysen. SSM bedömer att SKB:s modeller för radionuklidtransport i när- och fjärrområdet är väl utvecklade och av samma typ och detaljeringsgrad som används internationellt i liknande sammanhang. SSM är positiv till att SKB använder alternativa modeller för att utvärdera beräkningsresultat från mera komplexa modeller. SSM bedömer att de grundläggande elementen i SKB:s metodik för biosfärsmodellering och dosberäkning är förenliga med internationella riktlinjer för biosfärsmodellering, men att modelleringens komplexitet i viss utsträckning bidrar till att försvåra granskning av spårbarhet och kvalitetssäkring. Beträffande indata till beräkningarna bedömer SSM att underlaget överlag är acceptabelt. SSM bedömer att bränsleupplösningshastighet kan anses vara grundligt utredd och rimligt välmotiverad. Samtidigt är det en av de mest betydelsefulla parametrarna i konsekvensanalysen och



SSM anser därför att behov av vidareutveckling kvarstår att hantera i kommande steg av SKB:s slutförvarsprogram.

För att belysa effekter av framtida mänskliga handlingar i närheten av slutförvaret och oavsiktligt intrång bör ett antal scenarier definieras och utvärderas i enlighet med rekommendationer i de allmänna råden till SSMFS 2008:21 och SSMFS 2008:37. SKB har redovisat en uppsättning av scenarier av denna typ som bedöms vara lämpligt utformade och rimligt heltäckande.

SSM bedömer att SKB:s analyser av de tekniska barriärernas beständighet som har genomförts inom ramen för huvudscenariot, liksom de tillhörande konsekvensanalysberäkningarna, behöver vidareutvecklas och ytterligare motiveras, bland annat baserat på myndighetens granskningskommentarer (SSM2011-1135-17). SSM anser dock att de hittills framtagna analyserna utgör en godtagbar grund för fortsatt arbete. Beträffande det mindre sannolika scenariot för kapselbrott på grund av jordskalv gör SSM en liknande bedömning även om SSM har vissa avvikande bedömningar bland annat med avseende på jordskalvsfrekvenser. Konsekvenserna av att bedömningarna delvis skiljer sig åt är dock inte av den karaktären att säkerhetsanalysens slutsatser påverkas på ett betydande sätt. SSM bedömer att risksummeringen i SR-Site har genomförts på ett lämpligt sätt och att SKB:s slutsatser med avseende på riskutspädningseffekter är rimliga. SKB bör för kommande steg av sitt program tillföra ett scenario för eventuellt tidiga kapselbrott i vilket rimligt sannolika processer som skulle kunna vara betydelsefulla utvärderas mot bakgrund av relevanta förhållanden i slutförvarsmiljön.

Förutom skydd av människors hälsa ställer SSM krav på skydd av miljön. SSM bedömer att SKB:s utvärdering av konsekvenser för organismer i ekosystem är godtagbar.

I SKB:s redovisning bör det ingå en analys som visar att kriticitet inte kan förekomma för bränslets ursprungliga konfiguration eller efter en möjlig omkonfigurering i samband med kapselbrott under slutförvarets långsiktiga utveckling. SKB konstaterar, baserat på en kriticitetsanalys, att risken är försumbart låg. SSM anser att SKB i tillräcklig omfattning visat att konsekvenser av och sannolikhet för kriticitet är tillräckligt låga givet de åtgärder som SKB föreslår för att minimera/eliminera förutsättningarna för kriticitet.

Säkerhetsanalysens helhet

SSM konstaterar att SKB har genomfört ett omfattande säkerhetsanalysarbete med en generellt hög kvalitetsnivå. SR-Site har utgått från resultaten från SKB:s tidigare säkerhetsanalys SR-Can, som var den första som baserades på resultat från platsundersökningarna i Forsmark. SSM drar slutsatsen att SKB överlag har beaktat synpunkter som kom fram vid granskningen av den tidigare säkerhetsanalysen. SSM anser att denna form av iterativt säkerhetsanalysarbete ger förutsättningar för att ta fram en vidareutvecklad och förbättrad analys som behöver presenteras i samband med den preliminära säkerhetsredovisningen (PSAR). Denna redovisning ska ge ett erforderligt underlag för ansökan att påbörja anläggningens uppförande.

Som SSM redovisar i samband med granskning av platsvalet (avsnitt 3.1.2 ovan) bedömer myndigheten att Forsmark är en lämplig plats för ett slutförvar baserat på KBS-3-metoden. Det omfattande platsundersökningsarbetet som sammanfattas i den platsbeskrivande modellen av Forsmark bedöms utgöra ett tillförlitligt underlag för säkerhetsanalysen. De av SKB presenterade konstruktionsförutsättningarna och referensutförningen bedöms vara tillräckligt detaljerade för detta skede i den stegvisa prövningsprocessen. SSM anser också att SKB:s beskrivning av initialtillståndet är godtagbart, givet att underlaget som beskrivningen har baserats på kommer att utvecklas



under slutförvarets uppförandefas. Enligt myndighetens bedömning har SKB också utvecklat och tillämpat en lämplig metodik för sina säkerhetsanalyser.

SSM bedömer vidare att SKB:s utförliga utvärdering av referensutvecklingen ger förutsättningar för att identifiera relevanta scenarier. SSM bedömer dock att SKB i kommande scenarioanalyser behöver lägga mer tyngd på utvärderingen av tidiga faser i förvarets utveckling. SSM anser att SKB har presenterat godtagbara konsekvensanalysberäkningar.

SSM anser att SKB genom SR-Site etablerat en god förståelse för slutförvarets funktioner och egenskaper. SSM bedömer att KBS-3-konceptet och tillhörande redovisning i säkerhetsanalysen är tillräckligt moget för att kunna utgöra en tillförlitlig grund för de bedömningar som myndigheten har gjort kring kravuppfyllelse (se nedan).

3.3.3 Sammanvägd bedömning – strålsäkerhet efter förslutning

Beträffande den långsiktiga strålsäkerheten för ett slutförvar för använt kärnbränsle är de viktigaste föreskrifterna SSMFS 2008:21 om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall samt SSMFS 2008:37 om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall (se även avsnitt 2.1).

I bilaga A i denna rapport redogör SSM systematiskt för bedömningen av förutsättningar för kravuppfyllelse i förhållande till alla relevanta krav på slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet.

Utifrån sin granskning bedömer SSM att SKB har förutsättningar att uppfylla samtliga av SSM:s tillämpliga föreskriftskrav gällande långsiktig strålsäkerhet och slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle. Slutsatsen baseras på bedömningen att ett slutförvar för använt kärnbränsle, baserat på KBS-3-metoden som byggs vid Forsmark på cirka 500 m djup i berggrunden, kan utformas så att tillräcklig säkerhet och strålskydd efter slutlig förslutning kan uppnås. SKB:s säkerhetsanalys SR-Site med underliggande utredningar och kompletteringar till ansökan bedöms vara utförlig och ge ett för detta steg i prövningsprocessen tillräcklig belysning av frågeställningar av relevans för ett slutförvars långsiktiga skyddsförmåga. SKB:s program betraktas även rent generellt som tillräckligt långt gånget för att SSM ska kunna bedöma förutsättningar för kravuppfyllelse. Detta med tanke på genomförandet av ett forsknings- och utvecklingsarbete under flera årtionden, uppförandet av ett underjordslaboratorium vid Äspö, provtillverkning av fullskaliga slutförvarskomponenter samt analys av långsiktig strålsäkerhet inom ramen för preliminära säkerhetsanalyser även innan SR-Site.

SSM konstaterar även att användning av flera barriärer och barriärfunktioner, både hos de tekniska och hos den naturliga bergbarriären, innebär att slutförvarets skyddsförmåga baseras på flera principer och olika typer av argument för att motivera den långsiktiga strålsäkerheten. SSM anser att begränsning av omgivningskonsekvenser även vid tänkta bortfall av säkerhetsfunktioner och enskilda barriärer ger tilltro till att förvarssystemet som helhet är robust. SKB har genomfört analyser av fall med hypotetiska och långtgående bortfall av barriärer och säkerhetsfunktioner för individuella barriärer vilket ger en grundläggande förståelse för hur de olika barriärerna både ensamt och i samverkan med varandra bidrar till slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet. SSM anser även att SKB:s val av en plats med få vattenförande sprickor på förvarsdjup bidrar till systemets robusthet.

SSM:s granskning har identifierat behov av ytterligare insatser inom en rad olika områden för att ytterligare underbygga säkerhetsanalysen och förfina och optimera det föreslagna

slutförvarssystemet. Krav på ytterligare utredningar, vidareutveckling och optimering av slutförvaret motiveras med behov av beaktande av faktiska förhållanden på förvarsdjup, behov av en utökad och förfinad scenarioanalys samt behov av ytterligare utvecklingsarbete och forskning av relevans för de tekniska barriärernas skyddsförmåga. SSM kan konstatera att det, inom ramen för en stegvis prövning av ett så långsiktigt och komplext projekt som etablerandet av ett slutförvar för använt kärnbränsle, är oundvikligt att kvarstående frågeställningar och behov av ytterligare analyser identifieras efter varje prövningssteg. SKB har genomfört ett mycket omfattande forskningsprogram under lång tid men ytterligare forskning behövs, både under konstruktionsfasen och under slutförvarets hela driftperiod. Detta bland annat för att underbygga uppdaterade säkerhetsanalyser, ta vara på driftserfarenheter, genomföra fortsatt optimeringsarbete, samt att ta vara på tillkommande forskningsresultat i vetenskapssamhället i stort.

3.3.4 SSM:s slutsatser avseende SKB:s respektive yrkanden

Slutförvarsanläggning samt slutförvaring av använt kärnbränsle

SKB har i sin ansökan yrkat, *cit*at:

”Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) ansöker om tillstånd enligt lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet

1. att i Forsmark i Östhammars kommun, uppföra, inneha och driva en anläggning för slutförvaring av kärnämne, i huvudsak bestående av använt kärnbränsle, och därutöver kärnavfall¹⁰ från det svenska kärnkraftsprogrammet. Kärnämnet och avfallet specificeras [i presentation av tillståndsansökan] nedan.
2. att i anläggningen inneha, hantera, transportera, slutförvara och på annat sätt ta befattning med i punkten 1 angivet material.”

SSM anser att SKB genom underlaget till sin ansökan, i synnerhet säkerhetsredovisningen SR-Drift, har påvisat hur en slutförvarsanläggning enligt konceptet KBS-3V kan uppföras och drivas så att kraven på säkerhet, strålskydd, fysiskt skydd och nukleär icke-spridning enligt kärntekniklagen (1984:3) och strålskyddslagen (1988:220) kan förväntas bli uppfyllda. SSM anser även att säkerhetsredovisningen SR-Site med underlagsrapporter, inklusive den komplettering som har skett under prövningen, ger tillräckligt underlag för att kunna bedöma förutsättningar för ett KBS-3V slutförvar vid Forsmark att uppfylla samtliga av myndighetens tillämpliga föreskriftskrav gällande långsiktig strålsäkerhet i samband med det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle. SSM bedömer vidare att SKB har, från strålsäkerhetssynpunkt, iakttagit bestämmelserna i 2 kap. miljöbalken vid framtagandet och lokaliseringen av slutförvarsanläggningen och har tillämpat dem i den utsträckning som det kan anses rimligt att uppfylla dem.

Dessa bedömningar förutsätter att SKB i kommande prövningssteg beaktar de av SSM identifierade utvecklingsbehov för att ytterligare underbygga säkerhetsanalyserna och förfina och optimera det föreslagna slutförvarssystemet.

Miljökonsekvensbeskrivning

SKB har yrkat, *cit*at:

”(i) att upprättad miljökonsekvensbeskrivning (MKB) godkänns”

SSM bedömer att SKB:s miljökonsekvensbeskrivning, med kompletteringar och med stöd av annat material i underlaget till ansökan, påvisar och gör det möjligt att bedöma den

¹⁰ Konstruktionsmaterial i bränsleelementen

huvudsakliga påverkan av verksamheten på människors hälsa och miljön från strålsäkerhetssynpunkt. SSM anser därmed att miljökonsekvensbeskrivningen som bifogas SKB:s ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen kan godkännas.

Villkorsförslag

SKB har i sin ansökan yrkat, *citat*:

”(ii) att regeringen föreskriver följande villkor för tillståndet:

1. Anläggningen för slutförvaring av kärnämne enligt p. 1 ovan ska uppföras, innehas och drivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad som anges i ansökningshandlingarna.
2. SKB ska inför uppförandet av slutförvarsanläggningen till Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) redovisa hur frågor av betydelse för säkerheten och strålskyddet beaktas under uppförandet. Redovisningen ska godkännas av SSM innan uppförandet får påbörjas.
3. Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) får godkänna förändringar i den redovisade referensutformningen, till exempel förändringar i val av material och i ingående komponenters dimensioner, samt placering av kapslarna i berget.”

SSM bedömer att regeringen behöver föreskriva villkor för ett tillstånd i enlighet med SKB:s angivna punkter 1 och 2 ovan. Dessutom utvidgar SSM SKB:s andra punkt för att omfatta även senare skede i det etablerade förfarandet för stegvis prövning enligt kärntekniklagen som framgår av 4 kap. 2 § Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:1) om säkerhet i kärntekniska anläggningar. SSM:s bedömningar gäller för den angivna förläggningsplatsen vid Forsmark samt de mängder och typer av använt kärnbränsle som SKB angivit i slutförvarsansökan.

SSM instämmer i att frågor så som val av material, dimensioner av slutförvarets komponenter och även hur kapslarna placeras i berget kan komma att utvecklas under anläggningens uppförande- och driftfas. SSM konstaterar att utrymme behövs inom ramen för tillståndet för att SKB ska kunna fortsätta med optimering av anläggningens konstruktion och ta hänsyn till ny information avseende (t.ex.) faktiska förhållanden vid förvarsdjup samt resultat från fortsatt forsknings- och utvecklingsarbete.

SSM anser dock att myndighetens tillsynsmandat enligt kärntekniklagen, tillsammans med framtagna föreskrifter avseende återkommande helhetsbedömningar (4 kap. 4 § SSMFS 2008:1) och förfarandet för att godkänna anläggningsändringar i samband med en befintlig tillståndsgiven kärnteknisk verksamhet (4 kap. 2 § samt 4 kap. 5 § SSMFS 2008:1), redan ger myndigheten det tolkningsföreträde som behövs för att kunna bedöma framtida förändringar i anläggningens utformning mot villkoret att anläggningen ska uppföras, innehas och drivas i huvudsaklig överensstämmelse med vad som anges i ansökningshandlingarna.

4. Uppföljning vid kommande prövningssteg

Prövning inför ett beslut om regeringstillstånd för att uppföra en komplex kärnteknisk verksamhet avser av nödvändighet en delvis teoretisk referensutformning snarare än en faktisk och i alla avseenden färdigutvecklad utformning. Detta är särskilt relevant i föreliggande fall, för vilket det inte är rimligt att fastställa alla detaljerade konstruktionslösningar och utveckla tillämpningar i industriell skala inför ett principbeslut avseende verksamheter som är de första i sitt slag, där specifika praktiska erfarenheter och befintliga lösningar oftast inte finns tillgängliga. När det gäller ett geologiskt slutförvar måste dessutom detaljerade konstruktionslösningar anpassas till platsspecifik information som inte går att tillgå i sin helhet före anläggningens uppförande.

De nuvarande säkerhetsredovisningarna, som utgör underlaget till SKB:s ansökningar om tillstånd enligt kärntekniklagen, kan således i detta skede inte avspegla hur anläggningarna är byggda, analyserade och verifierade, vilket krävs för att kunna ta en ny kärnteknisk anläggning i drift. SSM har därför i sina granskningsrapporter och sammanvägda bedömningar använt formuleringar så som att ”SKB har visat att det finns förutsättningar att uppfylla SSM:s föreskriftskrav” avseende strålskydd och kärnteknisk säkerhet, snarare än att ”SKB har visat att föreskriftskraven uppfylls”. Dessa formuleringar avser tillämpningen av en fortsatt stegvis prövningsprocess enligt kärntekniklagen varigenom SKB kommer att lämna in och att behöva få godkännande av ytterligare ansökningar och tillhörande underlag (i synnerhet uppdaterade säkerhetsredovisningar) inför medgivande för faktiskt uppförande, provdrift och rutinmässig drift av anläggningarna (avsnitt 2.2).

För att kunna bedöma att förutsättningar finns för att uppfylla krav på strålsäkerhet har SSM beaktat, förutom de nuvarande säkerhetsredovisningarna, SKB:s planer för vidareutveckling av slutförvarssystemet på industriell skala, möjligheter för ytterligare förstärkning av säkerhetsanalyser såväl som för inhämtning av visst ytterligare kunskapsunderlag, samt potentialen för eventuell utveckling av konstruktionslösningar inklusive deras framtida platsanpassning. Det går inte att idag i detalj förutse innebörden av all ytterligare tillförd information. SSM beaktar dock i sin bedömning att omfattningen av åtgärder och justeringar av anläggningarna och deras komponenter som kan komma att krävas för att påvisa kravuppfyllelse med beaktande av nytillkommen information är begränsade och rimliga för detta skede av slutförvarets etablering. SSM bedömer att SKB har den kompetens, kunskap och förmåga som behövs för att identifiera, värdera och hantera strålsäkerhetsrelaterade osäkerheter och bedöma den strålsäkerhetsmässiga påverkan från den planerade verksamheten, samt har förmågan att identifiera och genomföra åtgärder för att så långt som möjligt begränsa omgivningspåverkan.

I samband med dessa bedömningar har SSM alltså identifierat diverse frågor och behov som kommer att kräva uppföljning i samband med den fortsatta stegvisa prövningsprocessen. En förklaring till identifierade utvecklingsbehov vid kommande prövningssteg finns i SSM:s granskningsrapporter, där frågorna tas upp mot bakgrund av prövning av SKB:s ansökningsunderlag mot föreskriftskraven. I detta avsnitt är syftet att ge en övergripande sammanställning av sådana frågor.

Det kan konstateras att SKB i flera fall redan har redovisat planer för att hantera frågorna under kommande utvecklingsfaser för slutförvarsprojektet. Vissa frågor kan dock visa sig vara av sådan vikt att SSM under framtida granskning av anläggningarnas uppförande kommer att utöva sin lagstadgade befogenhet att ställa särskilda villkor eller hållpunkter för deras lösning i SKB:s program. SSM kommer under framtida prövning se till att myndighetens förväntningar förtydligas i den mån som behövs för att frågorna kan hanteras av SKB på ett tillfredsställande sätt.

4.1 Framtida redovisningar av strålsäkerheten under uppförande och drift

SSM drar slutsatsen från sin granskning av SKB:s ansökningsunderlag för Clink (avsnitt 3.2) och slutförvarsanläggningen (avsnitt 3.3.1) att det finns förutsättningar för att kraven på säkerhet, strålskydd, fysiskt skydd och nukleär icke-spridning kan förväntas bli uppfyllda avseende anläggningarnas uppförande och drift. Bedömningen görs mot bakgrund av de referensutformningar och principbeskrivningar som SKB har lagt fram, med hänsyn tagen till att successiva och alltmer preciserade säkerhetsredovisningar avseende anläggningarnas detaljutformning och verksamheten vid dessa kommer att tas fram innan anläggningen uppförs och tas i drift. De otydligheter som SSM har identifierat avseende vissa aspekter av anläggningens konstruktion och tillhörande säkerhetsanalysen bedöms vara lösbara genom detta utvecklingsarbete med beaktande av myndighetens synpunkter och förbättringsförslag.

För vissa frågor berör SSM:s synpunkter myndighetens förväntningar avseende klaggörande av en process för genomförande av utvecklingsarbete som identifieras i SKB:s planer för båda anläggningarna. Till exempel, rekommenderar SSM att SKB i ett så tidigt skede som möjligt av designutformningen genomför en analys med probabilistiska metoder så att insikter från dessa kan beaktas innan detaljkonstruktionen fastställs. SSM därför avser följa upp SKB:s planer för hur sådana probabilistiska analyser ska genomföras och hur resultat och insikter därur ska användas.

Utöver sådana formella uppföljningspunkter avseende SKB:s utvecklingsarbete har SSM identifierade behov av särskilda åtgärder kopplade till specifika frågor rörande Clab, Clink och slutförvarsanläggningen. Exempel på uppföljningspunkter ges nedan avseende det underlag som SKB förväntas ta fram vid kommande steg för att säkerställa strålsäkerhet inför faktiska uppförande och drift.

4.1.1 Clab

Det underlag som SKB har lämnat avseende Clink-anläggningen bedöms tillräckligt för att motivera att en mellanlagringskapacitet om 11 000 ton kärnbränsle kan åstadkommas vid befintligt mellanlager, Clab, på ett sätt som uppfyller gällande krav på strålsäkerhet. Det återstår dock betydligt utvecklingsarbete inom ramen för tillstånd för Clab, inklusive en PSAR som ska bl.a. omfatta de ändringar som ska vidtas i anläggningen för att åstadkomma den ökade kapaciteten. SKB:s arbete med olika PSAR för Clab och för Clink behöver samordnas och genomföras på ett sätt som gör tydligt hur åtgärder som tas vid Clab beaktar aspekter rörande djupförsvar för båda anläggningarna.

SSM:s tillstyrkande avseende SKB:s yrkande om utökad kapacitet vid Clab därför förutsätter att SKB i framtagande av PSAR för Clab redogör även för de åtgärder som har betydelse för att Clink ska kunna uppfylla de strålsäkerhetskrav som gäller för den framtida sammanbyggda anläggningen. SSM ser behov av att följa upp frågan eftersom det finns viss otydlighet avseende vilka system och konstruktioner i Clab som påverkas av ökad lagringskapacitet och även i vilket avseende anläggningen kan påverkas.

4.1.2 Clink

Bland de frågor där SSM har påpekat särskilda behov av utveckling i framtagande av detaljkonstruktion, säkerhetsanalys och ledningssystem för uppförande av Clink-anläggningen är:

- riskanalys och motsvarande åtgärder för att säkerställa fortsatt strålsäker drift och fysiskt skydd av Clab under tiden som inkapslingsdelen uppförs

- förtydligande av principer för säkerhetsklassning samt underliggande säkerhetsklasser som ska tillämpas i syfte bl.a. till att styra kvaliteten på system, strukturer och komponenter
- identifiering och karakterisering av förekommande riskkällor, med analys som påvisa hur SSM:s referensvärden för värdering av radiologiska omgivningskonsekvenser kommer att uppfyllas av den detaljerade konstruktionen
- beaktande av myndighetens förbättringsförslag avseende kriticitetssäkerhet.

4.1.3 Slutförvarsanläggning

Bland de frågor där SSM har påpekat särskilda behov av utveckling i framtagande av detaljkonstruktion, säkerhetsanalys och ledningssystem för uppförande av slutförvarsanläggningen är:

- klargörande av uppgifter som har betydelse för strålsäkerheten under tiden som slutförvarsanläggningen uppförs, med hänsyn tagen till att uppförandet ska kunna ske med den kvalitet som preciseras i SKB:s redovisning av strålsäkerheten efter förslutning
- tydliggörande avseende hur specifika aspekter system och komponenter i anläggningens utformning kan möjliggöra reversibilitet i deponeringssekvensen för en kapsel eller övrig barriärinstallation
- omformulering av de konstruktionsförutsättningar som bygger på parametrar som är svåra att verifiera för att möjliggöra kontrollerbara beslut under uppförande och drift av anläggningen
- utveckling av ett program för mät- och övervakningsaktiviteter som en del av ett mer omfattande och långvarigt kontrollprogram för att bekräfta slutförvarets prestanda för och efter förslutning.
- redovisning av ett program för hantering av personstrålskydd vid störningar och missöden under anläggningens drift.

4.2 Framtida redovisningar av slutförvarets strålsäkerhet efter förslutning

SSM:s föreskrift om säkerhet i kärntekniska anläggningar (SSMFS 2008:1) omfattar även slutförvar och ställer långtgående krav på att anläggningens faktiska utformning och status är välkänd och har representerats i säkerhetsredovisningen. Slutförvarsföreskrifterna SSMFS 2008:21 och SSMFS 2008:37 medger dock ett något större utrymme för att osäkerheter kan komma att kvarstå även efter ytterligare utvecklingsarbete och kunskapsinhämtning, vilket främst avser slutförvarets mycket långsiktiga utveckling. Detta är ofrånkomligt med tanke på de extremt långa tidsskalorna som dessa föreskrifter har bäring på. För att kravuppfyllelse ska kunna konstateras behöver det dock visas att osäkerheterna har analyserats och värderats på ett utförligt sätt, samt att de har integrerats i säkerhetsredovisningen och konsekvensberäkningar med avseende på slutförvarets långsiktiga skyddsförmåga.

SKB:s säkerhetsredovisning i underlaget till ansökan om regeringstillstånd enligt kärntekniklagen baseras bl.a. på konstruktionsförutsättningar, tillverkningsmetoder, standarder och normer som ännu inte är fullt ut utvecklade i industriell skala. För att kunna genomföra systemutveckling och optimera slutförvarets slutliga utformning krävs iterationer mellan platsspecifik information, säkerhetsanalys, konstruktion och stödjande forskning. Kunskap om slutförvarets egenskaper och framtida utveckling kommer därmed utvecklas över tiden. Detta innebär att SKB:s analys och hantering i säkerhetsredovisningen av osäkerheter som kan påverka strålsäkerhet på lång sikt baseras till viss del på antaganden som SSM har granskat och tagit ställning i sitt aktuella granskningsarbete.



SSM:s sammanvägda bedömning är att de identifierade osäkerheterna rörande slutförvarets slutliga utformning samt dess långsiktiga utveckling, och därmed säkerhetsanalysen för perioden efter förslutning, inte påverkar grunderna i det föreslagna slutförvarskonceptet eller möjligheten att visa uppfyllelse av SSM:s krav på strålsäkerhet inför ett idrifttagande. Osäkerheterna bedöms vara hanterbara med rimliga kommande åtgärder under fortsatt stegvis prövning och SKB bedöms ha möjlighet och förmåga att genomföra det som behövs. I flera fall har SSM konstaterat att fokus på myndighetens förväntningar vid kommande steg ligger på framtagande av en mer explicit analys – t.ex. genom beräkningsfall för olika scenarier – av hur osäkerheter avseende förhållanden, händelser och processer kan ha betydelse för strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning. SSM avser dock inte föreskriva i detalj hur SKB bör bemöta kvarstående frågor, vare sig med en mer fördjupad teknisk analys, ytterligare beräkningsfall i konsekvensanalysen eller genom ändringar i konstruktionsförutsättningarna.

För SSM:s granskning under kommande steg i prövningsprocessen behöver SKB redovisa ett utökat underlag gällande:

- scenarier och beräkningsfall som explicit belyser inverkan av vissa kemiska och mekaniska processer kopplade till kopparhöljets långsiktiga beständighet
- vetenskapliga studier för att ytterligare underbygga den experimentella och teoretiska förståelsen för dessa processer
- redovisning av hur dessa scenarier och vetenskapliga studier har beaktas för att optimera tillverkning och detaljutformning för de olika komponenterna i slutförvarets barriärsystem.

SKB behöver vidta ett antal åtgärder som underlag för SSM:s fortsatta granskning och stegvisa godkännanden. Exempel på ytterligare underlag som SKB förväntas ta fram för att i kommande steg få uppföra, inneha och driva en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle vid Forsmark ur perspektivet att uppnå föreskriftskrav på slutförvarets långsiktiga säkerhet är:

- Ett detaljundersökningsprogram för uppförandefasen av slutförvaret med syfte att identifiera de aktiviteter och åtgärder som är nödvändiga för att verifiera och vidareutveckla den platsbeskrivande modellen för Forsmarkplatsen.
- En plan för de aktiviteter och åtgärder som är nödvändiga för vidareutveckling och justering av tillverkningsmetoder, detaljutformning, provningsmetoder inklusive deras kvalificering, acceptanskriterier m.m. som behövs för specifikation, tillverkning, installation och kontroll av de tekniska barriärerna kapsel och buffert. SKB ska också ta fram aktiviteter och åtgärder som är nödvändiga för utveckling av övriga förvarskomponenter som återfyllnad av deponeringstunnlar, pluggar för deponeringstunnlar, återfyllnad av övriga förvarsutrymmen samt slutlig förslutning av förvaret.
- En detaljerad plan för de bergtekniska åtgärder som behövs för att uppföra slutförvaret inklusive bergguttav nedfartstunnlar, schakt och övriga förvarsutrymmen inklusive ett kontrollprogram som syftar till att verifiera att konstruktionsförutsättningarna i den långsiktiga säkerhetsanalysen uppfylls under uppförandet av anläggningen fram till provdriften påbörjas.
- Ett program för fortsatt vetenskaplig fördjupning, utveckling och demonstration kring förhållanden, händelser, processer och barriärsystemets egenskaper som kan leda till spridning av radioaktiva ämnen från slutförvaret. Programmet behöver innefatta t.ex. grundläggande forskning, teoretisk förståelse, matematisk modellering, experiment kring degraderingsprocesser liksom verifierande tester och eventuella långtidsförsök.
- En plan för uppdatering och vidareutveckling av kommande säkerhetsanalyser med avseende på exempelvis metoder för analys av risk, tillämpning av



optimeringsprincipen samt detaljering av slutförvarets utformning och förväntade utveckling före och efter förslutningen.

Program och planer behöver tas fram och uppdateras samt godkännas av SSM under kommande steg i SKB:s program för att etablera en slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle vid Forsmark. Vid framtagande av program och planer behöver SKB visa hur SSM:s bedömningar och kommentarer som har tagits fram under prövningsprocessen har beaktats.



Referenser

IAEA, 2004. *Format and content of the Safety Analysis Report for Nuclear Power Plants*, International Atomic Energy Agency Safety Standards Series No. GS-G-4.1.

IAEA, 2011. *Disposal of Radioactive Waste*, International Atomic Energy Agency Safety Standards Series No. SSR-5.

IAEA, 2014. *Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants*, International Atomic Energy Agency Safety Standards Series No. SSG-30.

IAEA, 2016. *Leadership and Management for Safety*, International Atomic Energy Agency Safety Standards Series No. GSR Part 2 (ersätter den tidigare GS-R-3 från 2006).

ICRP, 1991. *1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1-3).

NEA, 2012. *The Post-closure Radiological Safety Case for a Spent Fuel Repository in Sweden: An International Peer Review of the SKB License-application Study of March 2011*, OECD Nuclear Energy Agency, Paris.

SKBdoc 1056117. *Granskning och värdering av F-PSAR för Clink*, version 4, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1199888. *Verksamhet, ledning och styrning - Uppförande av slutförvarsanläggningen*. Bilaga VU, SKB ansökan, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1393747. *Projekt Clink – Produktionsanvisning för säkerhetsredovisning*, version 9, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1459765. *Bilaga K20: Tilläggs-MKB avseende förändringar i Clink och utökad mellanlagring*, version 1.0 , Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKBdoc 1474819. *Förändringar i Clink och tilläggsyrkande avseende utökad mellanlagring*, version 1.0 , Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB P-10-30. *Preliminär plan för avveckling – slutförvar för använt kärnbränsle*. Bilaga AV, SKB ansökan. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB R-08-82. *Confidence assessment Site descriptive modelling SDM-Site Forsmark*. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB R-09-22. Selroos J-O, Follin S. *SR-Site groundwater flow modelling methodology, setup and results*. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB SR-Drift, 2010. *Säkerhetsredovisning för drift av slutförvarsanläggning för använt kärnbränsle*, Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB SR-Site huvudrapport, 2011. *Redovisning av säkerhet efter förslutning av slutförvaret för använt kärnbränsle – Huvudrapport från projekt SR-Site*. Svensk Kärnbränslehantering AB.

SKB TR-99-06. *Deep repository for spent nuclear fuel. SR 97 - Post-closure safety. Main report - Vol. I, Vol. II and Summary*. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.



SKB TR-06-09. *Long-term safety for KBS-3 repositories at Forsmark and Laxemar - a first evaluation. Main report of the SR-Can project.* Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-08-05. *Site description of Forsmark at completion of the site investigation phase SDM-Site Forsmark,* Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-12. *Design and production of the KBS-3 repository.* Updated 2013-10, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-45. *FEP report for the safety assessment SR Site.* Updated 2015-05. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-46. *Fuel and canister process report for the safety assessment SR-Site.* Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-47. *Buffer, backfill and closure process report for the safety assessment SR-Site.* Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-48. *Geosphere process report for the safety assessment SR-Site.* Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-49. *Climate and climate-related issues for the safety assessment SR-Site.* Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-50. *Radionuclide transport report for the safety assessment SR-Site.* Updated 2015-05. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-51. *Model summary report for the safety assessment SR-Site.* Updated 2015-05. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-52. *Data report for the safety assessment SR-Site.* Updated 2014-01. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SKB TR-10-66. *Corrosion calculations report for the safety assessment SR-Site.* Updated 2012-01. Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.

SSM2013-5169-4. *Inriktning avseende referensvärden för nya kärntekniska anläggningar och ESS,* Strålsäkerhetsmyndigheten 2014-03-07.

SSM2011-1135-17. *Granskningsrapport Strålsäkerhet efter slutförvarets förslutning,* Strålsäkerhetsmyndigheten 2018-01-23.

SSM2011-1135-18. *Granskningsrapport Systemövergripande frågor,* Strålsäkerhetsmyndigheten 2018-01-23.

SSM2011-1135-19. *Granskningsrapport Uppförande och drift av slutförvarsanläggningen,* Strålsäkerhetsmyndigheten 2018-01-23.

SSM2011-1135-21. *SSM:s beaktande av remissynpunkter avseende SKB:s ansökningar enligt kärntekniklagen om anläggningar för slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle,* Strålsäkerhetsmyndigheten 2018-01-23.



SSM2015-279-21. *Granskningsrapport Inkapsling och fortsatt mellanlagring av använt kärnbränsle (Clink)*, Strålsäkerhetsmyndigheten 2018-01-23.

SSM2016-546-5. *Yttrande över ansökan från Svensk Kärnbränslehantering AB om tillstånd enligt miljöbalken för ett system för hantering och slutförvaring av använt kärnbränsle*, Strålsäkerhetsmyndigheten 2015-06-29.

SSM Report 2015:31. *Ansvarsfull och säker hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall i Sverige - Nationell plan*, Strålsäkerhetsmyndigheten.

SSM Technical Note 2012:35. Brient R D, Trbovich T R. *Review of SKB's code documentation and QA for the SR-Site safety assessment*. Swedish Radiation Safety Authority.

SSM Technical Note 2012:36. Baldwin T D, Hicks T W. *Documentation and Traceability of Data in SKB's Safety Assessment SR-Site: Initial Review Phase*. Swedish Radiation Safety Authority.

SSM Technical Note 2012:46. Egan M, Little R and Walke R. *Review of Landscape Models used in SR-Site*. Swedish Radiation Safety Authority.

SSM Technical Note 2015:29. Hicks T W. *Quality Assurance in SKB's Copper Corrosion Experiments*. Swedish Radiation Safety Authority.

Bilaga A Förutsättningar för kravuppfyllelse strålsäkerhet efter slutförvar

SSM bedömer i detta avsnitt SKB:s förutsättningar för att uppfylla SSM:s föreskriftskrav enligt föreskrifterna SSMFS2008:37 och SSMFS 2008:21. Bedömningarna har till stor del baserats på SSM:s detaljerade granskning av SKB:s säkerhetsanalys SR-Site som beskrivs i myndighetens granskningsrapport.

För att SKB inom ramen för ett tillstånd enligt kärntekniklagen ska kunna påbörja konstruktionsarbeten vid Forsmarksplatsen och i ett senare skede ta ett sådant slutförvar i provdrift krävs att SSM kan fastslå att SKB uppfyller föreskriftskraven. SSM:s bedömning baseras i första hand på information SKB lämnat i sin tillståndsansökan. SSM beaktar även möjligheter att genom ytterligare utredningar och utvecklingsinsatser fördjupa SKB:s nuvarande säkerhetsredovisning. SSM bedömer vidare möjligheterna att hantera och minimera betydelsen av kvarvarande osäkerheter. SKB behöver under samtliga faser av slutförvarsprogrammet ta vara på möjligheter att förbättra slutförvarets långsiktiga skyddsförmåga genom att optimera förvarets uppförande och utformning. SSM anser att vissa osäkerheter med avseende på förvarets utformning kan kopplas till att alla moment i SKB:s program inte kan genomföras i detta steg. Här kan exempelvis nämnas konstruktion av tillfartsvägar ner till förvarsdjup, en kommande detaljprojektering av förvaret inklusive dess komponenter, samt slutlig utveckling av tillverkningsmetoder. För de flesta av föreskriftskraven bedömer SSM i nuläget att SKB med beaktande av befintlig information har förutsättningar att påvisa kravuppfyllelse. De bedömningar som SSM tagit fram i detta prövningssteg kommer att vidareutvecklas, konkretiseras och verifieras framöver i samband med kommande granskningar av ansökningar för medgivande i de olika stegen. Vissa föreskriftskrav är i huvudsak inriktade på kommande faser i arbetet med att etablera ett slutförvar för använt kärnbränsle och är därför av begränsad relevans att bedöma vid detta granskningstillfälle.

SSM:s bedömning av SKB:s förutsättningar för att uppfylla föreskriftskraven har sorterats under följande rubriker:

- Tillämpningsområde
- Helhetssyn
- Barriärsystemet och dess funktioner
- Optimering och bästa möjliga teknik
- Konstruktion och utförande samt intrång och tillträde
- Skydd av människors hälsa och miljöskydd
- Tidsperioder i säkerhetsanalysen
- Säkerhetsanalys och säkerhetsredovisning

A1. Tillämpningsområde

A1.1 Krav

1 § SSMFS 2008:21 *Dessa föreskrifter gäller anläggningar för slutförvaring av kärnämne och kärnavfall (slutförvar). Föreskrifterna gäller inte för anläggningar för markdeponering av lågaktivt kärnavfall enligt 16 § förordningen (SSMFS 1984:14) om kärnteknisk verksamhet.*

Föreskrifterna innehåller kompletterande bestämmelser till Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:1) om säkerhet i kärntekniska anläggningar.

1 § SSMFS 2008:37 *Dessa föreskrifter är tillämpliga på slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall. Föreskrifterna är inte tillämpliga på anläggningar för*



markdeponering av lågaktivt kärnavfall enligt 19 § förordningen (1984:14) om kärnteknisk verksamhet.

A1.2 SSM:s bedömning

Föreskrifterna SSMFS 2008:21 och SSMFS 2008:37 är tillämpliga för SKB:s ansökan om att få uppföra, driva och inneha en slutförvarsanläggning enligt KBS-3 metoden vid Forsmarksplatsen.

A2. Helhetssyn

A2.1 Krav

3 § SSMFS 2008:37 Människors hälsa och miljön ska skyddas från skadlig verkan av joniserande strålning, dels under den tid då de olika stegen i det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle och kärnavfall genomförs, dels i framtiden. Det slutliga omhändertagandet får inte orsaka svårare effekter på människors hälsa och miljön utanför Sveriges gränser än vad som accepteras inom Sverige.

A2.2 SSM:s bedömning

SSM anser att föreskriftskravet har förutsättningar att uppfyllas från perspektivet långsiktig strålsäkerhet i framtiden. För bedömningar kring risk för omgivningspåverkan under förvarets uppförande och driftsfas respektive drift av inkapslingsanläggningen hänvisas till granskningsrapporter uppförande och drift slutförvarsanläggning respektive inkapslingsanläggning och Clab.

SSM anser att slutförvaring enligt KBS-3-metoden vid Forsmarksplatsen har utformats för att ge kommande generationer skydd från skadlig verkan av joniserande strålning, dels genom val av en lämplig berggrund med få vattenförande sprickor, dels genom utformning av tekniska barriärer som bidrar med inneslutning av det använda bränslet under så lång tid som möjligt och i synnerhet under den tid då slutförvaret medför den största potentiella risken för omgivningskonsekvenser. Strategin att koncentrera och innesluta det använda kärnbränslet i berggrunden innebär dock att det är mycket svårt eller omöjligt att helt utesluta viss risk kopplad till spridning av radioaktiva ämnen från slutförvaret främst via grundvattenströmning. SSM anser dock att SKB:s analyser med hjälp av pessimistiska fall har gjort det möjligt att gränssätta effekter för förvarets långsiktiga utveckling som involverar spridning av radioaktiva ämnen. I SKB:s redovisning analyseras effekter av utsläpp till geografiskt små utströmningsområden i slutförvarets närområde. SKB:s biosfärsmodellering bedöms i allmänhet ge en bra beskrivning av biosfären. SKB har utförligt beskrivit kända trender i omgivningen kring slutförvaret i biosfärsanalyserna i enlighet med SSM:s föreskrifter och allmänna råd i SSMFS 2008:37. De landskapsspecifika doskonverteringsfaktorer (LDF-värden) som SKB har beräknat genom biosfärsmodellering och dosberäkning är rimliga att använda för att uppskatta omgivningskonsekvenser kopplade till ett visst utsläpp av radioaktiva ämnen. Detta beror på att de beaktar spridningsvägar, markanvändning och kostvanor som medför en förhållandevis stor exponering för de närboende.

SSM bedömer att det kan anses som uteslutet att det slutliga omhändertagandet av använt kärnbränsle i ett slutförvar vid Forsmark skulle kunna orsaka svårare effekter utanför Sveriges gränser än de i slutförvarets närområde vilka har analyserats i SKB:s säkerhetsanalys SR-Site. Spridningsvägar till andra länder och Östersjön är förknippad med mycket liten dos/risk med tanke på den stora utspädningseffekten redan på betydligt



kortare avstånd än de till landsgränserna. Denna slutsats har också baserats på, förutom argument kring utspädning och spridning av radionuklider i grund- och ytvatten, att storskalig luftburen spridning av radionuklider förefaller mycket osannolik eftersom ingen process som skulle kunna orsaka sådan luftburen spridning har kunnat identifieras. Vulkanism förväntas exempelvis inte förekomma i den svenska berggrunden.

A3. Barriärer och dess funktioner

A3.1 System av passiva barriärer

A3.1.1 Krav

2 § SSMFS 2008:21 *Säkerheten efter förslutning av ett slutförvar ska upprätthållas genom ett system av passiva barriärer.*

A3.1.2 SSM:s bedömning

SSM:s bedömning av säkerheten efter slutlig förslutning har baserats på att SKB föreslår ett multibarriärssystem enligt KBS-3-metoden med tre huvudsakliga barriärer; i) barriären av berg som uppnås genom att slutförvaret placeras på ca 500 m djup i en granitisk berggrund, ii) kopparkapseln med en segjärnsinsats och iii) bentonitbufferten. Berget är en naturlig barriär medan kapsel och buffert betraktas som av människan tillverkade tekniska barriärer. Baserat på de granskningsresultat som presenteras i myndighetens granskningsrapport (SSM2011-1135-17) drar SSM slutsatsen att användning av kombinationen av dessa tre olika typer av passiva barriärer med olika egenskaper och funktioner ger förutsättningar för att upprätthålla slutförvarets skyddsförmåga och säkerheten efter förslutning. Ett förvar av den typ som SKB föreslår har därför förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet. Strålsäkerheten förväntas upprätthållas genom att utsläpp av radioaktiva ämnen för den första tiden efter förslutning förhindras helt och om detta inte längre skulle vara möjligt kommer konsekvenser av möjliga utsläpp av radioaktiva ämnen att begränsas så långt som möjligt. Barriärerna inom KBS-3 betraktas som passiva eftersom de är utformade för att fungera utan kontroller och aktiva underhållsåtgärder.

A3.2 Innesluta, förhindra eller fördröja spridning av radioaktiva ämnen

A3.2.1 Krav

3 § SSMFS 2008:21 *Varje barriär ska ha till funktion att på ett eller flera sätt medverka till att innesluta, förhindra eller fördröja spridning av radioaktiva ämnen, antingen direkt, eller indirekt genom att skydda andra barriärer i barriärssystemet.*

A3.2.2 SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s system av barriärer med berg, kapsel och buffert tillsammans ger goda förutsättningar för att i tillräcklig utsträckning begränsa slutförvarets omgivningskonsekvenser. Denna slutsats har baserats på analys av de två huvudsakliga barriärfunktionerna alternativt säkerhetsfunktioner enligt terminologin i SKB:s säkerhetsanalys. SKB demonstrerar säkerheten med hjälp av två huvudsakliga barriärfunktioner i) inneslutning av det använda kärnbränslet med täta kopparkapslar, och efter förlust av inneslutning ii) fördröjning av radioaktiva ämnen som transporteras via grundvattenrörelser från förvarsdjup upp till markytan. Var och en av barriärfunktionerna kan vara verksamma samtidigt i slutförvaret som en helhet, men för varje unik kapselposition är det antingen den ena eller den andra barriärfunktionen som är verksam.



SSM konstaterar att bränslets avklingning medför att behov av att förlita sig på inneslutning är större på kort sikt än på lång sikt. Enbart barriärfunktionen inneslutning kan helt förhindra omgivningskonsekvenser. Analysen av inneslutningsfunktionen blir dock mer och mer omfattande och komplex som funktion av tiden. Tillkommande osäkerheter på mycket lång sikt avser i synnerhet den gradvisa utvecklingen av slutförvarsmiljön, och även en eventuell påverkan från mycket långsamma eller osannolika degraderingsprocesser. Av detta skäl fås en ökad betydelse av barriärfunktionen fördröjning som ett nödvändigt komplement för att påvisa en begränsning av möjliga omgivningskonsekvenser särskilt för extremt långa tider. Fördröjning kan betraktas som en latent barriärfunktion i de situationer där den verksamma barriärfunktionen är inneslutning. SSM konstaterar att inneslutningsfunktionen avgörs av de tekniska barriärernas funktion och långsiktiga beständighet medan retardationsfunktionen avgörs av de radioaktiva ämnas kemiska egenskaper i slutförvarsmiljön och berget samt transport i tekniska barriärer och berg med det omgivande grundvattnet.

KBS-3-konceptet är utformat så att det enbart är kapseln som har förutsättningar att helt innesluta det använda kärnbränslet i långa tidsskalor, medan bufferten och berget bidrar till stabila kemiska betingelser och långsam transport av korroderande ämnen i kapselns närhet vilket främjar kapselns långsiktiga funktion. Bufferten och berget har båda en betydelse för att säkerställa långsam spridning av radioaktiva ämnen som medför dispersion och tid för avklingning av radioaktiva ämnen från kapslar som kan ha fallerat i slutförvarsmiljön. Enligt SKB:s analys har en kapsel med ett mindre genomgående hål från tillverkningen en förmåga att under en viss tid förhindra spridning av radioaktiva ämnen. Detta gäller sannolikt i viss omfattning även en kapsel som skadats på annat sätt. SSM anser att SKB:s analys visat att samtliga tre barriärer på olika sätt antingen direkt eller indirekt bidrar till de båda barriärfunktionerna inneslutning och fördröjning.

SSM konstaterar att de två barriärfunktionerna verkar enligt olika principer men eftersom båda påverkas av gemensamma omgivningsfaktorer som grundvattenflöde och grundvattenkemi är de bara delvis oberoende av varandra. De båda barriärfunktionerna kompletterar dock varandra i hög utsträckning. För ett stort antal sorberande radioaktiva ämnen medför kombinationen gynnsamma sorptionsegenskaper och radioaktivt sönderfall försumbar omgivningspåverkan oavsett om den verksamma barriärfunktionen är inneslutning eller fördröjning. Betydande riskbidrag i riskanalysen orsakas av endast ett fåtal radioaktiva ämnen med lång halveringstid och/eller ingen eller mycket begränsad sorptionsförmåga. Enbart barriärfunktionen inneslutning kan helt eliminera dessa bidrag till risk. Nuklider som bidrar till risk tillhör grupperna långlivade fissionsprodukter, långlivade aktiveringsprodukter eller vissa dotternuklider i sönderfallkedjor. Det bör noteras att osannolika händelser samtidigt kan inverka negativt på båda barriärfunktionerna, så som exempelvis stora jordskalv.

Förutom de grundläggande barriärfunktionerna inneslutning och fördröjning har SKB definierat säkerhetsfunktioner för individuella barriärer för att analysera förutsättningar för uppfyllelse av de grundläggande barriärfunktionerna (SKB SR-Site, 2011; figur 8-2). SSM anser att dessa förtydligar de enskilda barriärernas funktioner och betydelse i slutförvarssystemet. De bidrar dock inte till slutförvarets skyddsförmåga utöver deras påverkan på grundläggande barriärfunktioner.

SSM bedömer att berggrunden vid Forsmark har fördelaktiga egenskaper för att kunna innesluta det använda kärnbränslet. Det beror främst på förekomst av en låg frekvens av vattenförande sprickor på förvarsdjup samt att den nuvarande grundvattenkemin på planerat förvarsdjup bedöms främja de tekniska barriärernas beständighet. Bergets egenskaper har en stor betydelse med tanke på dess dubbla funktioner att dels fungera som

en barriär för radionuklider som av något skäl och vid någon tidpunkt passerat de tekniska barriärerna, dels bidra med gynnsamma betingelser för att långsiktigt upprätthålla de tekniska barriärernas funktion. Stabila geologiska förhållanden bidrar också till att berget kan behålla sina barriärfunktioner under en lång tid efter förslutningen. Förläggning av slutförvaret på stora djup i berggrunden vid Forsmark är också fördelaktigt med tanke på behovet av att förhindra att människor avsiktligt eller oavsiktligt kommer i kontakt med det använda kärnbränslet som resultat av deras handlingar eller aktiviteter.

SSM bedömer sammanfattningsvis att var och en av de tre barriärerna berg, kapsel och buffert på ett betydelsefullt sätt bidrar till långsiktig strålsäkerhet för ett slutförvar enligt KBS-3-konceptet, och att de huvudsakliga barriärfunktioner som SKB har analyserat ger förutsättningar för att begränsa slutförvarets omgivningskonsekvenser. Därmed anser SSM att det finns förutsättningar för att uppfylla föreskriftskravet.

A3.3 Rapportering om brist i barriärfunktion

A3.3.1 Krav

4 § SSMFS 2008:21 *En brist i någon av slutförvarets barriärfunktioner, som konstateras under tiden slutförvaret är under uppförande eller driftövervakas, och som kan komma att försämra säkerheten efter förslutningen utöver vad som förutsetts i säkerhetsredovisningen¹¹, ska utan onödigt dröjsmål rapporteras till Strålsäkerhetsmyndigheten. Detsamma gäller om det uppstår misstanke om en sådan brist eller om att en sådan brist kan komma att uppstå i framtiden.*

A3.3.2 SSM:s bedömning

SSM bedömer att det finns förutsättningar att uppfylla detta föreskriftskrav men att detta krav har sin relevans främst för bedömning av SKB:s arbete under slutförvarets uppförande- och driftfas. SSM kan dock redan nu konstatera att SKB för att kunna uppfylla detta föreskriftskrav behöver vidta vissa åtgärder för att kunna utvärdera och verifiera barriärfunktioner både kopplade till tekniska barriärer och den naturliga barriären. SKB behöver kunna ge fortlöpande underlag för utvärdering av slutförvarets barriärer och barriärfunktioner under kommande steg i slutförvarsprogrammet.

Kravet syftar också till behovet av att följa vetenskapliga rön samt drifterfarenheter från SKB:s anläggningar respektive andra liknande anläggningar i världen. Det främsta syftet med kravet är att kunna identifiera omständigheter som hittills varit okända eller som skulle kunna ha en större påverkan än förväntat på slutförvaret. SSM bedömer att den stegvisa processen med återkommande granskningar av säkerhetsredovisningar vid uppförande, provdrift och drift av slutförvarsanläggningen kommer att ge möjlighet till uppföljning samt tillämpning av detta krav.

Kravet innebär att konstruktionsförutsättningar kopplade till långsiktig strålsäkerhet som gäller anläggningsdelarna som byggs under uppförandet av slutförvaret och valet av det lämpligaste förvarsdjupet enligt principen för optimering samt bästa möjliga teknik behöver utvärderas och följas upp under uppförandet. Detta innebär att SSM behöver ta del av planer och program som visar hur information insamlas, utvärderas och bedöms med hänsyn till brister eller misstankor om brister i slutförvarsbarriärerna. Detta kommer att utgöra ett underlag för myndighetens tillsyn under uppförandet.

¹¹ Jfr. 4 kap. 2 § Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:1) om säkerhet i kärntekniska anläggningar.



A4. Optimering och bästa möjliga teknik (BMT)

A4.1 Optimering, BMT samt kollektivdos

A4.1.1 Krav

4 § SSMFS 2008:37 *Vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall ska optimering ske och hänsyn tas till bästa möjliga teknik. Kollektivdos på grund av förväntat utläckage av radioaktiva ämnen under 1000 år efter förslutningen av ett slutförvar för använt kärnbränsle eller kärnavfall ska beräknas som summan över 10000 år av den årliga kollektivdosen. Beräkningen ska redovisas i enlighet med 10-12 §§.*

A4.1.2 SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s föreslagna användning av KBS-3-konceptets flerbarriärsystem med kopparkapsel med segjärnsinsats, buffert av bentonitlera samt goda bergförhållanden på cirka 500 m vid Forsmarksplatsen i tillräcklig utsträckning beaktar kravet på bästa möjliga teknik och optimering. Materialval, dimensionering av tekniska barriärer och förvarslayout bedöms vara lämpliga med beaktande av konstaterade betingelser vid Forsmarksplatsen och kravet på bästa möjliga teknik. SSM konstaterar därför att det finns förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

SSM bedömer att Forsmarksplatsen har förutsättningar att förhindra, begränsa och fördröja utsläpp av radioaktiva ämnen så långt som rimligen möjligt. Bergets skyddsförmåga på avsett förvarsdjup beror främst på en begränsad förekomst av vattenförande sprickor och grundvattenkemiska betingelser som främjar de tekniska barriärernas långsiktiga beständighet. Lämpliga grundvattenkemiska betingelser avser i detta fall ett grundvatten med förhållandevis hög jonstyrka, låga sulfidhalter och förhållandevis låga halter av reaktivt löst organiskt material. Den låga frekvensen av vattenförande sprickor på förvarsdjup innebär enligt SKB:s platsbeskrivande och hydrogeologiska modeller att en majoritet av alla deponeringshål inte korsas av vattenförande sprickor och endast ett mindre antal deponeringshål blir exponerade för grundvattenflöden i samband med infiltration av meteoriska vatten samt smältvatten i samband med kommande glaciationer. Det sistnämnda har betydelse främst för att begränsa risken för erosion av bufferten. SSM anser att SKB:s platsundersökningar har gett en för detta steg i prövningen tillförlitlig bild av förhållanden i de bergvolymerna som är avsedda för slutförvaring. Det finns dock ett behov av ytterligare undersökningar för att verifiera och vidareutveckla platsbeskrivande modeller i samband med en kommande konstruktionsfas. Det kvarstår bland annat frågeställningar kring bergspänningar samt spricknätverkets detaljerade geometri och egenskaper.

SSM bedömer att egenskaperna hos Forsmarksplatsen med förhållandevis tätt berg bidrar till kopparkapslarnas och buffertens funktion genom förhållandevis liten materieöverföring. Detta innebär avsaknad av grundvattenflöde för flertalet positioner i berget utan vattenförande sprickor samt begränsat grundvattenflöde för övriga positioner i berget. Dessa egenskaper hos berget bidrar till de tekniska barriärernas beständighet genom att det finns naturliga förutsättningar för begränsning av degraderingsprocesser. Dessa förutsättningar innefattar långsam transport av exempelvis korroderande ämnen, korrosionsprodukter, utspädda grundvatten respektive potentiellt bildade bentonitkolloider. I fall kopparkapselns inneslutande förmåga av någon anledning upphör att fungera som barriär i slutförvaret bidrar berget vid Forsmark på ett betydande sätt även till barriärfunktionen fördröjning. Detta genom långsammare spridning av radioaktiva ämnen från slutförvarets närområde till markytan och biosfären från positioner i berggrunden med tätt berg i jämförelse med ett mer normalsprickigt berg. Sannolikt går det av praktiska skäl emellertid inte att helt undvika förekomst av ett mindre antal



deponeringshålspositioner med mera betydande grundvattenflöden, vilket kan resultera i mer omfattande kapselkorrosion och buffererosion samt i förlängningen snabbare spridning av radioaktiva ämnen. Det krävs en anpassning av slutförvarets utformning och utförlig analys av egenskaper för dessa deponeringshålspositioner för att säkerställa en så hög skyddsförmåga som möjligt.

Olämpliga positioner i berggrunden innefattar inte enbart höga grundvattenflöden utan även förekomst av större strukturer i berget som kan hysa betydande skjuvrörelser i samband med stora jordskalv, vilket kan skada de tekniska barriärerna. SSM bedömer att SKB:s föreslagna åtgärder för att minimera risk för konsekvenser från ett jordskalv är att betrakta som bästa möjliga teknik. Dessa åtgärder innefattar en selektiv deponeringshålsplacering för att undvika utsatta positioner i berggrunden och utformning av tekniska barriärer med tålighet för skjuvrörelser upp till ett visst maximalt belopp. SSM konstaterar dock att SKB:s angreppssätt behöver vidareutvecklas och justeras för att utförligare motivera och uppskatta skalvfrekvenser, ta hänsyn till den mänskliga faktorn vid uppförande av slutförvaret och utvärdera barriärernas tålighet med beaktande av variationer hos materialegenskaperna för kapsel och buffert.

Förutom platsvalet är SKB:s föreslagna gradvisa platsanpassning av slutförvaret ett viktigt inslag för att uppfylla kravet på bästa möjliga teknik för att så långt som möjligt förhindra, begränsa och fördröja utsläpp av radioaktiva ämnen. Här ingår val av förvarsdjup, orientering och placering av deponeringstunnlar samt val av positioner i berget för deponeringshåll. Beträffande förvarsdjupet anser SSM att SKB:s föreslagna djupintervall är godtagbart, men att en utförligare optimeringsanalys behöver genomföras när mer information finns framme efter konstruktion av tillfartsvägar ner till förvarsdjup. Bästa möjliga teknik skulle kunna innefatta ett större djup, eftersom skyddsförmåga i vissa avseenden påverkas positivt av ett längre avstånd till markytan. Det är dock i slutändan fråga om en avvägning mellan olika faktorer.

Beträffande deponeringstunnlarna är bästa möjliga teknik, enligt SSM:s bedömning, avhängigt av en orientering av tunnarna nära parallellt med den största horisontella huvudspänningsriktningen i berggrunden samt tillämpning av respektavstånd från deformationszoner i berggrunden. Dessa åtgärder behöver vidtas för att i största möjliga utsträckning minimera mekaniska skador i tunnelväggarna och sulan samt för att begränsa påverkan från eventuella större skjuvrörelser längs närliggande deformationszoner. SSM anser även att SKB:s planerade principer för urval av deponeringshålspositioner preliminärt baserat på det så kallade EFPC-kriteriet för att undvika stora sprickor samt ett inflödeskriterium är att betrakta som bästa möjliga teknik och av betydelse för att optimera förvarets skyddsförmåga. SSM anser att ytterligare utvärdering och vidareutveckling av dessa principer behöver göras eftersom degraderingsprocesser för de tekniska barriärerna påverkas markant av lokala förhållanden i berggrunden. Det bör noteras att urvalsprinciperna inte nödvändigtvis säkerställer en viss spännvidd av förhållanden i slutförvaret, eftersom deponeringshålspositioner i berg som saknar vattenförande sprickor under uppförandefasen i viss utsträckning kan komma att få det efter förslutning på grund av bergmekaniska effekter. Sprickornas transmissivitet kan också både öka och minska till följd av bergmekaniska effekter. På korta avstånd från förvarsutrymmenas bergväggar kan en påverkan förekomma så som spjälkning av deponeringshålets väggar och bildandet av en störd zon i tunnelväggarna. Påverkan förväntas avta snabbt på längre avstånd.

SSM bedömer generellt att täta bergförhållanden vid Forsmark har betydande fördelar i perspektivet långsiktig strålsäkerhet efter slutlig förslutning och att dessa förhållanden generellt förstärker både bergbarriären och slutförvarets övriga barriärfunktioner. Ett antal frågeställningar kring utveckling av förvarsförhållanden för tätt berg behöver dock särskilt



uppmärksamhet på grund av transienta förhållanden som sker efter förslutning tills grundvattenförhållanden vid Forsmarksplatsen har återetablerats till sitt ursprungliga tillstånd. Dessa frågeställningar behöver inte innebära en negativ påverkan på den långsiktiga strålsäkerheten men de skulle kunna ha det. Frågorna kräver därför ytterligare insatser i kommande steg i SKB:s program. Till dessa hör en mera detaljerad analys av tidsskalor för återmättnad av buffert och återfyllnad. I samband med långa återmättnadstider och tider för utveckling av svälltryck förväntas exempelvis en långsam deformation av kopparhöljet äga rum. SSM anser att långsam deformation av kopparhöljet medför att en detaljerad förståelse för krypmekanismer i kopparhöljet får en ökad betydelse.

Det kan finnas förutsättningar för en mikrobiell sulfatreduktion vid avsaknad av svälltryck och vid en mycket långsam uppbyggnad av svälltryck i samband med långsam återmättnad. Detta kan ha en inverkan på degraderingsprocesser så som vissa typer av lokal kopparkorrosion som kan kopplas till närvaron av en gasfas. Enligt SSM:s uppfattning behöver denna typ av processer därför utvärderas med högre detaljeringsgrad i kommande steg av SKB:s program. En utökad scenarioanalys och ytterligare utredningar kring processer kopplade till täta bergförhållanden och en långsam återmättnad av i första hand bufferten förväntas på sikt ge ett underlag för en slutlig bedömning av påverkan av den transienta inledande fasen.

Förutom uppfyllelse av krav på tillämpning av bästa möjliga teknik innefattar föreskriftskravet att en optimering av slutförvarets skyddsförmåga ska göras med utgångspunkt i de riskbidrag som har kvantifierats i riskanalysen. Resultaten från en sådan optimering kan exempelvis visa att en viss förvarsutformning är optimal med beaktande av riskbidrag från olika typer av händelser och processer. Optimeringen kan även visa vilka åtgärder och justeringar av slutförvarskonceptet som är mest effektiva för att så långt som ekonomiskt rimligt reducera dos och risk. SSM konstaterar att SKB:s genomförda analyser av detta slag är knapphändiga och endast avser ett fåtal aspekter av långsiktig strålsäkerhet. Beräkningar kopplade till dimensionering av korrosionsbarriären respektive ett antal osäkerhetsanalyser för det så kallade advektion-korrosionsfallet har dock genomförts. I dessa studier modellerades inverkan av kapseltjocklek och betydelsen av olika typer av urvalskriterier för val av deponeringspositioner med avseende på antal beräknade kapselbrott efter en miljon år. Osäkerhetsanalyser för advektion-korrosionsfallet avser för närvarande konceptuella osäkerheter kopplade till bufferterosion och hydrogeologi snarare än konkreta åtgärder kopplade till uppförandefasen.

SSM anser emellertid att en generell optimering av slutförvarssystemet avser även exempelvis driftsrelaterade frågor som inte nödvändigtvis behöver baseras på beräkningar av dos/risk. En sådan generell optimering har genomförts i olika sammanhang under SKB:s hittillsvarande arbete och bedöms även ha en betydelse i kommande steg av SKB:s program. I många fall styrs utformningen av slutförvaret av faktorer som inte direkt kan relateras till dos/risk och som inte utan vidare kan kvantifieras och modelleras inom ramen för en riskanalys. SSM anser därför att SKB:s begränsade användning av kvantitativa optimeringsanalyser baserad på dos/risk är rimliga med tanke på ramen för detta prövningssteg. I senare steg av slutförvarsprogrammet inför en eventuell idrifttagning när ytterligare information finns tillgänglig från förhållanden på förvarsdjup, och från provtillverkning av slutförvarskomponenter, anser SSM att andra relevanta frågeställningar behöver identifieras och analyseras. Ett exempel på en sådan tänkbar optimeringsanalys som har berörts ovan avser val av förvarsdjup.

SSM har i detta prövningssteg fäst störst avseende vid processer, händelser och egenskaper som kan leda till utsläpp av radioaktiva ämnen under de första 100 000 åren. Tider efter 100 000 år har inte granskats med samma detaljeringsgrad och bedöms ha en

mindre betydelse för bedömningen av SKB:s ansökan. Även om riskkriteriet inte har samma dignitet för tider efter 100 000 år som för tiden före, så kvarstår kravet att analysera dos/risk med syftet att identifiera möjliga åtgärder för att förbättra slutförvarets skyddsförmåga och säkerställa uppfyllelse av kravet på bästa möjliga teknik. SSM anser att ytterligare analyser i kommande steg av SKB:s program som omfattar dos/risk för tider före 100 000 år till stöd för bedömning av kravuppfyllelse i förhållande till riskkriteriet, även behöver innefatta tider efter 100 000 år fram till en miljon år. Dessa beräkningar behöver ge ett stöd för utvärdering av bästa möjliga teknik/optimering, vilket bör ske etappvis efter perioder då information av betydelse för utvärderingen av långsiktig strålsäkerhet gradvis tillkommer.

SSM anser att SKB:s analys av kollektivdos är godtagbar och konsekvent med SSM:s egna analyser. Det enda scenariot som inkluderar utsläpp av radioaktiva ämnen under de första 1000 åren är ett ur statistisk mening litet utsläpp från kapslar får stora skador pga. berggrörelser orsakade av jordskalv i närheten av slutförvaret. Utsläpp av radioaktiva ämnen domineras av kol-14. SSM konstaterar att kollektivdos har en mindre betydelse för bedömning av SKB:s analys, eftersom beräknade risker för utsläpp av radioaktiva ämnen under de första 1000 åren av ett flertal orsaker är mycket små för att därefter gradvis öka under säkerhetsanalysens tidsperioder. Skulle andra tänkbara scenarier som i någon utsträckning involverar risk för tidiga utsläpp av radioaktiva ämnen behöver dock frågan om kollektivdos tas upp på nytt och utvärderas med högre detaljeringsgrad.

En diskussion av bästa möjliga teknik i perspektivet av barriärsystemets detaljerade utformning med avseende på föreskriftkrav SSMFS 2008:21 § 6 redogörs för nedan och krav på bästa möjliga teknik enligt miljöbalken finns beskrivet i granskningsrapporten om systemövergripande frågor (SSM2011-1135-18).

A4.2 Utformning med hänsyn till BMT

A4.2.1 Krav

SSMFS 2008:21 § 6 Barriärsystemet ska konstrueras och utföras med hänsyn till bästa möjliga teknik¹².

A4.2.2 SSM:s bedömning

SSM anser att KBS-3-metodens tekniska barriärer bestående av en kopparkapsel med en segjärnsinsats samt den omgivande bufferten av bentonitlera har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet. SSM avser dock att ställa krav på ett betydande fortsatt utvecklingsarbete innan utformning, tillverkning och provning av dessa förvarskomponenter kan anses vara helt färdigutvecklad och tillräckliga för slutförvarets driftsfas.

SSM bedömer att även andra komponenter i konceptet som SKB har utvecklat och som kan betraktas som delar av barriärsystemet har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet. Till dessa hör det omgivande berget som visserligen inte är påverkbart efter platsvalet men konkreta åtgärder kan ändå vidtas för att förbättra skyddsförmågan. Detta gäller exempelvis vid planering av slutförvarets layout, vid placering och orientering av deponeringstunnlar i förhållande till deformationszoner, vid val av förvarsdjup, begränsning av bergskadegonen EDZ ("Excavation Damaged Zone") samt vid placering av deponeringshål i förhållande till stora och/eller vattenförande sprickor i berggrunden. Även andra tillverkade komponenter i slutförvaret kan betraktas som delar av barriärsystemet då de har en påverkan på slutförvarets strålsäkerhet före respektive efter den slutliga förslutningen, så som återfyllning av deponeringstunnlar med block och

¹² Jfr. 2 kap. 3 § miljöbalken



pellets av bentonitlera, pluggar tillverkade av cement i änden av deponeringstunnlarna, återfyllning av transport och huvudtunnlar samt förslutningen av tillträdesvägar till förvaret.

Allmänt om referensutformning och val av koppar som korrosionsbarriär

Denna fas av myndighetens prövning och granskning av barriärsystemet avser SKB:s nuvarande referensutformning och inte ett ställningstagande till en slutlig utformning av slutförvaret och dess komponenter för användning i drift. SSM anser det vara nödvändigt att SKB fullt ut utnyttjar möjligheten att under en uppförandefas vidareutveckla och förbättra barriärsystemet baserat på tillkommande information inklusive nya resultat från vetenskapssamhället i stort, samt resultat både från denna granskning och från SSM:s kommande granskningar. Detta förväntas innebära en vidareutveckling och ytterligare konkretisering av den nuvarande referensutformning som SKB har specificerat i ansökan. I etablerandet av slutförvarets initiala tillstånd ingår exempelvis att med en gradvis ökande detaljeringsgrad specificera materialval, dimensionering av slutförvarskomponenter, tillåtna toleranser vid tillverkning, val av tillverkningsmetoder, tunneldrivning och slutförvarets layout, detaljutformning av komponenter, kravställning och karaktärisering av materialegenskaper och materialsammansättning, oförstörande och förstörande provning samt driftsfrågor.

SSM anser att vissa val som gjorts är grundläggande för KBS-3-metoden och därför betraktas som en grundförutsättning för kommande steg i SKB:s program. SSM bedömer att dessa i synnerhet är: (i) val av koppar som korrosionsbarriär, (ii) användning av en lastbärande insats för att uppnå kapselns mekaniska integritet, (iii) val av bentonitlera för buffert och återfyllnad samt (iv) val av ungefärligt förvarsdjup cirka 400-700 m. Om behov av betydande ändringar av dessa grundförutsättningar av något skäl skulle uppkomma kan det komma att krävas en ny tillståndsprövning samt omfattande forsknings- och utvecklingsinsatser innan SKB:s program skulle kunna övergå i en implementeringsfas.

SSM bedömer att SKB:s materialval för tekniska barriärer som inkluderar koppar, segjärn och bentonitlera enligt referensutformningen är lämpliga med beaktande av platsförutsättningar vid Forsmark och är att betrakta som bästa möjliga teknik. Enligt SSM finns det förutsättningar att åstadkomma en godtagbar korrosionsbarriär med ett 50 mm tjockt kopparhölje. Detta baserat på befintlig kunskap om processer som kopparkorrosion med kvarvarande syre, sulfidkorrosion, anoxisk korrosion av koppar i syrgasfritt vatten, strålningsinducerad korrosion, mikrobiell sulfatreduktion, diffusion i bentonitlera, fördelning av grundvattenflöde samt grundvattenkemiska betingelser i berggrunden vid Forsmark. SSM anser att användning av en korrosionsbarriär av koppar i samverkan med andra barriärer och med beaktande av i huvudsak välkända betingelser i slutförvarsmiljön vid Forsmark är lämplig och i tillräcklig utsträckning bidrar till slutförvarets skyddsförmåga. Det finns fortfarande frågor kopplade till korrosionsprocesser som behöver belysas ytterligare i kommande steg av slutförvarsprogrammet, men dessa frågor bedöms inte vara avgörande i detta steg. Det finns andra alternativa material som utgör tänkbara materialval för korrosionsbarriären, men det skulle med all sannolikhet vara både svårt och mycket tids- och resurskrävande att visa att något alternativt material är uppenbart bättre än koppar för ett slutförvar vid Forsmark. SSM anser därför att ett kopparhölje med en tjocklek av 50 mm är att betrakta som bästa möjliga teknik. Den betydande kapseltjockleken på 50 mm bidrar till tålighet i förhållande till ett brett spektrum av korrosionsprocesser.

Kapselinsats

Beträffande kapselinsatsen av segjärn som SKB har utvecklat bedömer SSM att skadetålighet och marginaler mot plastisk kollaps i samband med isostatiska lastfall är

god. SSM bedömer även att det finns förutsättningar att uppnå tillräckligt goda materialegenskaper med avseende på skjuvlastfallet. Här har dock vissa kvarvarande frågor med avseende på den variation av materialegenskaper som påvisats i samband med den av SKB genomförda provtillverkningen en större betydelse, vilket behöver uppmärksammas i kommande steg. Det är viktigt att kvarvarande osäkerheter blir omhändertagna så som spridningen i brottseghetsdata för segjärnsinsatsen, eventuell förekomst av inre defekter som är svåra att kvalificera i en kvalificeringsprocess för oförstörande provning samt verifikation av tillverkningskrav med utgångspunkt från enbart mikrostruktur och provtagning i insatsens övre delar. SSM bedömer dock att SKB genom ytterligare utvecklingsarbete och provtillverkning bör kunna ta fram erforderligt underlag inför kommande säkerhetsanalyser. Den av SKB föreslagna insatsen tillverkad genom gjutning bedöms ha förutsättningar att uppfylla kravet på bästa möjliga teknik eftersom marginaler mot plastisk kollaps i samband med isostatiska lastfall är förhållandevis god. Det är vidare möjligt att begränsa konsekvenser från eventuella jordskalv genom att optimera hela barriärsystemet som förutom kapseln även involverar buffertens densitet samt urvalskriterier för deponeringshålspositioner. SSM bedömer att bästa möjliga teknik inkluderar användning av oförstörande provning (OFP) för både BWR- och PWR-insatser. Eventuella kvarstående osäkerheter med avseende på insatsernas materialegenskaper bör möjligen hanteras med probabilistiska metoder. SKB har ännu inte tagit fram karaktäristik för defekter i insatsen utifrån ett OFP-perspektiv, men SSM bedömer att SKB kan ta fram den eftersökta informationen efter ytterligare utvecklingsarbete.

Buffert och återfyllnadsmaterial

SKB motiverar användning av en buffert tillverkad av bentonitlera dels med utgångspunkt i barriärfunktionen inneslutning och möjligheten att bl.a. eliminera mikrobiell aktivitet och advektiv transport i anslutning till kapselytor, dels med utgångspunkt i dess bidrag till barriärfunktionen fördröjning av radionuklider i fall att kapselns inneslutande förmåga har upphört att fungera. Bentonitleran i återfyllnaden har enligt SKB:s specifikationer mindre långtgående funktionskrav men innefattar att begränsa grundvattenflöde och förhindra en för stor inträngning av buffertmaterial. SSM anser att användning av bentonitlera både som buffert och återfyllnad är att betrakta som bästa möjliga teknik under förutsättning att materialvalet innefattar krav på tillräckligt hög smektithalt så att svälltryck kan upprätthållas i tillräcklig omfattning även efter vissa materialomvandlingar. Bentonitlera har varit föremål för omfattande undersökningar inte bara i det svenska kärnavfallsprogrammet utan i flera andra länder med slutförvarsprogram under lång tid. Det skulle sannolikt vara mycket svårt och resurskrävande att ta fram ett alternativt material med lika goda eller bättre egenskaper för slutförvarssammanhanget. För att så långt som möjligt reducera vissa möjliga korrosionsangrepp på kopparkapseln kan bästa möjliga teknik, förutom krav på smektithalt, komma att innefatta även andra krav på materialvalet så som att halter och förekomstformer av organiskt material behöver specificeras och begränsas. Erosionsbeständighet behöver också beaktas vid materialvalet. Med tanke på att jonbytesreaktioner kommer att äga rum för bentonitmaterial i anslutning till vattenförande sprickor är det dock tveksamt om stora skillnader för olika bentonittyper kan påvisas i detta avseende.

SSM anser att det är rimligt att kraven på återfyllnadsmaterialet är lägre än för buffertmaterialet med tanke på att återfyllnadens funktionskrav generellt har en mindre säkerhetsbetydelse. Mikrobiell sulfatreduktion i återfyllnaden behöver dock kunna begränsas för att så långt som möjligt undvika korrosion i omättade deponeringshål. Val av buffertens densitet är en viktig fråga för optimering av buffertens säkerhetsfunktioner. En tillräcklig hög densitet är viktig för att eliminera/reducera mikrobiell aktivitet samtidigt som en allt för hög densitet innebär större risk för kapselbrott i samband med skjuvlastfallet. Det krävs ytterligare studier kring hur en lämplig och homogen densitet för



både buffert och återfyllnad åstadkoms i verkliga deponeringstunnlar med användning av pressade block och pellets samt efter beaktande av förvarsutrymmenas faktiska geometrier med oregelbundna bergväggar.

Förvarsdjup

Beträffande slutförvarets utformning utgör inplaceringen i djupled en viktig faktor. När väl ett platsval har genomförts utgör val av förvarsdjup tillsammans med planering av förvarslayouten kvarstående möjligheter att påverka slutförvarets skyddsförmåga. SSM anser att bästa möjliga teknik för ett slutförvar vid Forsmarksplatsen i detta avseende utgör ett förvarsdjup på minst det djupintervall på 450 – 500 m som SKB har specificerat i ansökan. För mera ytligt belägna förvar har SKB visat på förekomst av en högre sprickfrekvens på grundare djup. En sådan inplacering skulle försämra skyddsförmågan i perspektivet degradering av de tekniska barriärerna via mera omfattande erosion av bufferten och korrosion av kapseln, och också medföra mera begränsad fördröjning av radioaktiva ämnen om kapselns täthetsfunktion fallerar. Ett djupare förvar än vad SKB föreslår skulle kunna medföra en förbättrad skyddsförmåga tack vare en lägre risk för utspädning av grundvatten på förvarsdjup, minskad risk för att slutförvaret påverkas av permafrost, lägre grundvattenflöden samt längre transportvägar från läckande kopparkapslar till biosfären. Det finns dock även betydande nackdelar såsom försämrade förutsättningar för konstruktionsarbeten till följd av högre bergsspänningar på större djup. Enligt SSM:s bedömning har SKB visserligen hanterat bergspänningssituationen pessimistiskt i sin nuvarande analys, men detta kan troligen inte fastställas förrän tillfartsvägarna har färdigställts. SSM anser att SKB i kommande steg av sitt program behöver, på ett grundligare sätt baserat på en optimeringsanalys, motivera val av förvarsdjup med hjälp av bland annat uppdaterad information om bergspänningssituationen. SSM anser att det är rimligt att i en sådan analys beakta att ett större förvarsdjup är förknippat med ökade kostnader på grund av att konstruktionsarbeten försvåras och att deponeringstunnlarna inte kan utnyttjas lika effektivt med tanke på högre omgivningstemperaturer.

Tillverkningsmetoder och fortsatt optimering

Förutom de mest grundläggande frågorna kring materialval för de tekniska barriärerna och kring förvarsdjupet anser SSM att kopparkapselns tillverkning och detaljutformning utgör en av de frågeställningar som har betydelse för bedömning av förutsättningar att uppfylla kravet på bästa möjliga teknik. Kapselns nuvarande tillverkning och detaljutformning kan inte anses vara definitivt fastställd och kan i viss omfattning komma att justeras i kommande steg av SKB:s program. SSM anser att tillverkningsmetoderna extrusion och smidning kan preliminärt anses vara godtagbara och har förutsättningar för att uppfylla krav på bästa möjliga teknik för tillverkning av kopparkapseln. Det finns dock ett flertal frågeställningar som ytterligare behöver belysas så som hur homogen fosforhalt kan verifieras, vilka åtgärder som behövs för att eliminera/minimera förekomst av oxidföreningar, samt fastställande av kravbilderna för defekter i kapselns komponenter. För förslutning av kopparkapseln har SKB utvecklat en variant av friktionsomrörningssvetsning som bedöms vara lämplig för ändamålet. SSM anser dock att en viktig fråga för friktionsomrörningssvetsning är att sammanhängande oxidstråk har detekterats i svetsfogen vid provtillverkning. Sådana oxidstråk kan i samband med väteupptag efter kapseldeponering medföra en påverkan på kapselns skyddsförmåga i samband med både deformation och korrosion. SKB har dock utvecklat sin svetsmetod genom användning av skyddsgasen argon som kan begränsa förekomst av oxider i svetsfogen. Metodens effektivitet och tillförlitlighet behöver dock vidareutvecklas och förbättras i kommande steg av SKB:s program. SKB behöver också fortsätta studier av degraderingsmekanismer som kan kopplas till oxidförekomster. Digniteten av sådana studier påverkas delvis av i vilken omfattning svetsfogens innehåll av oxider kan



minimeras. SSM anser att även svetsmetoden har förutsättningar att uppfylla kravet på bästa möjliga teknik.

SKB:s kapselutformning har baserats på att kopparhöljet kan deformeras via kryp då yttre tryck anbringas på kapseln. Det bör dock framhållas att det finns vissa osäkerheter kring koppars krypduktilitet och tålighet mot krypdeformation. SSM betraktar inte frågan som avgörande i detta provningssteg men SSM avser ställa krav på att inverkan av dessa osäkerheter kartläggs och minimeras genom ett långsiktigt provnings- och utvecklingsprogram som bland annat innefattar studier av krypmekanismer, provtillverkning av kapselkomponenter, modellering av höljets deformation, och fortsatt optimering av kapselns utformning.

A5. Konstruktion och utförande samt intrång och tillträde

A5.1 Tålighet

A5.1.1 Krav

SSMFS 2008:21 5 § *Barriärsystemet ska ha tålighet mot sådana förhållanden, händelser och processer som kan påverka barriärernas funktioner efter förslutningen.*

A5.1.2 SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB:s redovisning och analys kring barriärsystemets långsiktiga integritet ger ett tillräckligt underlag för att konstatera att ett barriärsystem bestående av kopparkapsel, bentonitbuffert och berg vid Forsmarksplatsen har förutsättningar att uppfylla SSM:s föreskriftskrav kopplat till barriärsystemets tålighet. De tekniska barriärerna behöver inte vara bestående i absolut mening för att föreskriftkravet skall kunna anses vara uppfyllt. Utformning och materialval behöver dock vara lämpligt med avseende på faktiska förhållanden på förvarsdjup liksom med avseende på händelser och processer. Det behöver visas att var och en av barriärerna på ett väsentligt sätt bidrar till förvarets långsiktiga skyddsförmåga. I detta avsnitt görs en genomgång av tålighet i följande perspektiv:

- barriärernas samlade betydelse
- Forsmarksplatsens betydelse
- inverkan av en eller flera fallerade barriärer
- de viktigaste frågorna för de enskilda tekniska barriärernas tålighet

För en bedömning av barriärsystemets tålighet krävs kunskaper om varje enskild barriärs tålighet samt hur barriärerna samverkar för att upprätthålla slutförvarets skyddsförmåga. Det finns dock osäkerheter med avseende på enskilda barriärers utveckling som är svåra att helt eliminera särskilt för extremt långa tider. Utvärdering av systemets tålighet genom analys av barriärdegradering och konsekvensanalys pekar dock på att systemets tålighet i sin helhet är godtagbart även om enskilda barriärers skyddsförmåga i viss utsträckning skulle visa sig vara sämre än vad som förutsätts i SKB:s analys. Sammantaget bedömer SSM att barriärsystemet bestående av tekniska barriärer och den naturliga bergbarriären är tillräckligt robust. Fall med stora omgivningskonsekvenser avser situationer i vilka mer än en barriär fallerar eller visar sig ha en väsentligt sämre skyddsförmåga än förväntat. Analys av konsekvenser av att enskilda barriärer eller kombinationer av barriärer helt förlorar sina barriärfunktioner har genomförts av SKB och detta gör det möjligt att få en grundläggande förståelse för hur de olika barriärerna både ensamt och i samverkan med varandra bidrar till slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet.



SSM:s slutsats om tålighet ovan har också baserats på resultat från platsundersökningsfasen bl.a. att frekvensen av vattenförande sprickor i avsedda bergvolymen vid Forsmark är låg, samt att en överlag gynnsam grundvattenkemisk miljö för de tekniska barriärernas beständighet och för fördröjning av flertalet radioaktiva ämnen har kunnat verifieras. Förutom grundvattenflöden och kemiska förhållanden behöver mekaniska laster i berggrunden också beaktas vid bedömning av tålighet eftersom dessa förhållanden berör kapselns mekaniska integritet. Dessa är dock delvis relaterade till yttre händelser så som kommande istider snarare än till platsvalet.

Förutsättningarna för de tekniska barriärernas beständighet påverkas av lokala bergegenskaper runt omkring deponeringshålen. Olika typer av positioner i berget för deponeringshålen kan t.ex. medföra olika karaktäristik inom riskanalysen:

- helt utan vattenförande sprickor eller stora sprickstrukturer
- med mindre spricka/sprickor som medför ett begränsat grundvattenflöde i direkt anslutning till deponeringshålet
- med större sprickor/strukturer som kan hysa mera betydande grundvattenflöden och/eller hysa bergörelser i samband med kommande jordskalv

SKB förutsäger att för den förhållandevis täta Forsmarkslinsen kommer en majoritet av deponeringshålen inte ha anslutande vattenförande sprickor medan de flesta övriga deponeringshål kommer att träffas av mindre sprickor med begränsat grundvattenflöde. Deponeringshål med större sprickor är mindre lämpliga och SKB har föreslagit metoder för att så långt som möjligt utesluta denna kategori. Även om sådana deponeringshål i praktiken inte helt kan undvikas så anser SSM att en selektiv placering av deponeringshål är en effektiv metod för att tillgodose barriärsystemets tålighet.

Om deponeringshålen har placerats i en tät berggrund minskar risken för att mer än en teknisk barriär kan falla samtidigt i ett och samma deponeringshål. Fall där en teknisk barriär faller oberoende av den andra inkluderar en tänkt förlust av bufferten eller alternativt kapselbrott med bildning av genomgående sprickor eller hål i kopparhöljet i ett deponeringshål med intakt buffert. Om ett antal enskilda kapselbrott äger rum fördelat över ett långt tidsspänn är sannolikheten mindre för att spridning av radioaktiva ämnen ger upphov till betydande omgivningskonsekvenser än om kapselbrott kan kopplas till diskreta händelser i slutförvarets utveckling. SSM anser att det finns förutsättningar att uppfylla tålighetskravet även för dessa helt hypotetiska fall.

Om deponeringen sker i lämpliga positioner så bidrar även berget i stor utsträckning till barriärsystemets tålighet genom att begränsat grundvattenflöde och långsam transport av läckande radioaktiva ämnen i fall kapselns inneslutande förmåga skulle upphöra. Bergbarriären anses vara betydligt förstärkt i deponeringshålspositioner som inte skärs av vattenförande sprickor. Avsaknaden av direkta förbindelser med omgivande grundvatten innebär att eventuella läckande radionuklider endast kan spridas i långsammare takt via diffusion till sprickor som skär deponeringstunnlar eller möjligen via den så kallade störda zonen i tunnelns bergvägg. I en berggrund med få vattenförande sprickor finns därmed överlag mera gynnsamma förutsättningar för begränsad spridning av eventuella läckande radionuklider i jämförelse med en normalsprickig berggrund.

Enligt SKB:s redovisning kan det inte uteslutas att de båda tekniska barriärerna degraderas i ett och samma deponeringshål och därmed begränsas skyddsförmågan till att enbart omfatta den naturliga barriären. Det mest betydelsefulla fallet för denna situation som har identifierats avser sulfidkorrosion som pågår under lång tid i bergpartier med hög sulfidhalt och höga flöden samt i positioner i berget som också under längre tid har påverkats av utspädda grundvatten och bufferterosion. Uppkomsten av sådan dubbel förlust av tekniska barriärer dominerar SKB:s riskanalys. SSM anser dock att det finns



förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet även i detta fall så länge som de positioner i berget som kan medföra förlust av de båda tekniska barriärerna på grund av erosion/korrosion så långt som möjligt identifieras och undviks vid utplaceringen av deponeringshåll. Denna situation förväntas enbart omfatta ett begränsat antal deponeringshållspositioner. Kvarvarande risk behöver kvantifieras och integreras i riskanalysen.

Det ur perspektivet barriärsystemets tålighet mest betydelsefulla fallet avser situationer där alla tre barriärerna degraderas och/eller påverkas samtidigt av en och samma händelse/process. Det enda kända exemplet på sådana fall i SKB:s redovisning är kapselhaverier som uppstår som ett resultat av stora skjuvrörelser i berget på grund av stora jordskalv i närliggande deformationszoner. Detta fall kan ge upphov till kapselbrott, bildande av snabba transportvägar i berget samt även en reducering av buffertens skyddsförmåga. Ett kapselbrott på grund av jordskalv förväntas därför medföra större konsekvenser än andra fall som har diskuterats ovan. I jordskalvsfallet kan även ett flertal kapslar i direkt anslutning till varandra skadas vid ett och samma tillfälle vilket är mycket osannolikt om kapslar istället fallerar på grund av inre processer eller påverkas av varierande grundvattenflöden i slutförvarsmiljön. SSM konstaterar dock att det som i många andra sammanhang är på gränsen till omöjligt att helt undvika risk för omgivningskonsekvenser med avseende på extrema händelser med mycket låg sannolikhet. Det är sannolikt inte heller möjligt att utforma och dimensionera barriärsystemet för att helt eliminera risken för skador på ett fåtal tekniska barriärer. SSM anser att tålighetskravet kan uppfyllas genom att vidta åtgärder för att säkerställa gynnsamma materialegenskaper för insatsen, kopparhöljet och bufferten, samt att så långt som möjligt undvika positioner i berggrunden med förhöjd risk för att påverkas av ett jordskalv. Kvarvarande risk efter tillämpning av urvalskriterier för utplacering av deponeringshåll, materialprovning, oförstörande provning och hållfasthetsanalyser behöver också beaktas i riskanalysen.

Riskutspädning som ett resultat av en probabilistisk hantering av konsekvenser från jordskalv förväntas inte vara av avgörande betydelse då den kortsiktiga risken kopplat till förekomst av pulsutsläpp är begränsad i förhållande till risk från långsiktiga kontinuerliga utsläpp. SSM anser dock att SKB med ett mera integrerat angreppssätt för modellering av radionuklidtransport kan verifiera detta förhållande på ett tydligare sätt.

SSM:s bedömning med avseende på de enskilda tekniska barriärernas tålighet avser följande frågeställningar:

- kapselns skadetålighet och tålighet mot plastisk kollaps för svälltrycklastfall och isostatisk belastning vid stora islaster
- kapselns skadetålighet och tålighet mot plastisk kollaps i samband med skjuvlaster
- buffertens tålighet mot erosion i samband med installationsfasen samt kemiska omvandlingar
- kapselns tålighet i samband med korrosion vid intakta buffertförhållanden
- buffertens tålighet mot kemisk erosion vid mycket utspädda grundvattenförhållanden
- kapselns tålighet i samband med korrosion vid eroderade buffertförhållanden
- kapselns tålighet mot långsamma krypdeformationer och väteförsprödning

Det bör påpekas att föreskriftskravet avser hela barriärsystemet och inte enskilda barriärer. SSM:s bedömning av förutsättningar för kravuppfyllelse avser således systemet som helhet. Bedömningen av de enskilda barriärernas tålighet har dock en betydelse för andra föreskriftskrav förutom tålighetskravet så som kravet kopplat till bästa möjliga teknik (6 § SSMFS 2008:21; 4 § SSMFS 2008:37) och kravet kopplat till skydd av människors hälsa (5 § SSMFS 2008:37).



Kapselns skadetålighet och tålighet mot plastisk kollaps för svälltrycklastfall och isostatisk belastning vid stora islaster

SSM bedömer att SKB:s nuvarande förslag till kapselutformning för BWR- och PWR-kapslar med insats av segjärn och ett kopparhölje har tålighet mot plastisk kollaps av insatsen samt tålighet mot deformationer av kopparhöljet vid de identifierade konstruktionsstyrande fallen kopplade till buffertens svälltryck och initiala utveckling. Svälltryckslaster uppstår som ett resultat av att bufferten som omger kapseln återmätas med vatten från omgivande berg och sväller i deponeringshålets slutna volym.

SSM anser även att kapseln har tålighet mot de isostatiska laster som är förknippade med höga vattentryck under kommande istider vid den förväntade maximala istäckningen. Istäcket och vattenpelaren i berggrunden under en istid kan under vissa förhållanden öka den isostatiska belastning som kopparkapslarna blir exponerade för. Även vid dessa isostatiska belastningar finns enligt känslighetsanalyser fortfarande förhållandevis goda marginaler mot plastisk kollaps. Realistiska tryckprov har genomförts i nära fullskala. Resultat från dessa har god överensstämmelse med numeriska analyser vilket bidrar till SSM:s tilltro till kapselns tålighet. Om istjockleken närmar sig mycket extrema mindre sannolika värden samtidigt som det finns stora tillverkningsfel i förhållande till segjärnsinsatsens diameter, erhålls dock mindre säkerhetsmarginaler mot isostatisk kollaps av kapseln.

SSM bedömer att skadetåligheten för segjärnsinsatser av både BWR- och PWR-typ får anses vara god med utgångspunkt från analyser av de tvärsnitt i vilka SKB har ansatt defekter. Att tvärsnitten tål så stora defekter beror på att segjärnsinsatsen främst erhåller tryckspänningar vid isostatisk last. Det gör att de acceptabla sprickstorlekarna blir i det närmaste oberoende av segjärnets brottseghet utom inom vissa områden för vilka SKB redovisar något lägre acceptabla sprickstorlekar. Detta pekar sammantaget på att skadetåligheten får anses vara relativt god. SSM anser dock att SKB via en kvalificeringsprocess behöver visa att man har tillgång till oförstörande provning (OFP) vid tillverkningen som förmår att detektera, karaktärisera och storleksbestämma de defektstorlekar som är framtagna i samband med skadetålighetsanalyserna. SSM anser att det isostatiska lastfallet har stor betydelse eftersom fallet på mycket lång sikt berör kapselns tålighet i samtliga deponeringshålspositioner dvs. även de positioner som inte skärs av vattenförande sprickor.

Kapselns skadetålighet och tålighet mot plastisk kollaps i samband med skjuvlaster

SSM bedömer på basis av nuvarande redovisning och detaljutformning för både BWR och PWR kapslar, med segjärnsinsats och kopparhölje med lock och botten, att det finns förutsättningar att påvisa tillräcklig tålighet mot plastisk kollaps vid de skjuvlaster som har specificerats i SKB:s konstruktionsstyrande lastfall. Skjuvlaster kan uppstå vid vissa deponeringshålspositioner i samband med stora jordskalv i deformationszoner i nära anslutning till slutförvaret. De primära rörelserna i dessa zoner kan fortplanta sig till mindre rörelser i sprickor som skär vissa deponeringshål. SSM:s bedömning av skjuvlastfallet har baserats på att det är ett mindre sannolikt lastfall för en individuell kapsel i slutförvaret. Detta beror på en låg årlig sannolikhet för att betydelsefulla skalv kommer att inträffa i just de deformationszoner som ligger närmast slutförvaret. Dessutom även om sådana jordskalv skulle ske är det endast kapslar i begränsad uppsättning deponeringshålspositioner som skulle bli utsatta för denna typ av last. Detta kan jämföras med det isostatiska lastfallet som i princip avser samtliga kapselpositioner. Betydelsen av skjuvlastfallet och vilka marginaler som kommer att erfordras beror delvis på med vilken precision SKB kommer att kunna identifiera och utesluta olämpliga deponeringshålspositioner som kan hysa stora skjuvrörelser.

SSM noterar att skjuvlast som ett resultat av berg rörelser vid jordskalv är både förskjutningsstyrt och deformationsstyrt. Det innebär att om man erhåller lokal plasticering av vissa områden hos kapseln så minskar kapselns styvhet varvid konstruktionen avlastas i dessa områden. Kopparhöljet har inte någon bärande funktion vilket betyder att kopparhöljets tjocklek inte är av avgörande betydelse för kapselns strukturella integritet vid skjuvlastfallet. SKB har genomfört analyser dels med avseende på en intakt kopparkapsel, dels med avseende på en kapsel för vilken korrosion som omfattar cirka hälften av kopparhöljets tjocklek har ägt rum. SSM konstaterar dock att en bedömning av kapselns deformation som äger rum efter det att kapseln har varit utsatt för betydande korrosion behöver beakta förekomst av väte som diffunderar in i materialet och dess eventuella påverkan på materialegenskaperna.

SSM:s bedömning med avseende på förekomst av en acceptabel tålighet mot plastisk kollaps vid en skjuvlast görs med hänsyn till måttliga töjningar och lokal utbredning av dessa töjningar i kapseln i förhållande till materialkraven på kapselinsatsens brotttöjning. Resultat från en experimentell studie i skala 1:10 som SKB har utfört ger även ett visst empiriskt stöd till denna bedömning. SSM anser dock att det är betydelsefullt att SKB framöver förbättrar redovisningen om hur man med hög tillförlitlighet ska säkerställa tillräcklig brotttöjning i insatsen via den materialprovning och andra undersökningar som planeras i samband med tillverkningen. I det fall stora variationer i insatsens brotttöjningsegenskaper inte kan uteslutas genom att optimera tillverkningsprocessen, behöver dessa variationer explicit omhändertas genom hållfasthetsberäkningar respektive beräkningar av möjligt antal skadade kapslar och därmed i slutändan även i riskanalysen.

SSM anser att bedömning av kapslarnas skadetålighet vid en skjuvlast enligt SKB:s konstruktionsförutsättningar innebär att SKB kan visa, via en kvalificeringsprocess att man med oförstörande provning vid tillverkningen av insatsen förmår detektera, karaktärisera och storleksbestämma de acceptabla defektstorlekar som är framtagna i samband med skadetålighetsanalyserna. De defektstorlekar som behöver detekteras i insatsen, speciellt inre defekter som inte är öppna mot insatsens mantelyta, kan vara hårt styrande och svåra att kvalificera i en kvalificeringsprocess för oförstörande provning efter tillverkningen. SSM anser därför att SKB behöver genomföra ytterligare studier av konsekvensen av yttre laster på kapselns hållfasthet och kopparhöljets täthet om insatsen skulle innehålla större sprickor än vad som SKB hittills har postulerat i skadetålighetsanalyserna. Resultat från hållfasthetsberäkningar respektive beräkningar av möjligt antal skadade kapslar på grund av skjuvlastfallet behöver ligga till grund för en kompletterad riskanalys.

Buffertens tålighet mot initial erosion efter installationsfasen samt kemiska omvandlingar
SSM bedömer att SKB har visat att det finns förutsättningar för att uppnå erforderlig tålighet för bufferten i perspektivet erosion under och direkt efter installationen. SSM anser att den initiala erosionen kan begränsas på ett tillförlitligt sätt med tanke på att utsatta positioner i berget med höga grundvattenflöden går att undvika med en selektiv deponeringshålsplacering. Det är dock viktigt att initial erosion utvärderas och beaktas för den delmängd av accepterade deponeringshålspositioner med grundvattenflöden över gränsvärdet. SSM ser positivt på att en relation mellan ackumulerad eroderad massa av lermaterial och ackumulerat vatteninflöde har tagits fram. Betydelsefullt är även att det finns ett tröskelvärde för vatteninflödeshastigheten till ett deponeringshål under vilket erosionen inte verkar ske. Dessa resultat har baserats på ett stort antal försök i olika skalor. SSM anser att SKB:s forskning har lett fram till en godtagbar om än delvis empirisk grundläggande processförståelse. SSM bedömer dock att vissa frågeställningar med avseende på buffertens erosionsbeständighet under fältförhållanden behöver vidareutvecklas. Detta gäller bland annat kategorisering av spricknätverkets egenskaper och hydrogeologins inverkan på buffertens integritet.



SSM bedömer att SKB:s redovisning visat att buffertens tålighet i perspektivet kemiska omvandlingar är godtagbar. Grundläggande för denna slutsats är en god teoretisk förståelse av de ingående mineralens tänkbara omvandlingsreaktioner, samt att modelleringsresultat i rimlig utsträckning visats överensstämma med observationer från laboratorieförsök samt naturliga analogier. Kemiska omvandlingar är i viss utsträckning förväntade i alla deponeringshålspositioner som ett resultat av initial strålning, förhöjd temperatur och materietutbyte med omgivande grundvatten. Det är dock endast om omvandlingsreaktioner fortgår i en större omfattning som buffertens tålighet påverkas. Dessa reaktioner skulle antingen behöva ge upphov till ett kraftigt minskat svälltryck så som efter en omfattande mineralomvandlingar av smektitlera (illitisering), alternativt orsaka stora förändringar med avseende på buffertens mekaniska egenskaper, så som efter en omfattande cementering. SSM bedömer att dessa fall är osannolika. Även om illitisering av bufferten skulle styras av materieöverföring snarare än kinetiska faktorer så skulle ett betydande materietutbyte med omgivande grundvatten behöva äger rum för att reaktionen skulle bli betydelsefull. Detta skulle i så fall endast avse ett begränsat antal deponeringshålspositioner.

Cementeringsprocesser kan under vissa omständigheter påverka buffertens elastiska och plastiska egenskaper och därför indirekt styvheten. SKB:s numeriska simuleringar och återopade fältförsök visar att cementeringens omfattning i ett KBS-3-förvar i Forsmark förväntas vara begränsad. SSM bedömer att dessa processer inte väsentligt kommer att påverka bentonitens egenskaper med avseende på skjuvlastfallet. SKB:s modellering av buffertens svälltryck med hänsyn till bl.a. osmos och Donnanjämvikt, homogenisering, materie- och värmetransport, samt mekaniska egenskaper i samband med skjuvlastfallet anser SSM vara godtagbar. SSM bedömer även att negativ inverkan på buffertens egenskaper från kapslarnas initiala strålfält kommer att vara mycket begränsad. SKB bör dock i kommande steg av sitt program eftersträva en mera detaljerad teoretisk förståelse kring betydelsen av dosrater och bestrålningstider, snarare än att slutsatser motiveras på empirisk grund baserad på total ackumulerad dos. SSM anser att termiska omvandlingar under en lång återmättnadsfas kan begränsas genom termisk dimensionering av slutförvaret och beaktande av buffertens lägre termiska konduktivitet under omättade förhållanden. Det är dock av stor betydelse för SSM:s bedömning av omvandlingsreaktionernas omfattning att temperaturen i närområdet för kapseln förblir lägre än 100°C.

Kapselns tålighet i samband med korrosion vid intakta buffertförhållanden

SSM anser att kapselns tålighet i samband med korrosion vid intakta buffertförhållanden baseras på att transportprocesser är mycket långsamma och begränsas till diffusion samt att pH och redoxförhållanden inuti bufferten förväntas variera inom snäva intervall som ett resultat av buffrande komponenter och mineral i berg, buffert och omgivande grundvatten. Dessa faktorer utgör randvillkor och är begränsande faktorer för korrosionsprocesser. Buffertens svälltryck och låg vattenaktivitet inhiberar mikrobiella processer som skulle kunna bidra till kapselkorrosion. Dessa förhållanden säkerställer dock inte nödvändigtvis tålighet med avseende på spänningsskorrosion (se nedan). Det behöver också beaktas att buffertens täthet är reducerad under perioder då det finns en sammanhängande transportväg för gasformiga korroderande ämnen så som syre och svavelväte.

SSM anser att allmän korrosion under oxiderande betingelser med beaktande av den betydande kapseltjockleken på 50 mm sannolikt endast har en mycket liten påverkan på kopparkapslarnas skyddsförmåga beroende på att tillgången till syre begränsas genom en försegling av deponeringstunnlarna efter avslutad deponering, samt att syre förbrukas av andra processer i slutförvarsmiljön utöver kapselkorrosion. Inverkan av denna typ av korrosion uppkommer endast under den förhållandevis korta tiden med oxiderande



betingelser. För att dessa slutsatser ska vara giltiga är det dock viktigt att det med hög tillförlitlighet går att visa att ett kontinuerligt inläckage av syre via tunnelpluggen och berg i nära anslutning till pluggen kan uteslutas under slutförvarets driftsfas. Utsträckning av tidsperioden med oxiderande betingelser påverkas förutom av syreförbrukande korrosion även av transportprocesser samt av biologiska och kemiska processer i slutförvaret som konsumerar syre. Dessa processer är delvis påverkbara genom specifikation av acceptanskriterier för buffert och återfyllnadsmaterial samt genom utformning av tunnelpluggar och bergtätningar.

SSM bedömer att kapselns tålighet i förhållande till allmän korrosion av koppar i kemiskt reducerande och sulfidhaltig miljö är förutsägbar genom massbalans- och massöverföringsberäkningar. Förhållanden i bufferten som är gynnsamma i perspektivet korrosion uppnås successivt varefter bufferten återmättas. SSM konstaterar att frågeställningar av betydelse för den initiala perioden i säkerhetsanalysen avser i synnerhet omfattning av mikrobiell sulfatreduktion samt uppskattning av tiden tills att sammanhängande transportvägar i gasfasen har eliminerats. Omrättade förhållanden i bufferten skulle enligt SKB:s analys kunna bli bestående under några 1000-tals år för vissa deponeringshålspositioner, vilket har en påverkan på gasformig materieöverföring. För längre tider får grundvattenflödes hastigheter i sprickor som skär deponeringshålen en gradvis ökande betydelse. Det finns också vissa osäkerheter kring långsiktig utveckling av grundvattenkemiska förhållanden, bland annat med avseende på fördelningen av sulfid- och vätehalter. SSM bedömer dock att SKB har beaktat dessa osäkerheter och att de beräknade korrosionsdjupen som ett resultat av allmän korrosion är begränsade i förhållande till kapseltjockleken på 50 mm även med hänsyn till mycket långa tider. I kommande steg av slutförvarsprogrammet finns behov av ytterligare undersökningar av återmättnadsförloppet i främst deponeringshål utan förbindelse med vattenförande sprickor samt undersökningar av mikrobiell sulfatreduktion i olika återfyllnadsmaterial som kan bli aktuella att använda i slutförvaret. Betydelsen av sådana omgivningsbetingelser för korrosionsprocesser i koppar förtydligas om de integreras i scenarioanalysen istället för att endast hanteras genom processbeskrivningar och fristående modelleringsstudier.

SSM konstaterar att kapselns tålighet med avseende på lokala korrosionsprocesser som spänningskorrosion och gropkorrosion påverkas av huruvida bildning av passiverande sulfidfilmer under omrättade förhållanden kan förekomma. Enligt SKB:s redovisning förväntas tillgången på sulfid vara mycket begränsad invid kapselytorna som ett resultat av allmän korrosion och diffusion i vattenfasen vilket anses eliminera risken för dessa lokala korrosionsprocesser. SSM anser dock att två fall som möjligen kan involvera en förhållandevis snabb bildning och transport av sulfider avser å ena sidan diffusion av sulfid i gasfas som har bildats i återfyllnaden och å andra sidan mikrobiell sulfatreduktion på kapselytor innan buffertens svälltryck har hunnit byggas upp. Dessa processer påverkar färre och färre kapselpositioner under slutförvarets gradvisa återmättnad. SSM:s bedömning är emellertid att risken för lokala korrosionsangrepp i sulfidmiljö inte helt kan uteslutas. Ytterligare analyser som med en högre detaljeringsgrad analyserar förutsättningar för sulfidkorrosion i omrättad miljö och risk för att passiverande filmer uppstår bör genomföras. För att underbygga bedömning av risken för spänningskorrosion behövs även utförligare analyser av förekomst av dragspänningar i kopparhöljet.

Beträffande korrosion av koppar i syrgasfritt vatten konstaterar SSM att såväl experimentella data som teoretiska analyser pekar på att denna korrosionsform i princip är möjlig i frånvaro av löst vätgas. I säkerhetsanalyssammanhang avser dock de avgörande frågorna korrosionsformens betydelse för dimensionering av korrosionsbarriären och för hur analysen av slutförvarets långsiktiga risk påverkas, snarare än enbart frågan kring huruvida processen existerar eller inte. Korrosion i slutförvarsmiljö förväntas bli



begränsad av att processen endast fortgår under grundvattenförhållanden där koncentrationer av korrosionsprodukterna väte och koppar(I)-joner förblir mycket låga. Korrosion kan dock under slutförvarsförhållanden fortskrida nära kemisk jämvikt och styrs då sannolikt av bortförsl av lättlösligt bildat väte. SSM bedömer att korrosionsformen har en mycket liten betydelse för kapselns tålighet i deponeringshål med intakt och återmättad buffert. Det är i huvudsak buffertens tätande förmåga och låga materieöverföringshastigheter på 500 m djup i berggrunden som utgör grunden för denna bedömning. Under den tid deponeringshålen förblir omättade skulle betydelsen kunna vara större eftersom mängd bildad vätgas behöver ackumuleras i den tillgängliga inneslutande gasvolymen innan korrosionen avstannar samt att transport av väte i gasfasen möjligen kan åtföljas av en mikrobiell konsumtion av vätgas i återfyllnaden.

Beträffande betydelsen av saltanrikning i anslutning till kopparkapslarna under perioden med omättade förhållanden (även kallad bastu- eller sauna-effekten) konstaterar SSM att halterna av karbonat och sulfat invid kapselytor förväntas bli löslighetsbegränsade. Ackumulation av klorid som ett resultat av inflöde av omgivande grundvatten med hög salthalt skulle kunna ha en större betydelse för kemiska betingelser invid kapselytorna eftersom de fasta kloridfaser har mycket högre löslighet. SSM bedömer dock att omfattningen vid behov kan begränsas och verifieras med information om lokala berggenskaper, och beaktas vid detaljerad utformning av buffert/återfyllnad. På lång sikt förväntas diffusion utjämna koncentrationsskillnader som uppstår på grund av denna effekt. En känslighetsanalys kring parametrar som styr transport av ånga i bufferten skulle ge ytterligare underlag för att bedöma processens omfattning i olika tidsintervall. SSM anser vidare att SKB i kommande steg av slutförvarsprogrammet behöver integrera arbetet med att karaktärisera kemiska betingelser i bufferten i högre utsträckning med analysen av buffertens och återfyllnadens termiska och hydrauliska utveckling.

SSM bedömer baserat på den förhållandevis korta tiden med ett betydande gammastrålfält vid kapselns ytteryta att den ackumulerade mängden av radiolytiska oxidanter som kan bildas medför en för liten reduktion av kopparhöljets tjocklek för att ha någon väsentlig påverkan på kapselns skyddsförmåga. Grunden för detta ställningstagande är den intakta kapselns strålskärmning och halveringstiden på cirka 30 år för den i sammanhanget dominerande nukliden cesium-137. SSM anser dock att SKB fortsättningsvis behöver redovisa strålfältets inverkan på den elektrokemiska korrosionspotentialen samt hur en passivering av oxidlagret under inverkan av strålfältet ensamt eller i samverkan med andra processer kan påverka uppkomst av ojämna korrosionsangrepp.

Buffertens tålighet mot kemisk erosion vid mycket utspädda grundvattenförhållanden

SSM anser att det finns förutsättningar för att uppfylla erforderlig tålighet i perspektivet kemisk erosion av bufferten som kan ske under mycket utspädda grundvattenförhållanden för de bergförhållanden som har konstaterats vid Forsmarksplatsen. Det är dock en komplex fråga eftersom erosionsprocessernas omfattning och betydelse beror på ett flertal samverkande faktorer kopplade till skilda områden så som kolloidkemi, hydrogeologi, grundvattenkemi samt klimatutveckling. Buffertens tålighet är delvis beroende av bergets täthet samtidigt som bufferten har stor betydelse för positioner där bergets täthet är mindre gynnsam.

SSM anser att den vetenskapliga förståelsen av kemisk erosion av bufferten vid mycket utspädda grundvattenförhållanden har utvecklats mycket under de senaste åren, dels genom SKB:s egen forskning, dels genom internationella projekt. Forskningen har bland annat lett fram till ett gränsvärde för förekomst av buffererosion med avseende på grundvattnets jonstyrka, samt en modell för erosionshastighet som beror på lokala bergförhållanden. SSM bedömer att det av SKB tillämpade gränsvärdet, nämligen att summan av laddningsekvivalenter för upplösta katjoner ska vara högre än 4 mM för att



undvika bufferterrosion, är pessimistiskt vald för tillämpning i säkerhetsanalysen. Gränsvärdet bedöms vara rimligt väl underbyggt baserat på en utförlig teoretisk motivering och ett flertal experimentella studier.

SSM bedömer att SKB:s modell för buffertens erosionshastighet vid utspädda förhållanden till stor del bygger på pessimistiska antaganden eftersom man har utgått från den mera erosionsbenägna rena natriumbentoniten som referensmaterial. Även om vissa forskningsfrågor behöver undersökas ytterligare så som inverkan av en sedimentering av kolloidpartiklar så bedömer SSM att erhållna modelleringsresultat representerar gränssättande erosionshastigheter.

Förutom konceptuella och vetenskapliga frågor kring bufferterrosionsprocessen i sig ingår i säkerhetsbedömningen ett flertal angränsande frågeställningar så som: (i) den massförlust som medför en risk för advektiva förhållanden i bufferten, (ii) erosionsgeometrier som bildas i en buffert efter erosion, (iii) fördelning av grundvattenflödes hastigheter och sprickaperturer för slutförvarets samtliga deponeringshålspositioner, (iv) den grundvattenkemiska utvecklingen och utspädning av salthalt till en nivå som medger bufferterrosion, (v) den förutsatta klimatutvecklingen som bland annat är styrande för vid vilken tidpunkt kemisk bufferterrosion först kan uppstå.

SSM anser att den av SKB förutsatta buffertförlusten som krävs för att uppnå advektiva förhållanden i ett deponeringshål är ändamålsenligt motiverad. Kvarvarande osäkerheter har hanterats på ett rimligt sätt bl.a. genom att analysera alternativa omfattningar av den buffertförlust som krävs för att uppnå advektiva förhållanden. SKB:s erosions- respektive korrosionsgeometrier är visserligen stiliserade och förenklade, men samtidigt kan det konstateras att analysen sannolikt har baserats på de mest pessimistiska fallen.

Beträffande hydrogeologi anser SSM att SKB i rimlig omfattning har beaktat föreliggande osäkerheter genom att modellera tre alternativa samband mellan sprickstorlek och transmissivitet och genom att genomföra ett antal realiseringar för varje samband. Oberoende beräkningar har dock visat att SKB:s erosionsberäkningar är känsliga för valet av modell för sprickapertur med en mera omfattande bufferterrosion vid tillämpning av den alternativa Hjerne-modellen. Även om SKB har tagit fram en godtagbar motivering till varför Hjerne-modellen är osannolik så noterar SSM dock att basfallets aperturer är mindre än dem som kan härledas från resistivitetsmätningar i berggrunden. SSM anser därför att SKB i kommande steg av sitt program behöver genomföra ytterligare undersökningar kring sambandet mellan sprickapertur och transmissivitet, och dessutom inkludera en alternativ konceptuell modell för grundvattenflödet som utgår från ett glest nätverk av kanaler genom berget eftersom ett sådant fall sannolikt har en påverkan på omfattningen av bufferterrosion.

SSM konstaterar att SKB:s beräkningar av grundvattnets salthaltsutveckling som används för att underbygga bufferterrosionsberäkningar har baserats på betydande inslag av konservatism. Detta beror på att SKB förutsätter infiltration av rent vatten, enbart beaktar utbyte av lösta joner med matrisvatten samt försummar tillskott av katjoner från vittringsreaktioner i berggrunden. SKB:s förenklade antaganden innebär också att samtliga deponeringshålspositioner uppnår den grad av utspädning som erfordras för bufferterrosion. Denna utgångspunkt innebär möjligen att både SKB:s erosionsmodell och den påvisade känsligheten för hydrogeologiska förhållanden har en mindre betydelse än vad SKB:s nuvarande beräkningar förespeglar. SKB har i andra sammanhang använt andra typer av modeller för att förutsäga grundvattnets salthaltsutveckling och dessa resultat antyder att erosionen bara omfattar en delmängd av alla deponeringshål. SSM bedömer därför att SKB i kommande steg av sitt program bör ta fram en mera sammanhållen och komplett modelleringsansats med avseende på utveckling av

grundvattnets salthalt till stöd för erosionsberäkningar samt bör beakta kompletterande analyser av matrisvattensammansättning, abiotiska vittringsprocesser i berggrunden samt biologiska processer i ytlagret som kan påverka grundvattnets mineralisering.

SSM bedömer att i synnerhet med beaktande av tillskott av lösta joner från vittringsreaktioner att en omfattande utspädning av grundvatten på försvarsdjup är osannolik under den första perioden med tempererade förhållanden och att risk för kemisk buffererosion främst kan kopplas till situationer långt in i framtiden när glaciala smältvatten infiltrerat berggrunden. SKB:s analys visar också att osäkerheter i klimatutveckling kan gränsättas av fallet med en erosion av bufferten som pågår under hela glaciationscykeln. För att i framtiden kunna prioritera olika åtgärder för att förstärka barriärsystemets tålighet anser dock SSM att SKB i kommande steg av sitt program behöver ta fram en mindre grov analys av hur flöden och massförlust på grund av buffererosion är fördelad över en glaciationscykel.

SSM anser sammanfattningsvis att Forsmarkplatsens specifika egenskaper med få vattenförande sprickor samt förekomst av grundvatten med hög jonstyrka på försvarsdjup bidrar till att tillgodose buffertens tålighet även efter beaktande av risken för kemiska erosionsprocesser. Denna bedömning baseras förutom på platsvalet också på SKB:s planer på att använda en selektiv deponeringshålsplacering där positioner i berget med omfattande grundvattenströmning inte utnyttjas. Dessa båda förutsättningar bidrar till en begränsning av antalet deponeringshål som påverkas av buffererosion under relevanta tidsskalor.

Kapselns tålighet i samband med korrosion vid eroderade buffertförhållanden

SSM konstaterar att kapselkorrosion förväntas ske snabbare i eroderade deponeringshål i jämförelse med deponeringshål med intakt buffert. Detta beror på att buffertens materieöverföringsbegränsningar elimineras och att advektiva förhållanden kan uppstå i direkt anslutning till kapselytorna. Snabbare transport av korroderande ämnen respektive korrosionsprodukter upplösta i grundvatten ger förutsättningar för mera betydande korrosionsangrepp. De konceptuella osäkerheterna kopplade till kopparkorrosion ökar också i en miljö där vissa begränsningar med avseende på mikrobiell sulfatreduktion så som höga svälltryck inte längre upprätthålls. Kapselns tålighet behöver därför i viss utsträckning anses vara reducerad i deponeringshål med eroderad buffert.

SSM anser att SKB har genomfört en utförlig analys kring vilka betingelser i slutförvarsmiljön som kan påverka omfattning av sulfidkorrosion i eroderade deponeringshål. Även om analyserna omfattar osäkerheter så bedömer SSM att dessa har utvärderats inom ramen för känslighetsanalyser. Osäkerheterna kan kopplas till val av konceptuell hydrogeologisk modell innefattande olika korrelationer mellan sprickstorlek och transmissivitet, respektive mellan sprickapertur och transmissivitet, fördelning av sulfidhalter, korrosions- och erosionsgeometrier, tidsintervall för förekomst av utspädd grundvattenförhållanden samt inverkan av val av kapseltjocklek samt tillämpning av urvalskriterier för deponeringshål. SKB:s beräkningsresultat pekar på att det är osannolikt att kapselbrott sker under tiden upp till 100 000 år även för fallet då buffertens säkerhetsfunktioner har eliminerats. SKB:s beräkningar tyder på att användning av urvalskriterier för deponeringshål är en betydelsefull åtgärd för att minimera risker kopplat till både kapselkorrosion och buffererosion. SSM anser också att SKB genom bortval av deponeringshålspositioner som uppvisar ofördelaktiga förhållanden i perspektivet erosion/korrosion kan begränsa inverkan av dessa processer på slutförvarets skyddsförmåga.

Beträffande korrosion av koppar i rent vatten i eroderade deponeringshål konstaterar SSM att det är tänkbart att korrosionen, förutom den borttransport av väte som SKB har baserat

sin analys på, även drivs framåt av mikrobiella processer i närheten av kapselytan som förbrukar bildat väte. För att detta fall ska realiseras krävs dock att en lång händelsekedja fullbordas i vilken varje steg har en viss sannolikhet och en viss utsträckning i tiden: (i) grundvattnets salthalt behöver först sjunka radikalt till dess att jonstyrkan från katjoner motsvarar 4 mM, (ii) erosionen av buffertmaterial påbörjas och fortskrider till dess att mikrobiell aktivitet möjliggörs och advektiva förhållanden uppstår, (iii) mikrobiella populationer etableras i eroderade deponeringshål med en kapacitet att konsumera även små mängder bildad vätegas, och (iv) korrosionen fortskrider till dess att kopparhöljet fallerar. SSM anser att anoxisk korrosion i fallet eroderade deponeringshål möjligen kan ha en viss betydelse men att detta fall sannolikt som mest endast omfattar ett fåtal deponeringshål med höga grundvattenflöden i vilka buffererosion och kapselkorrosion har fortskridit under en längre tid. Dessa begränsande förutsättningar gäller även för andra korrosionsprocesser som skulle kunna ha betydelse efter buffererosion och uppkomst av advektiva förhållanden så som gropkorrosion. SSM drar exempelvis slutsatsen att för gropkorrosionsfaktorer som har föreslagits i litteraturen skulle gropkorrosion utöver allmän korrosion i eroderade deponeringshål ha en måttlig påverkan på riskanalysen vid beaktande av en realistisk fördelning av sulfidhalter i grundvattnet. SSM anser att SKB i kommande steg av slutförvarsprogrammet inom ramen för en scenarioanalys ytterligare kan beakta dessa kombinationer av processer för att belysa inverkan av eroderade förhållanden.

SSM anser vidare att gropkorrosion möjligen kan inträffa i deponeringshål som förutom erosion även har påverkats av syre i samband med infiltration av glaciala smältvatten. SKB:s argumentation för att utesluta gropkorrosion i en oxiderande miljö har baserats på att passiverande ytfilmer inte uppstår i slutförvarsmiljön eftersom kombinationen låga pH, låga vätekarbonathalter och höga kloridhalter inte medför passivering. I glaciala smältvatten är dock kloridhalterna lägre än i dagsläget och pH är högre vilket skulle kunna gynna uppkomst av passiverande ytfilmer och därmed orsaka gropkorrosionsrisk. SSM noterar dock att fallet med nedträngning av glaciala smältvatten bara avser ett fåtal deponeringshålspositioner, avser ganska extrema och osannolika antaganden kring isfrontens läge och rörelser, förutsätter gränsättande höga syrehalter i smältvattnet samt konservativt försummar vissa rimligt förekommande syreförbrukningsprocesser.

Kapselns tålighet mot långsamma krypdeformationer och väteförspredning

SSM konstaterar att SKB:s kapselutformning har baserats på att kopparhöljet kan deformeras i samband med att buffertmaterialet sväller och i samband med uppbyggnad av det hydrostatiska trycket. Då dessa yttre tryck anbringas på kapseln deformeras kopparhöljet till dess att kopparhöljet kommer i kontakt med segjärnsinsatsen. Användningen av en spalt mellan insats och hölje i kombination med de långa tiderna för uppbyggnad av svälltryck i en viss andel av deponeringshålen innebär att kopparmaterialet behöver kunna deformeras under långa tider och behöver visas ha tillräcklig krypduktilitet. SKB:s hantering av krypdeformation i säkerhetsanalysen SR-Site har baserats på ett krav att koppars krypduktilitet ska överstiga 15 % och att brottförlängningen av koppar vid enaxlig dragprovning ska överstiga 40 %. Krav på krypduktilitet uppnås enligt SKB genom att säkerställa en fosforhalt i intervallet 30-100 ppm samt en svavelhalt som maximalt uppgår till 12 ppm.

SSM anser att SKB har bedrivit en systematisk experimentell verksamhet för att ta fram kunskap kring kopparens deformationsegenskaper men myndigheten konstaterar samtidigt att det är svårt att extrapolera krypegenskaper för OFP-Cu under långa tider baserat på krypprov som har pågått några få år. Av detta skäl har teoretisk förståelse för krypdeformation och fundamentala krypmodeller en stor betydelse. SKB:s strategi består dels av att via matematisk modellering med finita elementmetoden kunna förutsäga hur stor krypdeformation som behövs för olika konstruktionsstyrande lastfall baserat på



geometriska förutsättningar för kapselutformningen, dels av att för en fundamental krypmodell utan passningsparametrar kunna förutsäga krypdeformationen vid ett antal krypexperiment. SSM bedömer att SKB:s strategi är rimlig men konstaterar samtidigt att SKB:s nuvarande krypmodell innehåller flera empiriska parametrar och därför för närvarande inte kan betraktas som genomgående fundamental. Dessutom finns andra experimentella resultat förutom SKB:s som har en betydelse för förståelsen av fosfors inverkan. SKB anser att fosfor förhindrar uppkomsten av låg krypduktilitet genom att fosfor ansamlas i korngränserna och reducerar korngränsglidning, vilket enligt SSM:s uppfattning inte kan anses vara verifierat i dagsläget och att andra förklaringar till fosfors inverkan därför behöver övervägas.

SSM anser att SKB:s hantering av kryp i kommande steg i slutförvarsprogrammet behöver baseras på ytterligare analys av krypmekanismer i koppar samt en mer utförlig karaktärisering av förhållanden i berggrunden för att kvantifiera återmättnadsförloppet i synnerhet för deponeringshål utan vattenförande sprickor. Sådana insatser förväntas bidra till ett tillförlitligt underlag för att dels avgöra i vilken omfattning kopparhöljet kan deformeras utan att riskera kapselns säkerhetsfunktioner, dels vilket tidsförlopp som behöver beaktas med tanke på varierande hydrogeologiska förhållanden i berggrunden. SKB:s nuvarande studier kring återmättnadsförlopp i olika typer av deponeringshål visar att vissa deponeringshål har återmätts efter från några 10-tals år, medan tider till full återmättnad för de långsammaste hålen varierar starkt beroende på berggrundens egenskaper. Tidsintervallen beror främst på egenskaperna fördelning av vattenledande sprickor, bergmatrisens och den störda zonens hydrauliska konduktivitet. Tidsskalan har stor betydelse för pålastningen av isostatiskt tryck.

Enligt SSM:s bedömning ger SKB:s beräkningskapacitet i nuläget en ungefärlig uppfattning om krypdeformationernas storlek och vilka delar av kapseln som är mest påverkade. För att slutligt kunna bedöma om deformationsegenskaperna är tillräckliga erfordras analys av en mera fullständig uppsättning av lastsituationer som kan uppstå i slutförvarsmiljön, inverkan av osäkerheter som då eventuellt kvarstår kring kopparens krypegenskaper, samt inverkan av geometriska osäkerheter kring kapselkomponenternas dimensioner. SKB behöver dessutom genomföra ytterligare utredningar kring i vilken utsträckning väte som bildas vid korrosion och gammabestrålning tränger in i kopparmaterialet och påverkar kopparmaterialets kryp- och sprödhetssegenskaper. SSM konstaterar att det finns experimentella resultat som pekar på en betydande påverkan på koppar åtminstone i ytliga lager vid artificiell elektrokemisk väteladdning i laboratoriemiljö. Dessa experiment utfördes dock inte under realistiska slutförvarsbetingelser utan konstruerades med målet att påvisa väteladdning och effekter det eventuellt medför. Det kan dock i dagsläget inte anses som välkänt i vilken omfattning både inlagring och avgasning av väte kan förväntas äga rum i slutförvarsmiljön med beaktande av realistiska förhållanden med bland annat tidsförloppet för gammastrålning och varierande omfattning av kopparkorrosion i olika typer av deponeringshålspositioner. SSM konstaterar att frågeställningar kring kopparkapselns krypdeformation behöver fortsatt hantering och beskrivning på ett sammanhållet sätt inom ramen för konstruktionsstyrande fall och scenarier inom säkerhetsanalysen.

A5.2 Flera barriärer

A5.2.1 Krav

SSMFS 2008:21 7 § *Barriärsystemet ska innehålla flera barriärer så att så långt det är möjligt nödvändig säkerhet upprätthålls trots enstaka brist i en barriär.*

A5.2.2 SSM:s bedömning

Föreskriftskravet kopplar till principen om flerfaldiga barriärer och multipla säkerhetsfunktioner (IAEA, 2011) för slutförvaring av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall. Detta är en metod för att så långt som möjligt säkerställa skyddsförmågan även om viss information, vissa kunskaper eller visst utförande med avseende på en barriär eller barriärfunktion är ofullständig eller visar sig ha brister. Det bör påpekas att föreskriftskravet inte nödvändigtvis är kopplat till en sannolikhet eller motivering av en viss brist, utan att det även beaktar konsekvenser av postulerade brister som inte behöver vara baserade på berättigade misstankar om att bristerna skulle kunna förekomma.

Beträffande kunskaper om enskilda barriärer och dess långsiktiga utveckling så kommer ny information att framkomma som är relevant att beakta så länge relaterat forsknings- och utvecklingsarbete äger rum. SSM anser att SKB behöver genomföra ett långsiktigt forskningsprogram även under hela förvarets uppförande och driftsfas för att verifiera kunskap om barriärer och barriärfunktioner, dra nytta av driftserfarenheter, genomföra förnyade säkerhetsanalyser samt att genomföra gradvisa förbättringar. Det går för närvarande inte att förutsäga en tidpunkt då all kunskapsinhämtning kan avslutas. Detta innebär att ny kunskap kan tillkomma som föranleder uppdatering och möjligen omprövning av tidigare etablerade uppfattningar om barriärernas skyddsförmåga.

SSM anser att principen om flerfaldiga barriärer innebär att säkerhetsanalysen behöver baseras på flera principer och olika typer av argument för att motivera slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet. SKB har i sin ansökan främst beaktat långsiktig strålsäkerhet som uppnås vid användning av de tre barriärerna berget, kapseln och bentonitbufferten. Barriärerna kompletterar varandra, men en fullständig redundans kan inte förväntas på så sätt att barriärerna, var och en för sig, i princip skulle kunna erbjuda tillräcklig långsiktig strålsäkerhet. Detta beror på att inga aktiva åtgärder är möjliga att vidta efter slutlig förslutning av slutförvaret för att exempelvis underhålla, inspektera eller reparera en barriär, samt att barriärerna i viss utsträckning påverkar varandra som ett resultat av begränsad materie- och energiöverföring i systemet. Långsiktig strålsäkerhet uppnås med barriärsystemet som helhet, i vilket varje enskild barriär i tillräcklig utsträckning behöver bidra till slutförvarets långsiktiga säkerhet. Så länge verkliga eller hypotetiska brister med avseende på en av slutförvarets barriärer ger begränsad effekt uppnås robusthet för systemet i sin helhet.

Analys av slutförvarssystemets robusthet förutsätter en analys av hypotetiska brister som kan förekomma dels med avseende på slutförvarets barriärer och utförande, dels med avseende på barriärfunktioner och deras hantering i säkerhetsanalysen. Den första typen av brist kan exempelvis avse hypotetiska kvalitetsbrister vid tillverkning av komponenter, eller att uppförande och drift av slutförvaret hypotetiskt genomförs så att vissa krav som motiveras med tanke på långsiktig strålsäkerhet åsidosätts eller inte blir beaktade i tillräckligt hög utsträckning. Den andra typen av hypotetisk brist avser säkerhetsanalysens hantering av långsiktiga processer exempelvis med avseende på degraderingsmekanismer, slutförvarsmiljön och radionuklidtransport. Denna typ av brist kan kopplas till en otillräcklig förståelse för långsiktiga utvecklingsförlopp även om all information om slutförvarets initiala egenskaper skulle visa sig vara helt korrekt.

SSM:s föreskriftskrav kopplar till behovet av att kunna förutsäga konsekvenser av brister kopplat till barriärerna som sådana eller barriärfunktionerna så som de är representerade i säkerhetsanalysen. Detta möjliggör en prioritering av åtgärder för att så långt som möjligt analysera/kvantifiera och om möjligt eliminera risk för konstaterade och i vissa fall hypotetiska brister och därmed gradvis förbättra slutförvarets skyddsförmåga under tiden slutförvaret är under uppförande och i drift.



SSM anser att enstaka brist kan tolkas som att en barriär i slutförvaret inte i avsedd utsträckning eller inte överhuvudtaget bidrar till slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet. Den enstaka bristen kan förekomma i en av de tre barriärerna berg, buffert eller kapsel. Ett exempel är att kopparhöljet för en enstaka kapsel är defekt redan vid inplacering i slutförvaret med en eller flera genomgående hål. Detta fall ger enligt SKB:s redovisning låg dos/risk främst kopplat till utsläpp av några få lätttrörliga radionuklider som kol-14 och jod-129. Begränsning av omgivningskonsekvenser åstadkoms tack vare att både bufferten och berget fortfarande bidrar via barriärfunktionen fördröjning.

Ett annat fall är att en ursprungligen intakt kapsel som har inplacerats med en icke fungerande buffert, eller har placerats i ett deponeringshåll som borde uteslutas antingen på grund av förekomst av höga grundvattenflöden eller på grund av risk för skjuvrörelser i samband med jordskalv. Dessa brister ger i sig inga omedelbara konsekvenser i form av spridning av radioaktiva ämnen men leder till en åtminstone i statistisk mening större risk för kapselbrott och en förkortad kapsellivslängd.

Fallet med en ofullständig buffert eller inplacering i ett olämpligt deponeringshåll med förhöjd erosionsrisk kan i en förlängning medföra högre sannolikhet för kapselbrott och utsläpp av radioaktiva ämnen som då inte fördröjs genom långsam transport genom bufferten. Om man beaktar att det med all sannolikhet föreligger en betydande tidsfördröjning till kapselbrott medför detta fall en minskad betydelse av radionuklider med kort och medellång halveringstid så som kol-14. Om man istället beaktar fallet med inplacering av en kapsel i en olämplig deponeringshållsposition som korsas av stora strukturer och förutsätter att en sådan placering verkligen leder till ett kapselbrott och bildande av snabba transportvägar i geosfären återstår endast en reducerad buffert som barriär för fördröjning av radionuklider. Fallets betydelse kopplas till att en enstaka brist vid utplaceringen av ett deponeringshåll påverkar två barriärer och två barriärfunktioner samtidigt som förhållandevis tidiga kapselbrott inte helt kan uteslutas. Sannolikhet för förekomst av detta fall under en tidig fas av slutförvarets utveckling bedöms dock vara mycket liten.

Det kan inte helt uteslutas att en enstaka brist i exempelvis förståelsen av en viss process eller egenskap kopplat till en av KBS-3-systemets tre barriärer berg, kapsel och buffert kan leda till att denna barriärs skyddsförmåga helt uteblir i hela slutförvaret. Enstaka brister med avseende på sådan förståelse leder dock mera sannolikt till att en av barriärerna får en endast delvis försämrad skyddsförmåga under vissa specifika betingelser som inte förekommer generellt i slutförvaret eller endast förekommer under vissa specifika tidsperioder i förvarets långsiktiga utveckling. Om många eller samtliga exemplar av en viss barriär inte bidrar till slutförvarets långsiktiga skyddsförmåga blir givetvis effekterna avsevärt mera betydelsefulla än om bristen bara innefattar ett enskilt eller ett fåtal exemplar av en barriär.

Även om en av systemets barriärer hypotetiskt förutsätts att helt ha fallerat finns förutsättningar för begränsad omgivningspåverkan eftersom det finns andra barriärer som fortfarande upprätthåller en eller flera barriärfunktioner. Det mest betydelsefulla fallet av denna kategori är att samtliga kapslar av en okänd anledning saknar skyddsförmåga redan vid tidpunkten för slutförvarets slutliga förslutning. SSM konstaterar baserat på SSM:s granskning och egen analys av SKB:s radionuklidtransportberäkningar att omgivningskonsekvenserna blir måttliga även för detta fall så länge som buffertens och bergets förmåga att fördröja utsläpp kvarstår. De blir dock betydligt högre än den årliga dos som motsvarar SSM:s riskkriterium. En lång rad radionuklider med olika kemiska egenskaper och halveringstider har betydelse i detta fall, men dos/risk domineras av



radionuklider med liten sorptionsförmåga så som exempelvis kol-14, jod-129, selenium-79 och radium-226.

Det andra fallet som SKB har analyserat i detta sammanhang är att samtliga buffertar saknar skyddsförmåga direkt efter slutlig förslutning. Enligt SKB:s analyser leder detta fall till ett fåtal kapselbrott i tidsskalan på en miljon år. Det skiljer sig inte avsevärt från fallet när bufferten initialt är intakt eftersom de deponeringshål med en buffert som hur som helst löper en viss risk att eroderas bort på grund av höga flöden också är deponeringshål i vilka det finns förutsättningar för en mera omfattande kapselkorrosion. Kapselns livslängd är enligt SKB:s utredningar sannolikt betydande även utan buffertens skyddande förmåga och konsekvenser förväntas därför ske sent i den tidsskala på 100 000 år som SSM i första hand har baserat sin granskning på.

Fallet att berget generellt saknar skyddsförmåga i perspektivet fördröjning av radionuklider har analyserats av SKB, men för att detta fall ska få några konsekvenser krävs att även kapselns inneslutande förmåga har upphört. Det krävs därför att man postulerar en brist hos berget och en hos kapseln, vilket är mer än en enstaka brist och fallet omfattas därför inte av föreskriftskravet. Mot bakgrund av ovanstående analys som visar på begränsade omgivningskonsekvenser i samband med de enstaka brister som SKB har utvärderat så konstaterar SSM att det finns förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

SKB har även redovisat ett antal fall där två av de tre barriärerna har förlorat en eller flera barriärfunktioner. SSM bedömer som framgår ovan att dessa fall inte omfattas av föreskriftskravet eftersom kravet avser en enstaka brist. SSM konstaterar dock att om samtliga kapslar av en okänd anledning saknar skyddsförmåga samtidigt som bergets förmåga att fördröja utsläpp av radioaktiva ämnen helt har gått förlorad erhålls enligt SKB:s redovisning årliga doser på några mSv, dvs. doser betydligt högre än bakgrundsstrålningen. Ungefär samma resultat erhålls om samtliga kapslar och buffertar av en okänd anledning saknar skyddsförmåga men om bergets förmåga att fördröja utsläpp av radioaktiva ämnen kvarstår. Mycket höga maxdoser erhålls för ännu mera extrema fall där både kapsel, buffert och berg har förlorat en eller flera barriärfunktioner. Doser någon tiopotens mer än bakgrundsstrålningen erhålls också om samtliga kapslar av en okänd anledning saknar skyddsförmåga och om bränslematrisens begränsade upplösningshastighet i en representativ slutförvarsmiljö av något skäl inte kan tillgodoräknas.

SSM anser sammanfattningsvis att den långsiktiga strålsäkerheten för SKB:s planerade slutförvar i Forsmark med den naturliga bergbarriären bestående av förhållandevis intakt berg samt de tekniska barriärerna kapsel och buffert inte i allt för hög utsträckning är avhängig en enstaka barriär eller barriärfunktion. Det finns därmed förutsättningar att uppfylla kravet på användning av ett flerbarriärsystem. Betydelsen av enstaka brister och avsaknad av vissa barriärer/barriärfunktioner har analyserats av SKB, men SSM anser att vissa av dessa analyser i högre utsträckning kan knytas till en värdering av kunskapsunderlag och värdering av risk för mänskliga misstag vid konstruktion/tillverkning/uppförande. SSM kan dock konstatera att SKB:s fall som involverar stora omgivningskonsekvenser är kopplade till ganska extrema och osannolika scenarier med omfattande och snabb degradering av slutförvarets skyddsförmåga med fler än en barriär/barriärfunktion som helt upphör att fungera.



A5.3 Övervakning och återtag

A5.3.1 Krav

8 § SSMFS 2008:21 *Inverkan på säkerheten av sådana åtgärder som vidtas för att underlätta övervakning eller återtagning av deponerat kärnämne eller kärnavfall från slutförvaret eller för att försvåra tillträde till slutförvaret ska analyseras och redovisas till strålsäkerhetsmyndigheten.*

A5.3.2 SSM:s bedömning

SSM anser att det finns förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet men att det för närvarande inte slutligt går att ta ställning till om åtgärder behöver vidtas för att underlätta övervakning eller återtagning av deponerat kärnämne eller kärnavfall från slutförvaret eller för att försvåra tillträde till slutförvaret. Skulle SKB föreslå sådana längre fram i programmet behöver dessa analyseras utförligt mot bakgrund av föreskriftskravet.

Återtagbarhet av kapslar har visats vara tekniskt genomförbart genom försök vid Äspölaboratoriet. SSM konstaterar att återtagbarhet bör vara möjligt att genomföra åtminstone under den period som slutförvaret är i drift. Åtgärder för att försvåra tillträde förutom val av ett tillräckligt omfattande förvarsdjup, innefattar metoder att försluta och försegla tillträdesvägarna till slutförvaret, vilket först blir aktuellt i samband med slutlig förslutning av slutförvaret. Granskning av SKB:s konkreta förslag till åtgärder kan göras vid den tidpunkt då sådana åtgärder föreslås och blir aktuella.

A5.4 Utformning med hänsyn till skyddsförmåga

A5.4.1 Krav

8 § SSMFS 2008:37 *Ett slutförvar ska främst utformas med hänsyn till dess skyddsförmåga. Om åtgärder vidtas för att underlätta tillträde eller försvåra intrång ska effekterna på slutförvarets skyddsförmåga redovisas.*

A5.4.2 SSM:s bedömning

SKB har i detta skede av etablerandet av ett slutförvar för använt kärnbränsle inte uttryckligen redovisat några åtgärder som avses vidtas för att underlätta tillträde eller försvåra intrång. SKB har dock vid val av plats beaktat omständigheter som anses vara gynnsamma för att begränsa sannolikheten för framtida mänskliga intrång. SKB för även resonemang om hur valet av förvarsdjup påverkar sannolikheten för intrång. SSM bedömer att SKB har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

A5.5 Konsekvenser av intrång

A5.5.1 Krav

9 § SSMFS 2008:37 *Konsekvenserna av intrång i ett slutförvar ska redovisas för de olika tidsperioder som anges i 11 - 12 §§. Slutförvarets skyddsförmåga efter intrång ska beskrivas.*

A5.5.2 SSM:s bedömning

SSM konstaterar att SKB i ansökan har redovisat konsekvenser av intrång i ett slutförvar för de olika tidsperioder som anges i 11 – 12 §§ SSMFS 2008:37 och att SKB har beskrivit slutförvarets skyddsförmåga efter intrång.

SSM bedömer att SKB har valt lämpliga fall för att redovisa konsekvenser av intrång i ett slutförvar. SSM bedömer vidare att valda fall med direkt respektive indirekt påverkan på slutförvaret utgår från rimliga antaganden. SKB belyser konsekvenser av direkt påverkan

på slutförvaret genom ett fall där slutförvaret genomborras. Beräkningar utförs för människorna som utför borrhningen och för en familj som bor i anslutning till borrhålet. Beträffande indirekt påverkan belyser SKB konsekvenserna av tunneldrivning ovanför slutförvaret och gruvdrift i ett område i närheten av Forsmark. Analyserna har utförts för olika tider som täcker in tidsperioderna givna i 11 – 12 §§ SSMFS 2008:37. SSM har i granskningen befunnit SKB:s resultat från dosuppskattningarna för de olika fallen trovärdiga med utgångspunkt från valda förutsättningar och beräkningsantaganden. SSM bedömer även att SKB:s beskrivningar av slutförvarets skyddsförmåga efter intrånget är godtagbar för de olika fallen. SSM bedömer därför sammantaget att SKB har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

A6. Skydd av människors hälsa och miljön

A6.1 Riskkriteriet

A6.1.1 Krav

5 § SSMFS 2008:37 *Ett slutförvar för använt kärnbränsle eller kärnavfall ska utformas så att den årliga risken för skadeverkningar efter förslutning blir högst 10^{-6} för en representativ individ i den grupp som utsätts för den största risken. Sannolikheten för skadeverkningar på grund av en stråldos ska beräknas med de sannolikhetskoefficienter som redovisas i Internationella strålskyddskommissionens publikation nr 60, 1990.*

A6.1.2 SSM:s bedömning

SSM konstaterar att det planerade slutförvaret vid Forsmark enligt säkerhetsanalysen SR-Site med tekniska barriärer utformade enligt KBS-3 systemet endast förväntas ge upphov till mycket liten risk för skadeverkningar från utsläpp av radioaktiva ämnen och att denna risk först uppstår långt in i framtiden. SKB:s beräknade risk som uppkommer till följd av de två kapselbrottmekanismerna skjuvlast från stora jordskalv respektive kombinationen bufferterosion och sulfidkorrosion av kopparkapslar blir slutförvarets totala långsiktiga risk cirka 2 tiopotenser under SSM:s riskkriterium (eller en hundradel) efter 100 000 år och cirka 1 tiopotens under SSM:s riskkriterium (eller en tiondel) efter 1 miljon år. Fullständig förlust av bufferten i alla deponeringshål av en okänd anledning ger enligt SKB:s redovisning inte väsentligt högre risk/dos i jämförelse med normalfallet så länge kapselns skyddsförmåga kvarstår och endast långsamt degraderas på grund av korrosion. Momentan fullständig förlust av kapselns inneslutande förmåga i samtliga deponeringshål ger dos i nivå med bakgrundsstrålningen så länge bufferten är intakt. Förlust av de tekniska barriärerna i samtliga deponeringshål, ger dock dos väsentligt över bakgrundsstrålningen under de första 10 000 åren. Mycket höga doser under tidshorisonter upp till 100 000 år fås om förlust av kapselns inneslutande förmåga kombineras med fall i vilka bränlematrisens begränsade upplösningshastighet i en representativ slutförvarsmiljö inte beaktas.

SSM konstaterar att beräkning av slutförvarets långsiktiga dos/risk innebär en sammanvägning av bidrag till slutförvarets skyddsförmåga från de båda huvudsakliga barriärfunktionerna inneslutning och fördröjning. Bedömning av den första funktionen baseras på en analys av kapselns långsiktiga integritet med beaktande av slutförvarsmiljön och buffertens och bergets förmåga att skydda kapseln, samt kombinationer av processer och händelser som kan bryta kapselns inneslutande förmåga. Denna analys ger upphov till en kumulativ fördelning av sannolikheten för kapselbrott som funktion av tiden, där kapselbrott innebär att utsläpp av radioaktiva ämnen från slutförvaret blir möjliga. Den andra delen av analysen innefattar analys av fördröjning och transport av radionuklider från fallerade kapslar i deponeringshålspositioner i berggrunden till markytan, samt av exponeringsvägarna i biosfären. Föreskriftskravet innebär inte att en viss funktionalitet av

de tekniska barriärerna behöver säkerställas med avseende på barriärfunktionen inneslutning, utan enbart att den kombinerade skyddsförmågan av de båda barriärfunktionerna tillsammans behöver ge förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

En möjlig omständighet som skulle försvåra förutsättningar för kravuppfyllelse i förhållande till riskkriteriet är om det skulle visa sig att bergförhållanden på försvarsdjup vid Forsmark är väsentligt mindre gynnsamma än de förväntade. Detta skulle nämligen samtidigt inverka negativt på de båda barriärfunktionerna inneslutning och fördröjning. SSM bedömer dock att denna risk är liten eftersom platsundersökningsresultaten gav en gynnsam och förhållandevis konsekvent bild av bergförhållanden på försvarsdjup samt att ytterligare verifikation av bergförhållanden kan genomföras under slutförvarets konstruktions- och driftsfas. Mera omfattande platsspecifik information förväntas kunna tas fram i samband med uppförande och drift av ett slutförvar. I viss utsträckning är sämre bergförhållanden också en fråga om projektrisker snarare än risk för människors hälsa eftersom vissa kompensatoriska åtgärder är möjliga exempelvis ytterligare begräsningar med avseende på placering av deponeringshål.

SSM konstaterar att SKB:s riskanalys i SR-Site i detta skede av SKB:s program oundvikligen är förknippad med vissa osäkerheter exempelvis med tanke på begränsningar på grund av att platsspecifik information om förhållanden på stora djup i huvudsak kommer från borrhålsundersökningar, att visst fortsatt forskningsarbete ännu pågår samt att försvarskoncept och slutförvarskomponenter fortfarande är föremål för utvecklingsarbete. Enligt SSM:s bedömning skulle ett antal båda kända och okända faktorer och osäkerheter kunna medföra att slutförvarets skyddsförmåga i slutändan inom vissa begränsade intervall bli såväl bättre som sämre än vad som förespeglas i den befintliga riskanalysen. Det är naturligt dock att riskanalysen i samband med etablerandet av en viss verksamhet inte enbart har syftet att visa på kravuppfyllelse, utan även är ett verktyg för att identifiera och hantera risker. SKB:s säkerhetsanalys är till stora delar baserad på internationellt vedertagen metodik och analys av frågeställningar som även tidigare har utvärderats i detalj inom ett antal andra slutförvarsprogram. Det finns dock ett antal aspekter av SKB:s säkerhetsanalys kopplade till långsiktig risk som är mera specifika för SKB:s program och som har varit föremål för särskilt omfattande granskningsinsatser. SSM kommenterar översiktligt dessa aspekter nedan. SSM anser att tillhörande frågeställningar behöver beaktas under kommande steg i SKB:s program. Det skulle även kunna uppkomma andra skäl att genomföra utredningar för ytterligare analys av riskfaktorer. Myndigheten bedömer dock att det finns förutsättningar att identifiera åtgärder som förbättrar slutförvarets skyddsförmåga samt att påvisa kravuppfyllelse i förhållande till riskkriteriet.

SSM har i sin bedömning av förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet i första hand beaktat tiden före 100 000 år. SSM konstaterar dock att riskanalysen även har betydelse för tiden efter 100 000 år så till vida att den utgör en grund för bedömning av bästa möjliga teknik och för att utvärdera effektiviteten av olika åtgärder för att förbättra skyddsförmågan som en del av en förbättrings- och optimeringsprocess. Det finns dock ingen direkt motsättning mellan dessa båda syften. Det är osannolikt att åtgärder som erfordras för att tillgodose och förbättra skyddsförmågan under de första 100 000 åren, inte också skulle förbättra skyddsförmågan för tider bortom 100 000 år.

SSM anser att det finns vissa aspekter av SKB:s jordskalvsmodellering och hantering av risken för kapselskador på grund av skjuvlaster som SKB behöver vidareutveckla med syfte att ytterligare underbygga riskanalysen. Detta innefattar att den antagna jordskalvsfrekvensen inte förefaller ta tillräcklig höjd för en förhöjd skalvfrekvens för postglaciala skalv i förhållande till skalvfrekvensen som avser tempererade förhållanden. Ytterligare en relaterad fråga är att SKB i sina beräkningar förutsätter att tillämpningen av



kriterier för att undvika olämpliga deponeringshålsplaceringar är helt tillförlitlig förutom att vissa potentiellt kritiska positioner i änden av tunnlarna inte kan undvikas av rent geometriska skäl. Mänskliga misstag i samband med deponeringshålsplacering har ännu inte analyserats eller beaktats. SSM är heller inte helt övertygad om att den av SKB tillämpade korrelationen mellan sprickstorlek och maximal skjuvrörelse kan anses vara helt tillförlitlig. SSM:s egna analyser pekar dock på att dessa frågeställningar har en mindre betydelse för uppskattning av konsekvenser vid risk för jordskalv. SSM anser att en ytterligare optimering och justering av slutförvarets layout och utformning som innefattar avstånd till deformationszoner bör ge goda förutsättningar för en tillräcklig begränsning av konsekvenser i samband med risk för jordskalv.

SSM konstaterar att SKB har genomfört mycket omfattande analyser av det kombinerade bufferterosion- och kapselkorrosionsfallet. Även om osäkerheter kvarstår så har känslighets- och osäkerhetsanalyser inom SR-Site givit ett underlag för bedömning av deras betydelse i riskanalysen. SSM anser att en tydligare gränssättning och analys av mikrobiella processer och mikrobiell sulfatreduktion kan förbättra underlaget för riskanalysen. Organiska ämnen som finns i både grundvatten och som tillförts via buffert och återfyllnadsmaterial kan exempelvis förbrukas som ett resultat av mikrobiella processer som genererar ytterligare sulfid, vilket har betydelse för ett flertal korrosionsmekanismer. SSM anser dock att de situationer i vilka denna process kan vara betydande är begränsade, så som efter att advektiva förhållanden har etablerats i närheten av kapselytan vilket innefattar ett mindre antal eroderade deponeringshål efter mycket lång tid, samt alternativt i deponeringshål i vilka bufferten förblir omättad under lång tid och i vilka inget svälltryck har hunnit byggas upp. Det sistnämnda fallet innefattar visserligen ett betydligt större antal deponeringshål men det gäller endast under en förhållandevis kort tid i slutförvarets långsiktiga utveckling. SSM konstaterar att påverkan på slutförvarets risk sannolikt är liten men att bland annat mikrobiella processer behöver utredas ytterligare och beaktas bland annat vid detaljutformning av slutförvaret. Förutom frågan kring mikrobiella processer finns ett antal frågeställningar kring spricknätverkets geometri och egenskaper samt andra grundvattenkemiska förhållanden som behöver utredas ytterligare och som kan komma att påverka resultaten från riskanalysen.

SSM anser att SKB:s radionuklidtransportberäkningar, biosfärsmodellering samt hantering av barriärfunktionen fördröjning är hanterad på ett godtagbart sätt i riskanalysen i SR-Site. Detta innebär att SKB:s analys av hur stor risk som är förknippad med en genomgående kapselskada vid en viss tidpunkt i slutförvarets utveckling kan anses vara rimligt tillförlitlig. SSM bedömer dock att SKB:s metodik är delvis svår genomtränglig och behöver vidareutvecklas både med avseende på analysmetodik och redovisningarnas transparens och tydlighet. SKB bör använda en mera transparent metod för urval av beräkningsfall och dessutom tillämpa alternativa modeller för att undersöka modellosäkerheter i kommande säkerhetsanalyser. Frikopplingen av när- och fjärrområdet har också delvis försvårat SSM:s bedömningar. Ytterligare en viktig fråga kring SKB:s analys av radionuklidtransport är fördelningen av bränsleupplösningshastigheter. SSM anser att SKB har motiverat denna fördelning i godtagbar omfattning men att den stora betydelsen av frågan motiverar ett behov av ytterligare insatser för att begränsa betydelsen av kvarstående konceptuella osäkerheter.

SSM anser att det är angeläget att SKB utvecklar ett utökat och mera transparent underlag för att kunna utesluta/bedöma/kvantifiera risken för eventuella tidiga kapselbrott. SKB har visserligen framfört argument mot risken för tidiga kapselbrott i bland annat kapselprocessrapporten (SKB TR-10-46) men SSM anser ändå att vissa konceptuella osäkerheter kring ett antal mekanismer har en betydelse: (i) risk för låg krypduktilitet vid mycket långsam pålastning av kopparhöljet i deponeringshål med långa återmättnadstider, (ii) spänningskorrosion som ett resultat av bildning av passiverande sulfidfilmer på

områden av kapselhöljet med genomgående dragspänningar, och (iii) gropkorrosion som ett resultat av bildning av passiverande sulfidfilmer. Den första frågan aktualiseras av behov av mekanistisk förståelse för krypdeformation eftersom denna mycket långsamma process är svår att studera experimentellt med avseende på bland annat inverkan av fosfor och väte på koppars krypegenskaper. De två övriga frågorna kopplar till att signifikanta mängder sulfid möjligen kan bildas i anslutning till kapselytor antingen som ett resultat av en biofilm som bildas direkt på kapselytan under tidsperioden med omättade buffertförhållanden eller att sulfid bildas i återfyllnaden och transporteras via gasfasen i en omättad buffert till kapselytan. En redovisning av dessa processer inom ramen för en scenarioanalys bedöms kunna ge ett utförligt underlag för riskanalysen. SSM konstaterar att ytterligare redovisning av dessa processer behöver tas fram till kommande säkerhetsanalyser, och dessutom att en förväntad fortsatt optimering av förvaret och förvarskomponenterna behöver beakta dessa processer.

SSM anser sammanfattningsvis att föreskriftskravet sannolikt kommer att kunna uppfyllas baserat på gynnsamma förhållanden vid Forsmarksplatsen och med utgångspunkt från SKB:s analys av risken för skadeverkningar från ett slutförvar, även med beaktande av vissa konceptuella osäkerheter kopplat till vissa frågeställningar kring de tekniska barriärernas beständighet.

A6.2 Skydd av biologisk mångfald

A6.2.1 Krav

6 § SSMFS 2008:37 *Slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall ska genomföras så att biologisk mångfald och hållbart nyttjande av biologiska resurser skyddas mot skadlig verkan av joniserande strålning.*

A6.2.2 SSM:s bedömning

För bedömningen med avseende på det övergripande kravet på miljöskydd, uttryckt som att biologisk mångfald och hållbart nyttjande av biologiska resurser ska skyddas, är den centrala frågeställningen ifall SKB:s övergripande metodik och utvärderingskriterier är ändamålsenliga för att verifiera kravuppfyllelse, samt om SKB:s tillämpning av dessa är genomförd på ett sådant sätt att slutsatsen från utvärderingen kan anses vara korrekt och tillräckligt väl underbyggd.

SSM:s allmänna råd pekar ut ICRP:s generella vägledning inom området som en möjlig utgångspunkt för bedömning av miljöskydd. I korthet innebär denna vägledning att exponering uppskattas för ett antal referensdjur och -växter samt för några för området representativa arter. Denna exponering jämförs sedan med ett intervall av exponeringsnivåer framtagna av ICRP för varje referensart. Om exponeringen understiger det lägre värdet i respektive intervall för samtliga referensarter och representativa arter så kan man dra slutsatsen att risken för negativa effekter på populationsnivå är mycket liten.

SKB har tillämpat metodiken ERICA ”integrated approach” genom att använda utvärderingsverktyget ERICA Tool. Denna metodik är konsekvent med den ovan beskrivna vägledningen från ICRP och är dessutom etablerad i internationellt arbete. SSM bedömer att de dosberäkningsverktyg som utgår från aktivitetskoncentrationer i vatten, sediment, jord och luft och som är integrerade i ERICA Tool kan anses vara väl underbyggda. SSM bedömer att SKB:s metodik och utvärderingskriterier är ändamålsenliga. SSM bedömer också att de platsspecifika parametrar som SKB har använt i sina beräkningar, såsom Kd-värden och överföringsfaktorer mellan miljön och olika organismer, s.k. CR-värden, är tillförlitliga.



Eftersom den beräknade exponeringen av olika typer av organismer underskrider utvärderingskriterierna bedömer SSM att det finns förutsättningar för att det planerade slutförvaret för använt kärnbränsle kan uppfylla föreskriftskravet.

A6.3 Redovisning av effekter på ekosystem

A6.3.1 Krav

7 § SSMFS 2008:37 *Biologiska effekter av joniserande strålning i berörda livsmiljöer och ekosystem ska redovisas. Redovisningen ska bygga på tillgänglig kunskap om berörda ekosystem och ta särskild hänsyn till förekomst av genetiskt särpräglade populationer, såsom isolerade populationer, endemiska arter och utrotningshotade arter samt i övrigt skyddsvärda organismer.*

A6.3.2 SSM:s bedömning

Detta föreskriftskrav utgör en precisering av kravet på miljöskydd genom att beskriva vilken redovisning av biologiska effekter som erfordras. Ytterligare vägledning till vad en sådan redovisning bör omfatta finns i de allmänna råden. Där framgår att koncentrationer av radioaktiva ämnen i jord, sediment och vatten bör redovisas, samt att dagens biosfärsförhållanden bör användas även för miljömässiga konsekvenser i ett långtidsperspektiv. För antagna klimat där dagens biosfärsförhållanden är uppenbart orimliga, t.ex. ett kallare klimat med permafrost, är det tillräckligt att göra en översiktlig analys. De allmänna råden förtydligar också aspekter av skyddsvärdhet i form av ekonomiska värden kopplade till exempelvis jakt och fiske, naturvårdsmässiga värden av exempelvis skyddade arter samt kulturhistoriska värden som behöver beaktas vid val av vilka representativa arter som ska ingå i redovisningen.

I redovisningen av risker för växter och djur förknippade med det planerade slutförvaret redovisar SKB beräknade maximala halter i vatten, sediment och jord. Beräkningar av dessa halter samt halter i organismer har till stor del baserats på platsspecifik kunskap om de aktuella ekosystemen som erhållits från platsundersökningarna vid Forsmarksplatsen. Vidare har SKB beaktat tre kriterier för att välja ut representativa arter; biologisk betydelse för ekosystemen (nyckelarter, ekologiska funktioner), hotade och genetiskt särpräglade populationer, samt ekonomiskt och kulturellt viktiga arter. För att komplettera den utvärdering som har gjorts avseende dagens biosfärsförhållande har SKB genomfört en mer översiktlig analys av varmare klimatförhållanden respektive kalla klimatförhållanden med permafrost.

SSM bedömer att SKB:s redovisning innehåller alla efterfrågade komponenter och har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

A7. Tidsperioder i säkerhetsanalysen

A7.1 Säkerhetsanalysens omfattning, minst 10 000 år

A7.1.1 Krav

10 § SSMFS 2008:21 *En säkerhetsanalys ska omfatta så lång tid som barriärfunktioner behövs, dock minst tiotusen år.*

A7.1.2 SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s säkerhetsanalys SR-Site omfattar de tidsskalor som är nödvändiga för bedömning av slutförvarets långsiktiga strålsäkerhet. För tidsskalor längre än en miljon år behövs ingen utförlig redovisning, förutom en redovisning av bränslets långsiktiga



farlighet baserat på sönderfall och kedjesönderfall av radioaktiva ämnen i det använda kärnbränslet och en diskussion om slutförvarets tänkbara utveckling. SSM anser att SKB har tillhandahållit denna information. SKB konstaterar att kapselns livslängd för ostörda deponeringshållspositioner och bergförhållanden kan ha livslängder som väsentligt överskrider en miljon år. Enligt SSM:s bedömning behöver analys av de tekniska barriärernas funktion och skyddsförmåga för dessa extrema tidsskalor kompletteras med fall som bortser från dessa barriärers säkerhetsfunktioner. På extremt lång sikt så som efter många miljoner år begränsas slutförvarets skyddsförmåga möjligen endast av den naturliga barriären, men även i detta fall är det enligt SKB:s beräkningar i SR-Site endast frågan om en liten risk i förhållande till bakgrundsstrålningen. Denna risk är kopplad till radionuklider i sönderfallskedjan för naturligt uran samt vissa bidrag från extremt långlivade fissionsprodukter så som jod-129. Begränsning av risken utan beaktande av skyddsförmågan hos tekniska barriärer tillgodoses då av att bränslet fortfarande är placerat i en tät berggrund på betydande djup i en reducerande kemisk miljö. Den reducerande miljön medför att lösligheten av urandioxidmatrisen och frigörelse och spridning av radionuklider är långsam även om en större mängd uran finns placerad i en relativt liten bergvolym. Låga grundvattenflödes hastigheter bidrar också till begränsad omgivningsrisk i detta fall. För ännu mera extrema tidsskalor då även berggrunden som sådan gradvis förlorar sin barriärfunktion på grund av erosionsprocesser kan den radiologiska risken komma att motsvaras av den från förekomst av höga koncentrationer av naturligt uran på motsvarande djup i berggrunden. Med tanke på den extremt långa halveringstiden för uran-238 upphör aldrig bränslets farlighet helt under all framtid på jorden.

SSM anser att detta föreskriftskrav har förutsättningar att uppfyllas. Ytterligare bedömningar av betydelsen av olika tidsskalor i säkerhetsanalyser och riskanalyser finns i SSM:s bedömning av förutsättningar för att uppfylla kraven i SSMFS 2008:37 (se nedan).

A7.2 Säkerhetsanalysens omfattning, två tidsperioder

A7.2.1 Krav

10 § SSMFS 2008:37 *En bedömning av ett slutförvars skyddsförmåga ska redovisas för två tidsperioder av sådana storleksordningar som framgår av 11 -12 §§.*

A7.2.2 SSM:s bedömning

SSM konstaterar att SKB i SR-Site har redovisat en bedömning av slutförvarets skyddsförmåga för de två tidsperioder som avses i 11 -12 §§ SSMFS 2008:37, nämligen de första 1000 åren och tiden efter de första 1000 åren efter förslutning. Beträffande kravet 12 § SSMFS 2008:37 har SKB redovisat en riskanalys fram till tiden en miljon år efter slutförvarets förslutning. För tiden fram till 10 miljoner år har SKB översiktligt analyserat och diskuterat ett antal faktorer som påverkar förvarsutvecklingen och som har möjliga konsekvenser för barriärernas tillstånd. SSM anser att denna hantering följer de allmänna råden till föreskriften som rekommenderar att en riskanalys bör genomföras för tiden upp till 100 000 år dock längst till en miljon år. SSM anser att tiden efter 100 000 år succesivt bör ses mer som en illustration av slutförvarets skyddsförmåga givet antagna förutsättningar. Resultaten av riskanalysen bör för dessa tider utnyttjas för att identifiera möjliga störningar av slutförvarets skyddsförmåga liksom möjliga åtgärder för att förbättra skyddsförmågan. SSM anser att SKB i kommande steg i SKB:s program behöver beakta SSM:s synpunkter kring bedömningen av slutförvarets skyddsförmåga för tider efter 100 000 år som framförs i myndighetens detaljerade granskningsrapport (SSM2011-1135-17). SSM bedömer sammantaget att SKB har förutsättningar att uppfylla kravet på redovisning som specificeras av detta föreskriftskrav och förtydligas i de tillhörande allmänna råden.

SSM konstaterar att SKB:s redovisning i SR-Site innefattar fall som utgår från dagens biosfärsförhållanden. Vidare bedömer SSM att SKB på ett godtagbart sätt har redovisat osäkerheterna i de gjorda antaganden som har betydelse för bedömningen av slutförvarets skyddsförmåga. SSM anser därför att SKB har förutsättningar att uppfylla detta föreskriftskrav.

A7.3 Tiden före 1000 år, kvantitativa analyser

A7.3.1 Krav

11 § SSMFS 2008:37 *För de första tusen åren efter förslutning ska bedömningen av slutförvarets skyddsförmåga baseras på kvantitativa analyser av effekterna på människors hälsa och miljön.*

A7.3.2 SSM:s bedömning

SSM anser att SKB:s redovisning i SR-Site innefattar en bedömning av slutförvarets skyddsförmåga baserat på kvantitativa analyser av effekterna på människors hälsa och miljön för de första tusen åren efter förslutning. SKB har beaktat processer som är viktiga för slutförvarets inledande utveckling såsom återmättnad av slutförvaret, stabilisering av hydrogeologiska och hydrokemiska betingelser samt termisk utveckling. SSM anser dock att dessa förhållanden och processer under slutförvarets tidiga utveckling behöver beskrivas särskilt noggrant och därför behöver vidareutvecklas i kommande analyser. SSM:s granskningsresultat pekar på olika aspekter för vilka SKB kan förbättra beskrivningen av hur de tekniska barriärerna påverkas under återmättnadstiden och perioden för transienta förhållanden i slutförvaret. SSM anser att SKB behöver beakta dessa synpunkter i kommande steg i SKB:s program för etablering av slutförvaret genom att utöka och komplettera redovisningen för de första 1000 åren. SSM bedömer baserat på redovisningen i SR-Site att SKB har förutsättningar för att uppfylla föreskriftskravet med avseende på kvantitativa analyser för de första tusen åren efter förslutning av slutförvaret.

A7.4 Tiden efter 1000 år

A7.4.1 Krav

12 § SSMFS 2008:37 *För tiden efter tusen år efter förslutning ska bedömningen av slutförvarets skyddsförmåga baseras på olika tänkbara förlopp för utvecklingen av slutförvarets egenskaper, dess omgivning och biosfären.*

A7.4.2 SSM:s bedömning

SSM anser att SKB har redovisat en bedömning av slutförvarets skyddsförmåga för tiden efter 1000 år i SR-Site. SKB definierar och analyserar en referensutveckling som ger en bild av utvecklingen av förvarssystemet, dess omgivning och biosfären under en period på en miljon år för vilken SKB har genomfört en kvantitativ riskanalys. Referensutvecklingen har baserats dels på en upprepning av den 120 000 år långa senaste glaciationscykeln, Weichsel, dels på en klimatutveckling med en inledande 50 000 år lång period av tempererade förhållanden pga. global uppvärmning. Förutom referensutvecklingen som är utgångspunkt för utvärderingen av skyddsförmågan i säkerhetsanalysens huvudscenario beaktar SKB ytterligare scenarier som grundar sig på ett antal alternativa händelseförlopp. SKB belyser även övergripande slutförvarets utveckling efter en miljon år genom att redovisa det använda bränslets radiotoxicitet som funktion av tiden. Dessutom finns en kortfattad kvalitativ diskussion om betydelsen av extremt långa tidsskalor vilken i huvudsak grundar sig på allmänna tektoniska överväganden och indikationer från naturliga analogier. SSM bedömer att SKB har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet, eftersom en bedömning av slutförvarets skyddsförmåga efter 1000 år kan göras baserat på SKB:s angreppssätt och tidsskalor i SR-



Site för redovisning av olika tänkbara förlopp för utvecklingen av slutförvarets egenskaper, dess omgivning och biosfären.

A8. Säkerhetsanalys och säkerhetsredovisning

A8.1 Förhållanden, händelser och processer

A8.1.1 Krav

9 § SSMFS 2008:21 *Utöver bestämmelserna i 4 kap. 1 § Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:1) om säkerhet i kärntekniska anläggningar gäller att säkerhetsanalyserna även ska omfatta förhållanden, händelser och processer vilka kan leda till spridning av radioaktiva ämnen efter förslutning och att sådana analyser ska göras innan slutförvaret uppförs, innan det tas i drift och innan det försluts.*

A8.1.2 SSM:s bedömning

SKB:s säkerhetsanalys SR-Site har baserats på en sammanställning av egenskaper, händelser och processer, s.k. FEP ("Features, Events, Processes") som kan påverka slutförvarets långsiktiga säkerhet och strålskydd och som direkt eller indirekt kan leda till spridning av radioaktiva ämnen. Dessa finns sammanställda och beskrivna i en databas och i de så kallade processrapporterna. Den förväntade utvecklingen av slutförvarsmiljön och dess omgivningar, biosfären samt slutförvarets barriärer finns beskrivna och analyserade i den så kallade referensutvecklingen. Referensutvecklingen utgör en grund för analys och definition av SKB:s huvudscenariot. SKB har också definierat säkerhetsfunktioner för olika slutförvarskomponenter vilka om de uppfylls säkerställer tillförlitlighet hos en viss aspekt av slutförvarets skyddsförmåga. Möjliga situationer i vilka dessa säkerhetsfunktioner upphör att fungera på det sätt som eftersträvas har analyserats bland annat för urval av mindre sannolika scenarier och restscenarier. Detta omfattar för kapseln brott orsakat av de två fallen isostatisk last och skjuvlast. Motsvarande fall för bufferten är advektion, frysning och omvandlingar. Fallet med kapslar som fallerar på grund av korrosionsprocesser har inkluderats i SKB:s huvudscenariot. SSM bedömer att SKB har tillämpat de tre scenariokategorierna huvudscenariot, mindre sannolika scenarier och restscenarier i enlighet med de allmänna råden till denna föreskriftsparagraf. SSM konstaterar också att SKB har motiverat såväl varför sannolika händelser och processer har inkluderats i huvudscenariot, som varför vissa händelser och processer har bedömts vara mindre sannolika och följaktligen har kategoriserats och behandlats inom kategorin mindre sannolika scenarier. Händelser och processer som bedöms vara mycket osannolika eller enbart hypotetiska har representerats och illustrerats i de så kallade restscenarierna. SSM anser dock att antalet utförligt redovisade scenarier förutom huvudscenariot hade kunnat utökas för att förtydliga innebörd och konsekvenser av vissa typer av händelser, processer och egenskaper som i SR-Site enbart har hanterats inom FEP-analysen (se nedan).

SSM konstaterar att SKB som en del av huvudscenariot har beaktat spridning av radioaktiva ämnen till följd av kapslar som fallerar på grund av korrosion med ett korrosionsdjup som motsvarar hela kapselns tjocklek. En förutsättning för kapselbrott till följd av korrosion är i detta scenario att bufferten först har fallerat som ett resultat av buffererosion. Andra fall som exkluderar buffererosion innefattar korrosion i väsentligt mindre utsträckning, vilken inte leder till genomgående skador hos kapslarna. Mera betydande buffererosion förutsätter ett förhållandevis kraftigt utspädningsförlopp för grundvatten i anslutning till bufferten samt att erosionen äger rum i deponeringshål med ett grundvattenflöde. Trots att dessa processer tillhör huvudscenariot omfattar fallet i statistisk mening inom säkerhetsanalysen mindre än en fallerad kopparkapsel. En anledning till den låga frekvensen av kapselbrott är enligt SKB:s analys att detta fall



endast är möjligt om två var och en för sig förhållandevis osannolika situationer samverkar: det vill säga (i) att kapseln befinner sig i en av de deponeringshålspositionerna med högst förväntat grundvattenflöde, samt (ii) att kapseln befinner sig i en deponeringshålsposition med högst sulfidhalt.

Det andra fallet som SKB har beaktat i sin säkerhetsanalys och som ger upphov till spridning av radioaktiva ämnen är att kopparkapslarna fallerar på grund av mekaniska belastningar till följd av skjuvrörelser i sprickor som skär deponeringshålen. Dessa skjuvrörelser förutsätts vara inducerade av primära rörelser på grund ett stort jordskalv i någon av de närliggande deformationszonerna. SKB har kategoriserat denna händelse som en del av ett mindre sannolikt scenario. Även detta fall resulterar rent statistiskt i mindre än en fallerad kopparkapsel inom hela säkerhetsanalysens tidsskala. Den låga sannolikheten beror delvis på att SKB planerar att identifiera och undvika positioner i berget som skärs av större sprickor och delvis på att kopparkapseln enligt SKB:s planer kommer att utformas och provas individuellt på ett sådant sätt att den har goda förutsättningar att bevara sin integritet även om den utsätts för relativt stora skjuvbelastningar med skjuvbelopp mindre än 5 cm i den anslutande sprickan i berggrunden. Av betydelse för att minimera kapselskador är också buffertens materialegenskaper och utformning.

Övriga tänkbara scenarier som skulle kunna involvera potentiella bidrag till slutförvarsrisk så som isostatiska kapselbrott, samt omvandlingar och frysning av bufferten har utvärderats av SKB men har därefter klassats som restscenarier som inte medför bidrag till riskanalysen.

SSM anser att SKB:s FEP-beskrivningar, utformning av referensutvecklingen och definition av säkerhetsfunktioner för enskilda barriärer har gjorts på ett korrekt sätt i enlighet med SSM:s föreskriftskrav. SSM konstaterar att SKB har gjort omfattande analyser av de två fallen som i SR-Site leder till spridning av radioaktiva ämnen, dvs. kombinationen bufferterosion och kapselkorrosion samt stora skjuvrörelser tvärs över en kapsel till följd av stora jordskalv. Som framgår av SSM:s detaljerade granskning finns förbättringsbehov inom ett antal frågor kopplade till dessa fall. SSM bedömer dock att förbättring och utveckling av analysen av de två fallen kan göras inom ramen för planerade kommande säkerhetsredovisningar.

SSM anser att det föreligger ett utvecklingsbehov kopplat till angreppsättet för analys av konceptuella osäkerheter och tänkbar risk för förhållandevis tidiga kapselbrott. Behov av att så långt som möjligt analysera och minimera betydelsen av detta scenario är enligt SSM:s bedömning en viktig fråga och den enda rimligt sannolika orsaken till varför förändringar/betydande justeringar av slutförvarskonceptet skulle kunna bli nödvändiga. De frågor som SSM har identifierat inom ramen för granskningen av SR-Site avser: (i) eventuell förekomst av låg kryptuktilitet för kopparhöljet vid långsam pålastning vid uppbyggnad av buffertens svälltryck, (ii) inverkan av väteupptag i koppar som kan påverka kopparhöljets deformationsegenskaper, (iii) gropkorrosion av kopparhöljet till följd av uppkomsten av en passiverande sulfidfilm vid omättade förhållanden och snabb tillförsel av sulfid, samt (iv) spänningskorrosion av kopparhöljet till följd av uppkomsten av en passiverande sulfidfilm vid omättade förhållanden och snabb tillförsel av sulfid. SSM konstaterar även att SKB:s redovisning kring inverkan av långsamma återmättnadstider rent generellt behöver utökas.

SSM konstaterar att SKB har hanterat de ovanstående processerna inom ramen för FEP-analys och kompletteringar till ansökan. SKB har framfört argument varför dessa FEP har eliminerats från den mera detaljerade hanteringen av övriga processer inom scenario- och riskanalysen. SSM anser inte att dessa fall nödvändigtvis behöver ha en påverkan på



riskanalysen, men att avsaknaden av explicit hantering av dem i scenarioanalys försvårar bedömningar och medför att deras inverkan riskerar att inte beaktas vid bedömning av förutsättningar för att optimera slutförvarets skyddsförmåga respektive vidareutveckling av de tekniska barriärerna. Avsaknad av formulering av konstruktionsstyrande fall med koppling till kopparhöljets deformationsegenskaper innebär exempelvis att dessa frågor riskerar att inte bli tillräckligt belysta vid slutlig bedömning av bästa möjliga teknik för kapselns slutliga utformning. SSM bedömer att formulering och analys av ytterligare scenarier kan göras inom ramen för kommande säkerhetsanalyser.

SKB har genomfört beräkningar för ett scenario med oförslutet förvar som lämnas utan övervakning. SSM bedömer att SKB:s scenarioformulering för detta fall är godtagbar och att SKB:s uppskattning av scenariots doskonsekvenser är rimliga. Resultaten från detta fall pekar på den stora betydelsen av att slutligt försluta slutförvaret i perspektivet långsiktig strålsäkerhet.

SSM bedömer sammanfattningsvis att SKB har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

A8.2 Säkerhetsredovisning

A8.2.1 Krav

11 § SSMFS 2008:21 *Säkerhetsredovisningen för ett slutförvar ska, utöver vad som framgår av bestämmelserna i 4 kap. 2 § Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:1) om säkerhet i kärntekniska anläggningar innehålla den information som framgår av bilaga 1 till dessa föreskrifter och som avser tiden efter förslutning.*

Innan slutförvaret försluts ska den slutliga säkerhetsredovisningen förnyas och säkerhetsgranskas i enlighet med 4 kap 3 § Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter (SSMFS 2008:1) om säkerhet i kärntekniska anläggningar samt vara prövad och godkänd av Strålsäkerhetsmyndigheten.

A8.2.2 SSM:s bedömning

SSM anser att säkerhetsanalysen behöver baseras på lämpliga och tydligt redovisade metoder för att uppnå tilltro och för att innebörden av erhållna resultat ska kunna värderas på ett tillförlitligt sätt. Kraven i bilaga 1 syftar till att säkerställa att olika aspekter av säkerhetsanalysmetodik finns beskrivna och att myndigheten kan bedöma dess lämplighet.

SKB:s säkerhetsanalys har baserats på elva moment: 1) beskrivning av händelser, processer och egenskaper, 2) beskrivning av det initiala tillståndet, 3) beskrivning av externa förhållanden, 4) framtagning av processbeskrivningar, 5) definition av säkerhetsfunktioner för barriärer, 6) sammanställning av indata till analysen, 7) definition och analys av slutförvarets referensutveckling, 8) val av scenarier, 9) analys av barriärfunktionen inneslutning och barriärfunktionen fördröjning, 10) ytterligare analyser och stödjande argument, 11) slutsatser. Enligt SSM:s bedömning innefattar denna metodik de nödvändiga momenten för genomförande och utvärdering av säkerhetsanalysen och att SKB därför har förutsättningar att uppfylla föreskriftskravet.

Det andra stycket i föreskriftskravet blir först tillämpligt inför förslutning av slutförvarsanläggningen och är därmed inte föremål för bedömning i innevarande prövningssteg.

A8.3 Analyismetoder – beskrivning av barriärsystemet

A8.3.1 Krav

SSMFS 2008:21 11 § bilaga 1 *Följande ska redovisas beträffande analyismetoder:*

- *hur en eller flera metoder använts för att beskriva det passiva systemet av barriärer i slutförvaret, dess funktion och utveckling med tiden; metoden eller metoderna ska bidra till att ge en klar bild av de förhållanden, händelser och processer som kan påverka barriärernas funktioner samt de inbördes kopplingarna mellan dessa förhållanden, händelser och processer,*

A8.3.2 SSM:s bedömning

SSM anser att SKB har tagit fram en godtagbar metod för beskrivning av barriärsystemet. En utgångspunkt för säkerhetsanalysen är konstruktionsförutsättningar för ett KBS-3-förvar, som specificerar krav på komponenter och delar av försvarssystemet med bl.a. utgångspunkt från erfarenheter från tidigare säkerhetsanalyser. SKB planerar baserat på ett iterativt förfarande att fortsätta anpassa konstruktionsförutsättningar till krav som har härletts från SR-Site och säkerhetsanalyser som kommer att tas fram under den stegvisa processen för etablering av ett slutförvar. Det planerade tillvägagångssättet vid utformning och uppförande av anläggningen har översiktligt beskrivits, liksom de tekniska barriärerna och andra slutförvarskomponenter har specificerats i de så kallade produktionslinjerapporterna. I dessa redogörs för utformning, produktion och kontroller som krävs för slutförvarets referensutformning. Forsmarksplatsens egenskaper har beskrivits utförligt i den platsbeskrivande modellen. Dessa moment ingår som steg i SKB:s metodik, vilket kan summeras som framtagning av utförliga beskrivningar av barriärsystemet och dess komponenter.

SSM anser även att SKB:s metoder att beskriva barriärsystemets utveckling i tiden och de förhållanden, händelser och processer som påverkar barriärsystemets funktioner samt deras inbördes kopplingar, är godtagbara.

SKB redogör för säkerhetsfunktioner för barriärer i steg 5 i sin säkerhetsanalysmetodik. SKB utgår från de två barriärfunktionerna inneslutning och fördröjning och delar upp dessa i ett antal delfunktioner för de individuella barriärerna. Varje delfunktion kopplas till en säkerhetsfunktionsindikator som ska indikera om säkerhetsfunktionen är uppfylld eller inte. SKB utvärderar statusen för säkerhetsfunktionsindikatorerna för olika relevanta tidsperioder i slutförvarets långsiktiga utveckling. Dessa kommenteras även mera utförligt i samband med SSM:s bedömning ovan av SKB:s förutsättningar för uppfyllelse av SSMFS 2008:21 9 §.

Detaljerade synpunkter, i synnerhet kring tillämpningen av metodiken för definitionen av säkerhetsfunktioner, återfinns i SSM:s tillhörande granskningsrapport (SSM2011-1135-17).

A8.4 Analyismetoder - scenarier

A8.4.1 Krav

11 § bilaga 1 SSMFS 2008:21 *Följande ska redovisas beträffande analyismetoder:*

- *hur en eller flera metoder använts för att identifiera och beskriva relevanta scenarier för händelseförlopp och förhållanden som kan påverka den framtida utvecklingen av slutförvaret; bland scenarierna ska finnas ett huvudscenario som tar hänsyn till de mest troliga förändringarna i slutförvaret och dess omgivning,*

A8.4.2 SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB har beskrivit metoden för att beskriva och välja ut scenarierna i SR-Site på ett godtagbart sätt. SSM konstaterar att SKB på ett lämpligt sätt har definierat ett huvudscenario som syftar till att hantera de mest troliga förändringarna i slutförvaret och dess omgivning. För huvudscenariot utgår SKB från referensutvecklingen medan övriga scenarier definieras utifrån slutförvarets säkerhetsfunktioner och deras tänkbara tillstånd. SSM anser även att SKB:s metod för utvärdering av scenarierna med utgångspunkt från jämförelser av säkerhetsfunktionernas tillstånd med kriterier för säkerhetsfunktionsindikatorerna är godtagbar. Även sannolikheter för olika scenarier har använts på ett rimligt sätt för dess klassificering och för risksummering.

Detaljerade bedömningar och synpunkter, i synnerhet kring tillämpningen av metodiken för val av scenarier, klassificering av scenarier i huvudscenariot, mindre sannolika scenarier samt restsценarier och om risksummeringen återfinns i SSM:s tillhörande granskningsrapport (SSM2011-1135-17).

A8.5 Analysmetoder – modeller och parametervärden

A8.5.1 Krav

11 § bilaga 1 SSMFS 2008:21 *Följande ska redovisas beträffande analysmetoder:*

- *tillämpbarheten hos använda modeller, parametervärden och andra förutsättningar som används för beskrivning och beräkning av slutförvarets funktioner så långt det rimligen är möjligt,*

A8.5.2 SSM:s bedömning

SSM bedömer att SKB i SR-Site och underliggande dokumentation har lagt rimligt stor vikt vid att beskriva och utvärdera de modeller som har använts i säkerhetsanalysberäkningar. SKB har även redovisat och tillämpat metoder för att utvärdera användningsområden för dessa modeller inklusive deras begränsningar. SSM anser att SKB på ett godtagbart sätt har beskrivit och bedömt de använda datakoderna och värderat deras tillämpbarhet. Kvalitetssäkring har tillämpats i en omfattning som bedömts vara rimlig i förhållande till detta prövningssteg, samt att åtgärdernas omfattning har anpassats till säkerhetsbetydelsen för en viss datorkod och för de tillhörande beräkningarna. SKB har redogjort för de parametervärden som har använts i beräkningarna och har värderat dem utifrån deras betydelse och tillämpning i säkerhetsanalysen. SSM konstaterar att den så kallade modellrapporten och datarapporten bidrar till tillämpning av ett strukturerat och konsekvent förhållningssätt till modeller och data över de många vetenskapliga och tekniska områden som ingår i säkerhetsanalysen. SSM anser att denna typ av dokumentation bör vara en utgångspunkt för modelleringsarbeten som ingår i säkerhetsanalysen snarare än dokumentation som tas fram i efterhand. Inom ramen för platsundersökningarna bedömer SSM att SKB har utrett tillämpbarhet för platsspecifika modeller och data med omfattande utredningar.

SSM:s föreskrifter ställer höga krav på att redovisningen av modeller, parametervärden och andra förutsättningar ska möjliggöra en bedömning av säkerhetsanalysresultatens tillförlitlighet. SSM anser att SKB behöver beakta de synpunkter som SSM för fram i myndighetens granskningsrapport (SSM2011-1135-17) i kommande steg i SKB:s program. SSM bedömer att SKB har goda förutsättningar att kunna uppfylla kravet på redovisning av tillämpbarheten av modeller, parametervärden och andra förutsättningar baserat på en fördjupning av SKB:s metodik i SR-Site som har använts för beskrivning och beräkning av slutförvarets funktioner.

Detaljerade bedömningar och synpunkter, i synnerhet kring tillämpningen av metodiken för val och tillämpning av parametervärden och modeller återfinns i SSM:s tillhörande granskningsrapport (SSM2011-1135-17).

A8.6 Analysmetoder – känslighetsanalys och osäkerheter

A8.6.1 Krav

11 § bilaga 1 SSMFS 2008:21 *Följande ska redovisas beträffande analysmetoder:*

- *hur osäkerheter i beskrivningen av barriärsystemets funktioner, scenarier, beräkningsmodeller och beräkningsparametrar samt variationer i barriärernas egenskaper hanterats i säkerhetsanalysen, inklusive redovisning av en känslighetsanalys som visar hur osäkerheterna inverkar på beskrivningen av barriärernas utveckling och analysen av konsekvenserna för människors hälsa och för miljön,*

A8.6.2 SSM:s bedömning

SSM anser att en viktig del av säkerhetsanalysmetodiken innefattar beskrivning och hantering av osäkerheter. SKB har klassificerat osäkerheterna i systemosäkerheter, konceptuella osäkerheter, modellosäkerheter och dataosäkerheter. SSM bedömer att denna klassificering är konsekvent med de allmänna råden och lämplig för sitt syfte. SKB har på ett övergripande sätt beskrivit hur dessa typer av osäkerheter systematiskt har hanterats. SKB har även beskrivit hur dessa olika typer av osäkerheter har hanterats på ett integrerat sätt i säkerhetsanalysen. Därutöver har SKB enligt SSM:s bedömning på ett acceptabelt sätt beskrivit metoder för de känslighetsanalyser som har genomförts i samband med konsekvensanalysberäkningarna. Vissa förenklade känslighetsanalyser som har genomförts i samband med analysen av de tekniska barriärernas beständighet bidrar också till förståelse för inverkan av olika typer av osäkerheter. SSM konstaterar att hanteringen av osäkerheter till viss del genomsyrar hela säkerhetsanalysen SR-Site. SSM anser att användningen av känslighetsanalyser i första hand har fokuserats på radionuklidtransportberäkningar och sannolikt kan utökas till att omfatta flera områden med bäring på slutförvarets långsiktiga risk så som jordskalvsmodellering och modellering av kapselns långsiktiga deformation. Med utgångspunkt från argumenten ovan bedömer SSM att SKB har förutsättningar att uppfylla kravet på redovisning av hur osäkerheter har hanterats i säkerhetsanalysen. SSM har även andra synpunkter på SKB:s hantering av osäkerheter i SR-Site som SKB behöver beakta i kommande steg av sitt program.

Detaljerade bedömningar och synpunkter, i synnerhet kring hantering av osäkerheter i alla aspekter av säkerhetsanalysen återfinns i SSM:s tillhörande granskningsrapport (SSM2011-1135-17).

A8.7 Analys – utveckling efter förslutning

A8.7.1 Krav

11 § bilaga 1 SSMFS 2008:21 *Följande ska redovisas beträffande analys av betingelserna efter förslutning:*


- *säkerhetsanalysen enligt 9 § omfattande beskrivningar av utvecklingen i biosfär, geosfär och slutförvar för utvalda scenarier; slutförvarets omgivningspåverkan för valda scenarier, inklusive huvudscenariot, med hänsyn till felfunktioner hos tekniska barriärer och övriga identifierade osäkerheter.*

A8.7.2 SSM:s bedömning

SSM anser att SKB har tagit fram en säkerhetsredovisning som omfattar en utförlig analys av betingelser efter förslutning av slutförvaret. Analysen omfattar beskrivningar av



utvecklingen i biosfär, geosfär och slutförvar för utvalda scenarier. Därutöver redovisar SKB slutförvarets omgivningspåverkan för de valda scenarierna med hänsyn till felfunktioner hos tekniska barriärer, processer som påverkar barriärfunktionerna för berget och andra identifierade osäkerheter. SSM bedömer baserat på redovisningen i SR-Site att SKB har förutsättningar att uppfylla kravet på redovisning av analys av betingelserna efter förslutning. SSM har granskat analys av säkerheten efter förslutning och resultaten från denna granskning återfinns i myndighetens granskningsrapport (SSM2011-1135-17). SSM anser att SKB behöver beakta de synpunkter som framförs i denna granskningsrapport i kommande steg i sitt program.



Swedish Radiation Safety Authority
Solna strandväg 96
SE-171 16 Stockholm
Sweden

+46 8 799 40 00
registrator@ssm.se
www.ssm.se

Send an e-mail to registrator@ssm.se
if you would like to have the report in a
different format, such as Braille or DAISY.