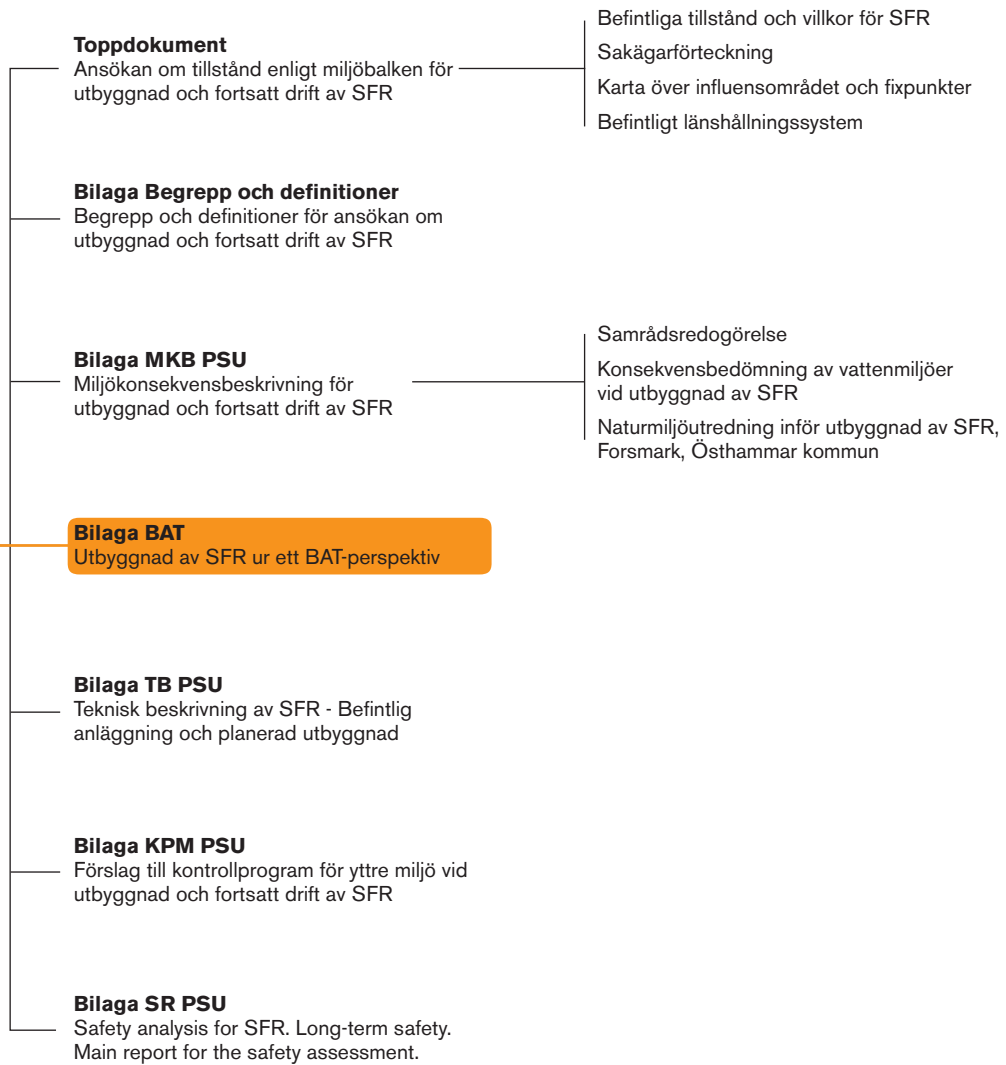
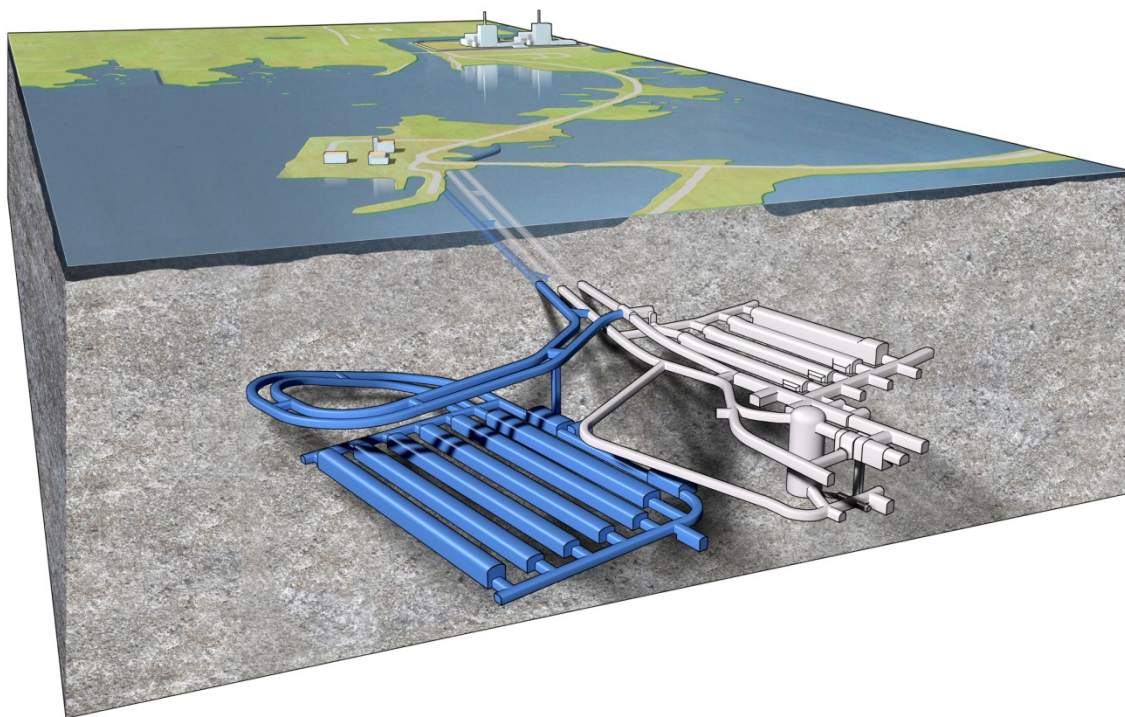


Ansökan om tillstånd enligt miljöbalken



DokumentID 1415420	Version 1.0	Status Godkänt	Reg nr	Sida 1 (22)
Författare Helén Segerstedt, Kaj Ahlbom, Anna Pettersson			Datum 2013-11-15	
Kvalitetssäkrad av Marika Andersson (SG)			Kvalitetssäkrad datum 2014-12-11	
Godkänd av Peter Larsson			Godkänd datum 2014-12-11	
Kommentar Granskning har skett enligt granskningsprotokoll SKB doc 1432903				

Utbyggnaden av SFR ur ett BAT-perspektiv



Innehåll

Sammanfattning	3
1 Syfte	5
2 Avgränsning	5
3 BAT i lagstiftningen.....	5
3.1 Miljöbalken.....	5
3.2 KTL och SSM:s föreskrifter	5
4 Historik.....	7
5 Förvarsprincip	8
6 BAT vid utformning av SFR.....	9
6.1 Krav och utgångspunkter	9
6.2 Utformning av befintligt SFR.....	11
6.3 Utformning av utbyggt SFR	12
6.3.1 Läge och djup på förvarsdelar	12
6.3.2 Utformning av tekniska barriärer i utbyggt SFR.....	13
6.3.3 Bergsal för medelaktivt avfall i utbyggd del av SFR (2BMA)	13
6.3.4 Bergsalar för lågaktivt avfall i utbyggd del av SFR (2-5BLA).....	15
6.3.5 Bergsal för reaktortankar (1BRT)	16
6.4 Vattenhantering	17
6.5 Förslutning.....	18
7 BAT vid drift av SFR	18
7.1 Avfallet, acceptanskriterier och kollin.....	19
7.2 Fördelning av avfall.....	20
8 Slutsatser	22

Sammanfattning

När SFR ursprungligen utformades tillämpades BAT (Best Available Technology eller bästa möjliga teknik) även om begreppet då inte fanns introducerat i lagstiftningen. Vid prövningen enligt den dåvarande miljöskyddslagen fanns dock liknande krav.

När SFR1 (befintligt SFR) projekterades och byggdes var förutsättningen att slutförvara de avfallstyper av låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverken och Clab som fanns eller kunde förutses runt år 1985 från den framtida driften. SFR1 avsåg enbart driftavfall. Senare planerades för utbyggnad av SFR för att även slutförvara låg- och medelaktivt avfall från den framtida rivningen av kärnkraftverken (SFR3) och eventuellt också sk härdkomponenter (SFR2)¹. Vid denna tidpunkt förväntades alla kärnkraftverk ha tagits ur drift senast år 2010 och avfallsmängderna beräknades därefter. Detta innebar att allt driftavfall antogs vara deponerat strax efter 2010, varefter SFR1 skulle förslutas.

Nu planeras kärnkraftverken att drivas under längre tid än vad som förväntades när SFR byggdes. Detta medför att SFR:s driftskede kommer att pågå under längre tid än vad som ursprungligen avsågs, vilket ställer nya krav på underhållet av anläggningen. För att säkerställa att de tekniska barriärerna uppnår det antagna initialtillståndet (tillstånd som råder i SFR och dess omgivning direkt efter förslutning) samt att anläggningen uppfyller ställda säkerhetskrav under drift genomförs ett åtgärdsprogram för modernisering av SFR.

Vid projekteringen av SFR:s utbyggnad har förbättringar av tekniska barriärer gjorts baserat på erfarenheter från driften av det befintliga SFR samt på teknisk utveckling och på de säkerhetsanalyser som gjorts sedan drifttagningen. Läge och djup för den planerade utbyggnaden har baserats på en platsundersökning, vilket bland annat har medfört att utbyggnaden har förlagts inom den nedre delen av djupintervallet för befintligt SFR. Att förlägga utbyggnaden ännu djupare har inte bedömts innebära någon väsentlig fördel med avseende på säkerhet efter förslutning.

De tekniska barriärerna har utformats med utgångspunkt från avfallens farlighet. Förvarsdelar med hög radiotoxicitet har ett mera kvalificerat barriärssystem för att kvarhålla och fördröja transport av radionuklider ut från förvaret, medan enklare barriärssystem används i förvarsdelar som innehåller avfall med lägre radiotoxicitet. Utifrån denna grundprincip har kriterier för vilket avfall som accepteras i SFR setts över, liksom fördelning av avfall till olika förvarsdelar för att optimera strålsäkerheten. Avfall med ett innehåll av långlivade radionuklider som gör att det inte passar i SFR kommer att deponeras i slutförvaret för långlivat avfall (SFL).

Det rivningsavfall som tillkommer påminner om det avfall som idag deponeras i SFR. Balansen mellan avfall från vattenrening (jonbytarmassor) och förbrukade komponenter etc. kommer dock att ändras. Mängden av de senare kommer naturligt nog att öka. För en stor del av avfallet kommer samma typ av avfallsbehållare att användas som idag. De är beprövade och passar i befintliga hanteringssystem. För att minska behovet att segmentera komponenter och därigenom underlätta hanteringen föreslås även en ny typ av större avfallsbehållare, fyrkokill (med mått motsvarande fyra kokiller), att kunna användas. Denna avfallsbehållare passar in i transport- och hanteringssystemet i SFR och kan hantera större komponenter. Detta möjliggör reduktion av dosen till rivningspersonalen utan att öka dosen vid transport och deponering.

I det utbyggda SFR kommer även reaktortankar från kokvattenreaktorer att slutförvaras. Motsvarande komponenter från tryckvattenreaktorerna bedöms ha för högt innehåll av långlivade radionuklider för att kunna accepteras i SFR. Att förvara reaktortankarna hela medför tidsbesparing vid rivningsarbetet samt bedöms som kostnadseffektivt jämfört med att sönderdela dem vid kärnkraftverket och

¹ SFR2 var benämningen på eventuell utbyggnad av SFR för slutförvaring av härdkomponenter. Alternativt skulle härdkomponenterna deponeras i ett framtida slutförvar för långlivat avfall (SFL) vilket är planen idag.

slutförvara i avfallsbehållare. Genom att rivningen av kärnkraftverket går fortare utsätts den personal som ska arbeta med rivningen för generellt sett mindre stråldoser. Segmentering innebär också en högre energiåtgång jämfört med att deponera dem hela.

Sammanfattningsvis kan konstateras att även om BAT-begreppet introducerades i lagstiftningen efter att SFR togs i drift fanns liknande krav redan när SFR utformades. Utformningen av utbyggnaden baseras på erfarenheter från driften av befintligt SFR, teknisk utveckling och de säkerhetsanalyser som gjorts sedan drifttagningen. De ändringar som införts menar SKB är BAT.

BAT-perspektivet har även använts för den planerade driften av det utbyggda SFR genom att utbyggnaden möjliggör en optimerad deponeringsstrategi med fokus på strålsäkerheten. De krav som SKB ställer på avfall som ska slutförvaras eller mellanlagras i SFR bidrar även till att BAT tillämpas i hela kedjan från det att avfallet uppstår, via konditionering och förpackning och transporter till deponering i olika förvarsdelar i SFR.

1 Syfte

Denna rapport ingår som bilaga i ansökningarna enligt kärntekniklagen (KTL) och miljöbalken (MB) om tillstånd till utbyggnad och fortsatt drift av SFR (Slutförvaret för kortlivat radioaktivt avfall).

Syftet med rapporten är att visa att BAT har tillämpats genom att belysa motiven till de val som gjorts i planering och projektering av moderniserings- och förbättringsåtgärder i befintligt SFR samt inför utbyggnad av SFR.

BAT avser Best Available Technology eller Bästa möjliga teknik som det benämns i miljöbalken och SSMFS 2008:37. Enligt miljöbalken 2 kap §§ 3 och 7 ska bästa möjliga teknik användas för att förhindra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön, men en rimlighetsavvägning ska göras. I SSMFS 2008:37 definieras bästa möjliga teknik som ”den effektivaste åtgärden för att begränsa utsläpp av radioaktiva ämnen och utsläppens skadliga effekter på människors hälsa och miljön, och som inte medför orimliga kostnader”.

2 Avgränsning

Motiv till val av lokalisering beskrivs i ”*Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR*” tillhörande ansökningarna enligt kärntekniklagen och miljöbalken. Lokaliseringen motiveras också i ansökningarna utifrån 2 kap 6 § miljöbalken:

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

Vald lokalisering och övervägda lokaliseringalternativ beskrivs inte närmare i denna rapport.

3 BAT i lagstiftningen

3.1 Miljöbalken

I 2 kap. 3 § miljöbalken anges att:

”Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iaktta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön. I samma syfte skall vid yrkesmässig verksamhet användas bästa möjliga teknik. Dessa försiktighetsmått skall vidtas så snart det finns skäl att anta att en verksamhet eller åtgärd kan medföra skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljön”.

Kravet på bästa möjliga teknik ska, liksom övriga allmänna hänsynsregler, tolkas i ljuset av avvägningsregeln i miljöbalken 2 kap 7 §, som innebär att tillämpningen av bästa möjliga teknik i det enskilda fallet bestäms efter en mer allsidig bedömning. Detta synsätt harmonierar med det internationellt vedertagna begreppet Best Available Technology (BAT), som även inkluderar ekonomiska hänsyn, det vill säga bästa tillgängliga teknik.

3.2 KTL och SSM:s föreskrifter

I KTL 5 b § anges att 2 kap i miljöbalken ska tillämpas vid prövning av ärenden enligt KTL.

Krav på bästa möjliga teknik finns också uttryckta i föreskrifter och allmänna råd utfärdade av Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM). SSM:s föreskrifter har utfärdats med stöd av Strålskyddslagen, Kärntekniklagen och dessa lagars förordningar, som fokuserar på strålskydd respektive säkerheten i

kärnteknisk verksamhet. Kraven på bästa möjliga teknik i SSM:s föreskrifter fokuserar därmed på strålskydd och kärnteknisk säkerhet.

Kravet på bästa möjliga teknik finns uttryckt i SSMFS 2008:21 Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet vid slutförvaring av kärnämne och kärnavfall:

6 § *Barriärsystemet ska konstrueras och utföras med hänsyn till bästa möjliga teknik. För en definition av detta begrepp hänvisar föreskriften till 2 kap 3 § miljöbalken.*

Det återfinns också i SSMFS 2008:1 Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i kärntekniska anläggningar:

1 kap 1 § *Dessa föreskrifter gäller åtgärder som krävs för att upprätthålla säkerheten vid uppförande, innehav och drift av kärntekniska anläggningar i syfte att så långt det är rimligt med beaktande av bästa möjliga teknik förebygga radiologiska olyckor och förhindra olovlig befattning med kärnämne och kärnavfall.*

I samma föreskrift finns även krav på att tekniken ska vara beprövad, utprovad eller utvärderad:

3 kap 2 § *Konstruktionsprinciper och konstruktionslösningar ska vara beprövade under förhållanden som motsvarar dem som kan förekomma under den avsedda användningen i en anläggning. Om detta inte är möjligt eller rimligt ska konstruktionsprinciperna och konstruktionslösningarna vara utprovade eller utvärderade på ett sätt som visar att de har den tålighet, tillförlitlighet och driftstabilitet som behövs med hänsyn till deras funktion och betydelse för anläggningens säkerhet.*

I SSM:s föreskrifter definieras, förutom bästa möjliga teknik, också ett snarlikt begrepp, optimering. De båda begreppen definieras i SSMFS 2008:37, Strålsäkerhetsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om skydd av människors hälsa och miljön vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall, enligt följande:

2 § *I dessa föreskrifter avses med*

- *bästa möjliga teknik: den effektivaste åtgärden för att begränsa utsläpp av radioaktiva ämnen och utsläppens skadliga effekter på människors hälsa och miljön, och som inte medför orimliga kostnader,*
- *optimering: begränsning av stråldoser till människor så långt detta rimligen kan göras med hänsyn tagen till såväl ekonomiska som samhälleliga faktorer.*

Av föreskriften framgår att båda begreppen ska tillämpas för slutförvar:

4 § *Vid slutligt omhändertagande av använt kärnbränsle och kärnavfall ska optimering ske och hänsyn tas till bästa möjliga teknik.*

Av de allmänna råden till denna bestämmelse (till 4, 8 och 9 §§ SSMFS 2008:37) framgår att optimering och bästa möjliga teknik bör användas parallellt i syfte att förbättra förvarets skyddsförmåga. Det är alltså både doser och utsläpp som ska begränsas. Vidare framgår att vid eventuella konflikter mellan tillämpningen av optimering och bästa möjliga teknik bör bästa möjliga teknik ges företräde.

Att systemet är optimerat avseende säkerhet efter förslutning utvärderas genom att risker för människor beräknas och jämförs med det riskkriterium som myndigheten angett i SSM 2008:37 5 §. Denna bestämmelse kvantifierar vilken skyddsförmåga slutförvaret ska ha när det gäller risker till följd av stråldoser till människa:

SSM 2008:37 5 § *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.

Optimering kan även beskrivas som en tillämpning av den så kallade ALARA-principen. ALARA står för As Low As Reasonably Achievable och är ett begrepp som finns definierat i flera av ICRP:s skrifter (International Commission on Radiological Protection).

4 Historik

När SFR ursprungligen utformades tillämpades BAT även om begreppet då inte fanns introducerat i lagstiftningen. Begreppet BAT kommer från IPPC-direktivet som infördes i svensk rätt först i slutet av 1990-talet. Vid prövningen av SFR enligt miljöskyddslagen på 1980-talet ingick emellertid en bedömning med utgångspunkt för vad som är tekniskt möjligt i samband med en rimlighetsavvägning.

Vid denna tid var markförvar den vanligaste internationellt tillämpade metoden för slutförvaring av driftavfall från reaktorer och motsvarande avfall. På grund av de säkerhetsfördelar som bedömdes finnas med ett bergförlagt slutförvar valde SKB en sådan förvarslösning. En viktig komponent var att man därigenom kunde undvika en aktiv övervakning av anläggningen under flera hundra år efter förslutning, vilket normalt krävs för markförvar. SFR:s förläggning av förvarsutrymmena under havsbotten gav ytterligare säkerhetsfördelar med lågt grundvattenflöde och undvikande av risk för brunnborring under lång tid. Vidare utformades de olika förvarsutrymmena med barriärer anpassade till avfallet som skulle deponeras. I detta arbete utnyttjades de kunskaper som byggts upp i samband med utvecklingen av slutförvarssystem för använt bränsle och högaktivt avfall från uppberedning, speciellt vad gäller metodiken för säkerhetsanalys och kunskaperna kring bentonit.

När SFR1 (befintligt SFR) projekterades och byggdes var förutsättningen att slutförvara de avfallstyper av låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverken och Clab som fanns eller kunde förutses runt år 1985 från den framtida driften. SFR1 avsåg enbart driftavfall. Senare planerades för utbyggnad av SFR för att även slutförvara låg- och medelaktivt avfall från den framtida rivningen av kärnkraftverken (SFR3) och eventuellt också sk härdkomponenter (SFR2)². Vid denna tidpunkt förväntades alla kärnkraftverk ha tagits ur drift senast år 2010 och avfallsmängderna beräknades därefter. Detta innebar att allt driftavfall antogs vara deponerat strax efter 2010, varefter SFR1 skulle förslutas.

Några viktiga förändringar i de förutsättningar som har skett sedan SFR togs i drift 1988 är:

- Kärnkraftverkens längre drifttider medför att även SFR:s driftskede förlängs. Med slutförvaring också av rivningsavfall från kärnkraftverken och övriga kärntechniska anläggningar, antas nu att SFR försluts cirka 2075.
- Tillkomsten av SFR har möjliggjort att hela hanteringskedjan från att avfallet uppstår till att det ska deponeras har kunnat optimeras med hänsyn till stråldos till personal, avfallsvolym och kostnader.
- Metodiken för säkerhetsanalys och kunskaperna om egenskaperna på lång och kort sikt om de material som används i SFR har successivt förbättrats.

I stort är det samma typ av avfall som har deponerats i SFR under hela SFR:s driftskede. I takt med att kärnkraftverken har minskat sina utsläpp av aktivitet har exempelvis mängden indunstarkoncentrat som omhändertags och deponeras i SFR ökat, och detta utgör en avfallstyp som i större mängd än

² SFR2 var benämningen på eventuell utbyggnad av SFR för slutförvaring av härdkomponenter. Alternativt skulle härdkomponenterna deponeras i ett framtida slutförvar för långlivat avfall (SFL) vilket är planen idag.

initialt förväntat omhändertas i SFR. Samtidigt har volymen mycket lågaktivt driftavfall minskat till följd av att detta till stor del kan deponeras i markförvar på kärnkraftverken.

Principerna för konditioneringsmetoderna har också varit desamma från början. Mycket avfall fanns redan konditionerat innan SFR byggdes och SFR är byggt för att hantera detta avfall och det avfall som löpande produceras. På kraftverken finns uppbyggda processer med möjlighet till solidifiering med cement eller bitumen för systembundet vått avfall och kringgjutning med cement för fast avfall. Kontrollen av ingjutningsprocesser och förpackning av avfallet har förbättrats och kvalitetssäkringsarbetet har utvecklats, inte minst genom användandet av så kallade typbeskrivningar och mer utvecklade och beskrivna acceptanskriterier.

En utveckling har skett hos kraftverken genom att bland annat byta ut betongkokiller till stålkokiller för att få plats med mer avfall per volymenhet. Utvecklingen har lett till att koncentrationen av avfall i avfallsbehållarna är högre med åtföljande högre dosrater på avfallskollina. Sammantaget har dessa åtgärder lett till att den årliga volymen avfall som behöver deponeras i SFR har minskat.

5 Förvarsprincip

SFR är byggt för att ta emot och efter förslutning utgöra ett passivt slutförvar för låg- och medelaktivt avfall. Med passivt menas att slutförvaret efter förslutning kan lämnas utan att ytterligare åtgärder behöver vidtas för att upprätthålla dess funktion, det vill säga under lång tid skydda människors hälsa och miljön mot skadlig verkan av joniserande strålning från det radioaktiva avfallet. Säkerheten efter förslutning upprätthålls av olika komponenter i förvaret, avfallskollin, tekniska barriärer i förvaringsutrymmen, förslutning med pluggar samt det omgivande berget. Vidare bidrar avfallets egenskaper i sig samt dess inplacering i de olika förvaringsutrymmena till säkerheten. Sammantaget innebär detta att avfallet deponeras på ett sådant sätt att vissa radionuklider kvarhålls tills de sönderfallit och för andra radionuklider att endast en långsam frigörelse kan ske. Avskildhet från människa och miljö åstadkoms genom berget och förvarsdjupet samt efter förslutning även av återfyllning och pluggar. SFR:s lokalisering under havet skyddar för framtida intrång som innebär att dricksvattenbrunnar in i och nedströms förvaret bedöms mycket osannolika under åtminstone det första tusentalet år.

Det finns ett stort antal slutförvar för låg- och medelaktivt avfall i drift runt om i världen vilket beskrivs närmare i *"Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR"* tillhörande ansökningarna. För mycket lågaktivt avfall används ofta markdeponier, medan lågaktivt avfall främst deponeras i ytnära förvar. Det kan vara anläggningar ovan eller under jord, ner till några tiotals meter. Det finns anläggningar för låg- och medelaktivt avfall som ligger ännu djupare, flera hundra meter under jord. Förvaren kan ha olika typer av barriärer, både naturliga och tekniska eller en kombination av de båda, beroende på förhållandena på platsen. Internationellt används olika definitioner av olika avfallstyper och i Sverige finns inga officiella definitioner vilket i viss mån försvårar jämförelser av förvarsprinciper för respektive avfallskategori. I det löpande arbetet och i denna ansökan använder SKB följande definitioner:

Hög-, medel- och lågaktivt avfall

Högaktivt avfall har så högt aktivitetsinnehåll att det kräver både strålskärmning och kylning vid hantering och lagring. Medelaktivt avfall kräver strålskärmning, men ingen kylning. Lågaktivt avfall kan hanteras utan särskild strålskärmning.

Kort- och långlivat avfall

Kortlivat avfall har ett begränsat innehåll av långlivade radionuklider, dvs radionuklider med en halveringstid som är längre än 31 år. Långlivat avfall har större innehåll av långlivade radionuklider. Gränsen mellan vad som utgör kortlivat och långlivat avfall bestäms av vilka mängder av långlivade radionuklider som kan accepteras för säker slutförvaring i SFR.

I EU:s direktiv för ansvarsfull och säker hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall (2011/70/Euratom) anges att ”det typiska konceptet för slutförvaring av låg- och medelaktivt avfall är slutförvaring nära markytan”. Vidare anges att det är allmänt accepterat att djup geologisk slutförvaring för närvarande utgör det säkraste och mest hållbara alternativet som slutpunkt för hantering av högaktivt avfall och använt bränsle.

Baserat på ovanstående anser SKB att vald förvarsprincip för SFR väl motsvarar de förvaringskoncept som tillämpas internationellt och även har högre säkerhetsnivå än vad som anges i kärnavfallsdirektivet avseende låg- och medelaktivt avfall. Den valda förvarsprincipen är således väl beprövad och bedöms uppfylla BAT.

6 BAT vid utformning av SFR

Syftet med ett slutförvar för radioaktivt avfall är att skydda människors hälsa och miljön mot skadlig verkan av joniserande strålning från det radioaktiva avfallet. När SKB har tillämpat BAT vid utformning, drift och förslutning av det utbyggda SFR har detta syfte varit i fokus.

6.1 Krav och utgångspunkter

Förvaret är utformat så att risken för att människors hälsa efter förslutning inte överskrider det riskkriterium som SSM fastställt i SSMFS 2008:37 (den årliga risken för skadeverkningar efter förslutning blir högst 10^{-6} för en representativ individ i den grupp som utsätts för den största risken). Den nivån motsvarar cirka en procent av den naturliga bakgrundsstrålningen. För att uppfylla BAT ska slutförvaret vara utformat så att risken är lägre än denna nivå och så låg som det är rimligt med hänsyn till teknisk genomförbarhet och kostnader samt förutsättningar för säkerhet under drift.

Utbyggnaden av SFR har beaktat BAT när förvarsdelar och barriärer har utformats för olika typer av avfall, för vilket avfall som accepteras för slutdeponering samt vid utformning av en deponeringsstrategi så att en optimering görs utifrån strålsäkerhet. Alla dessa åtgärder syftar till att förhindra och fördröja utsläpp så att de blir så låga som rimligen är möjligt.

Under processen med framtagande av ansökningshandlingarna har kraven på anläggningen utarbetats och preciserats. Målet är att inför överlämnande av den utbyggda anläggningen till SKB:s driftorganisation kunna visa att utbyggd anläggning är planerad och konstruerad enligt en tydligt redovisad kravbild där BAT har beaktats, och att det kan visas att anläggningen fyller de övergripande krav som formuleras i ansökningarna och inför kommande tillstånd.

Vissa principiellt viktiga beslut om utformning har SKB dokumenterat i så kallade teknikbeslut. Grunden för teknikbesluten har varit utredningar om förutsättningar och möjliga utformningar. I underlaget till besluten redovisas vilka alternativ som analyserats, hur överordnade krav uppfylls samt vilka överordnade krav och andra kriterier och motiv som varit avgörande för beslutet. Minst följande faktorer har beaktats vid val av utformning:

- Säkerhet efter förslutning (radiologisk påverkan efter förslutning)
- Driftssäkerhet (strålskydd, radiologisk omgivningspåverkan under drift)
- Miljöpåverkan (annan miljöpåverkan, utöver radiologisk)
- Teknisk mognad (beprövad teknik)
- Kostnad (för att möjliggöra skälighetsavvägning)

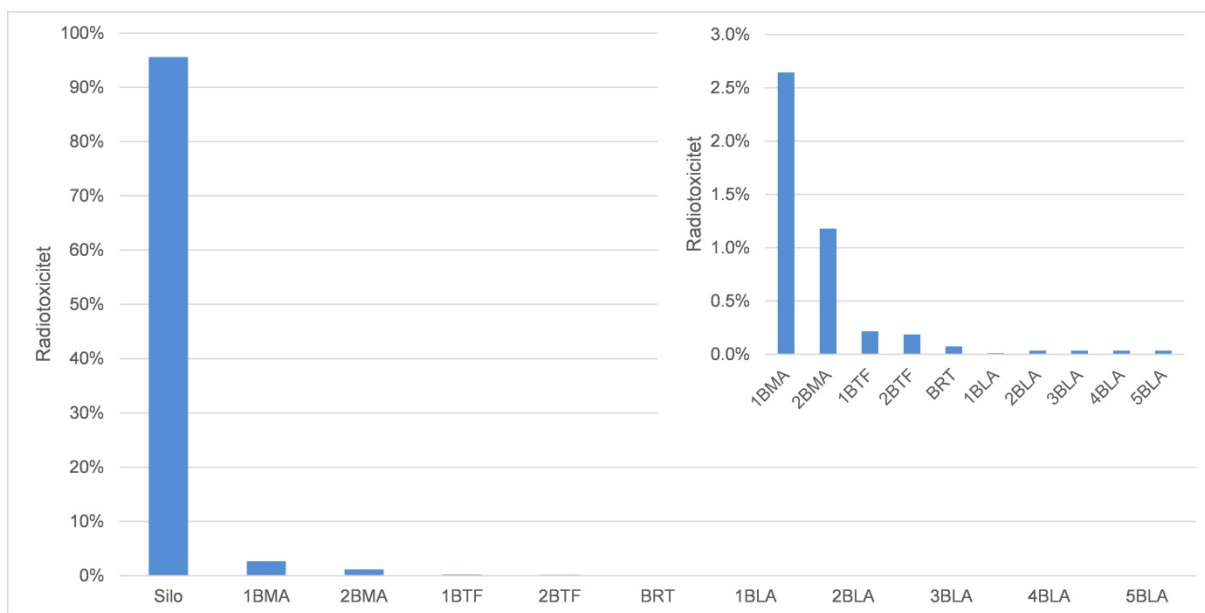
De övergripande krav som utformningen har baserats på är:

- Varje teknisk lösning ska vara genomförbar.
- Tekniska barriärers egenskaper ska vara möjliga att analysera, det vill säga det ska vara möjligt att fastställa barriärernas initialtillstånd (det tillstånd som ska råda i anläggningen och dess omgivning vid förslutning) och att kunna förutsäga barriärernas framtida

utveckling.

- Metoder för beredning av material ska så långt som möjligt vara baserade på erfarenheter och etablerad praxis från liknande tillämpningar.
- Om erfarenheter saknas eller inte är tillräckliga ska metoder för beredning av material och installation utprovas och demonstreras.
- Barriärerna ska utformas så att installationen kan genomföras med hög tillförlitlighet.

De tekniska barriärerna har utformats med utgångspunkt från avfallets farlighet. I figur 1 visas radiotoxiciteten för de olika försvarsdelarna vid förslutning när allt avfall har deponerats. Radiotoxiciteten är ett enkelt mått på farligheten hos avfallet där doskonsekvens beräknas vid direkt intag. Ingen hänsyn tas till radionuklidernas rörlighet eller till barriärernas flödesbegränsande förmåga. Radiotoxicitet är i detta fall alltså inte en analys av anläggningens säkerhet utan bara en analys av radionuklidinnehållet i det avfall som deponeras. En analys av radionuklidernas rörlighet och framtida doskonsekvens görs i de riskberäkningar som ingår i säkerhetsanalysen.



Figur 1. Radiotoxicitet i procent för olika försvarsdelar av totala radiotoxiciteten i SFR vid förslutning. I den infällda bilden visas en uppförstoring av bidraget från bergsalarna.

Barriärsystemen i de olika försvarsdelarna har utformats utifrån radiotoxiciteten för olika typer av avfall. Försvarsdelar med hög radiotoxicitet har ett mera kvalificerat barriärsystem för att kvarhålla och fördröja transport av radionuklider ut från förvaret, medan enklare barriärsystem används i försvarsdelar som innehåller avfall med lägre radiotoxicitet. I silon (en betongsilo omgiven av bentonitlera) kringgjuts det ingjutna avfallet med ett cementbaserat bruk under drift, medan avfallet i BMA och BTF kringgjuts vid förslutning. Barriärsystemet i försvarsdelarna för lågaktivt avfall begränsas till pluggar i bergsalens ändar.

De barriärer som har betydelse för förvarets långsiktiga säkerhet varierar mellan olika försvarsdelar. Beroende på försvarsdel kan barriärerna inkludera: avfallsform (konditionerat avfall), betongkonstruktioner, bentonit (silon), i- eller kringgjutning av kollin med betong, betongkokiller, betongtankar, reaktortankar med i- och kringgjutning av betong, förslutning av silotopp, återfyllnadsmaterial (inklusive markbädd som konstruktionen/avfallsbehållare vilar på) samt pluggar i bergsalar och tunnlar. De naturliga barriärer som är gemensamt för alla försvarsdelar är berget (geologiska barriären) och SFR:s lokalisering under havet. Som tidigare nämnts skyddar den sistnämnda för framtida intrång som innebär att dricksvattenbrunnar in i och nedströms förvaret bedöms mycket osannolika under åtminstone det första tusentalet år.

Den senaste säkerhetsanalysen, som utförts som underlag för den aktuella ansökan, visar att fastän aktiviteten i de olika förvarsdelarna skiljer sig markant så uppfyller de olika förvarsdelarna väl det långsiktiga kravet på radiologisk risk. Det visar att omfattningen av de tekniska barriärerna i respektive förvarsdel är väl avvägd. Utformningen kan därför anses vara BAT.

På lång sikt kommer de tekniska barriärerna att degraderas. Då är radioaktiviteten försumbar för kortlivade radionuklider och den risk som återstår är från långlivade radionuklider. En viktig säkerhetsprincip är därför att begränsa mängden långlivade radionuklider som deponeras i SFR. Säkerhetsprinciper och på vilka sätt som säkerhetskravet uppfylls på kort och lång sikt illustreras i figur 2.



Figur 2. Säkerhetsprinciper och sätt att uppfylla säkerhetskravet på kort och lång sikt. På kort sikt är utformningen av förvaret viktigast. På lång sikt, när barriärerna har degraderats, baseras säkerheten på att mängden långlivade radionuklider är begränsad.

6.2 Utformning av befintligt SFR

Befintligt SFR består av en silo, fyra bergsalar samt tillfartstunnlar. I förvarsutrymmena, dvs. silo och bergsalar, där avfall deponeras finns barriärer i syfte att förhindra eller fördröja utsläpp av radionuklider till omgivningen.

I silon förvaras medelaktivt konditionerat avfall i stål- och betongkokiller eller fat i en betongkonstruktion i vilken avfallet kringgjuts. Mellan betongkonstruktionen och bergväggen finns en bentonitfyllnad för att ytterligare minska vattenflödet genom förvaret. Förslutningen av silotoppen konstrueras så att gas kan släppas ut. Genom att göra detta undviks att gastrycket i silon blir så högt så att radioaktivt vatten kan tryckas ut genom silobotten.

I bergsal för lågaktivt avfall (1BLA) deponeras avfall med begränsat radionuklidinnehåll. Förutom de naturliga barriärerna kommer pluggar att installeras i samband med förslutning i syfte att begränsa vattenflödet genom bergsalen. I bergsal för medelaktivt avfall (1BMA) deponeras konditionerat avfall i stål- och betongkokiller och fat i en betongkonstruktion. I ett senare skede ska detta avfall kringgjutas med ett cementbaserat bruk. I bergsalar för förvaring av betongtankar (1BTF och 2BTF) deponeras betongtankar och betongkokiller. I ett senare skede ska också detta avfall kringgjutas med ett cementbaserat bruk. I 1BTF finns även askfat som successivt kringgjuts med bruk.

Driften av SFR har successivt förbättrats och åtgärder har vidtagits för att korrigera observerade svagheter, t ex vad gäller funktion av transport- och hanteringsutrustning, korrosion av ståldetaljer, och omhändertagande av dränagevatten. När SFR byggdes var avsikten att anläggningen skulle ta emot låg- och medelaktivt avfall fram till och med 2010. Nu planeras kärnkraftverken att drivas under längre tid än vad som planerades när SFR byggdes. Detta medför att SFR:s driftskede kommer att pågå under längre tid än vad som ursprungligen avsågs, vilket ställer nya krav på underhållet av anläggningen. För att säkerställa att anläggningen uppfyller ställda krav på säkerhet under drift liksom säkerhet efter förslutning har ett omfattande program genomförts i syfte att klarlägga status för anläggningens samtliga system. För att säkerställa att de tekniska barriärerna uppnår det antagna initialtillståndet, samt att anläggningen uppfyller ställda säkerhetskrav under drift, genomförs ett åtgärdsprogram för modernisering av SFR.

Åtgärderna inkluderar:

- Reparationer av skador orsakade av korrosion av ingjutet järn och stål i betongkonstruktioner.
- Hantering av sprickor i barriären för 1BMA.
- Förbättring av klimatet i anläggningen vad gäller luftfuktighet
- Omhändertagande av droppande vatten på avfallsbehållare och hanteringsutrustning med hjälp av tunnelduk.

Utöver ovan nämnda åtgärder kan överdäckning av befintlig tillfartstunnel för att förhindra snö- och isbildning på nedfartsrampen, undvika att regnvatten leds ner i tunnelsystemet samt spara energi för uppvärmning bli aktuellt.

Förbättringsåtgärderna är ett led i arbetet med att tillämpa BAT. De erfarenheter som har gjorts i samband med statusbedömning av befintlig anläggning har också utgjort underlag vid utformningen av utbyggnaden.

6.3 Utformning av utbyggt SFR

6.3.1 Läge och djup på förvarsdelar

Olika alternativ för placering och utformning av utbyggnaden har studerats alltsedan projekteringen av SFR. Ursprungligen planerades för en utbyggnad nordost eller nordväst om befintligt förvar. När undersökningarna för utbyggnaden planerades drygt 20 år senare i samband med förstudien 2007–2008 fanns mer kunskap om de geovetenskapliga förhållandena. Detta gjorde att området omedelbart sydost om SFR bedömdes som det mest lämpliga för planerad utbyggnad. Motiven till val av området sydost om SFR var främst:

- I området nordost och nordväst om befintligt SFR finns två deformationszoner. Båda dessa zoner har dålig bergkvalitet och är delvis kraftigt vattenförande. En utbyggnad mot nordost eller mot nordväst innebär passage av dessa zoner och kräver mer omfattande förstärkningsåtgärder.
- En utbyggnad på den sydöstra sidan av SFR stör driften minimalt då det mesta arbetet kan ske utanför den del av befintligt driftområde för SFR som ligger utanför ur strålskyddssynpunkt kontrollerat område.

Under projekteringen utreddes också utbyggnadens förläggningsdjup bland annat med hänsyn till säkerhet efter förslutning. De faktorer som är av betydelse för den långsiktiga säkerheten vid val av djup för anläggningen är vatteninflöde, risk för sönderfrysning vid en permafrost och risk för framtida brunnsborrning ner i förvaret. Även faktorerna driftsäkerhet, miljöhänsyn (berguttag, hantering av bergmassor), flexibilitet, effektivitet (kostnad och byggtid), teknisk mognad samt teknisk genomförbarhet studerades.

Tre olika förläggningsdjup utvärderades utifrån dessa faktorer:

- cirka -70 m, vilket motsvarar nivån för det befintliga BLA och BMA
- cirka -120 m, vilket motsvarar nivån för botten av den befintliga silon
- cirka -230 m, en nivå som ligger under befintlig anläggning

Att förlägga utbyggnaden på ett ännu större djup, runt 500 meter, har inte ansetts motiverat på grund av avfallets egenskaper.

I många avseenden är det inte djupet i sig som är viktigt utan vad som kan uppnås med ett ökat djup. Att öka djupet för att minska risken för att dricksvattenbrunnar borras in i förvaret är exempelvis bara relevant ner till det djup där dricksvattenbrunnar borras (i Östhammars kommun är medeldjupet för bergbrunnar 57 m). Det djup vid vilket permafrost inte når ner till förvaret är ett annat. Vid vilken tidpunkt betong i förvaret kan tänkas frysa sönder beror på både förvarsdjup och den tidpunkt då permafrost kan bildas.

Förvarsdjupet -120 m valdes av försiktighetsskäl framför djupet -70 m för att undvika möjliga vattenförande strukturer. Ett större djupgående innebär framförallt betydande skillnader med avseende på miljöhänsyn (större berguttag) och effektivitet (en längre tid för utförande och en ökad kostnad). I jämförelse av kostnad mellan förvarsdjupet -70 m och -120 m ökar den totala byggkostnaden med cirka 10 %. Att förlägga utbyggnaden ännu djupare, på -230 m, bedömdes inte innebära någon väsentlig skillnad med avseende på säkerhet efter förslutning. Berguttag, tidsåtgång och kostnad skulle dock öka betydande med ett ytterligare ökat djup. Med hänsyn till ovanstående och med beaktande av försiktighetsprincipen och BAT tog SKB beslutet att utbyggnaden skulle förläggas till nivå cirka -120 meter.

6.3.2 Utformning av tekniska barriärer i utbyggt SFR

BAT har tillämpats vid utformningen och kommer att tillämpas vid driften av det utbyggda SFR. Den utformning som har valts bidrar till att kravet på säkerhet efter förslutning (riskkriteriet i SSMFS 2008:37) uppfylls samt är i stora delar beprövad och tillgänglig. Utformningen möjliggör även säker drift och till en kostnad som bedömts vara rimlig vid en skälighetsavvägning.

Även vid materialval har BAT beaktats. Betong används genomgående för medelaktivt avfall eftersom det ger ett bra strålskydd under drifttiden och cementbaserat bruk/betong bidrar till att begränsa radionuklidens rörlighet och ett högt pH hämmar mikrobiell aktivitet. Kring silon som innehåller avfallskollin med den högsta radioaktiviteten skyddas bentonit mellan betongkonstruktionen och berget för vattentransport. Bentonit är ett naturligt ämne som är beständigt över tiden. För det medelaktiva avfallet som deponeras i betongfack i bergsalarna benämnda BMA inplaceras kollina med mellanrum. I dessa bergsalar förvaras bland annat avfall som är gasbildande. Cementbaserat bruk används för att fylla utrymmet mellan avfallsbehållare. Tak över behållarna utförs i betong.

Vid utformningen har även den senare förslutningen av bergsalarna beaktats. Pluggar kommer att begränsa vattenflödet till bergsalarna. Samtliga bergsalar och toppen på silon kommer att återfyllas, med undantag för BLA-salarna som inte kommer att återfyllas (se avsnitt 6.5).

Nedan beskrivs alternativa utformningar som har övervägts och motiv till vald utformning.

6.3.3 Bergsal för medelaktivt avfall i utbyggt del av SFR (2BMA)

Följande koncept har utretts och jämförts för ny förvarsdel för medelaktivt avfall:

- Bergsal med konstruktion av betong
- Bergsal med konstruktion av betong och bentonit
- Silo med konstruktion av betong och bentonit

Konceptet konstruktion av betong baseras på de erfarenheter som finns från uppförandet och driften av 1BMA i dagens SFR. Ett antal förändringar och förbättringar planeras för konceptet. Konstruktionen utformas som fristående kvadratiska betongkonstruktioner som kommer att grundläggas på en bädd av packat grus. Betongen har till syfte att ge bra strålskärning under drift samt bidra med sina egenskaper till säkerhet efter förslutning. Betongkonstruktionen bidrar även med minskat vattenflöde genom avfallet genom att huvuddelen av grundvattnet rör sig i återfyllnadsmaterialet.

Konceptet konstruktion av betong och bentonit i bergsal för medelaktivt avfall bygger på att avfallet deponeras i en betongkonstruktion och att bentonit installeras med autonomt (självkörande) fordon i hela bergsalen mellan konstruktionen och berget i samband med förslutning. Betongkonstruktionen ger bra strålskärning under drift och bentoniten begränsar vattenflödet genom såväl bergsalen som genom avfallet.

Konceptet konstruktion av silo i betong och bentonit bygger på silokonstruktionen som finns i dagens SFR. Silon är uppbyggd av en inre betongbarriär som utförs som en cylinder stående på en bottenplatta i betong där konstruktionen invändigt består av ett rutnät av betonginnerväggar. Betongkonstruktionen utförs i armerad betong för att klara de laster som uppstår under uppförande och efter förslutning. Mellan betongkonstruktionen och berget installeras packad bentonit. Efter förslutning bidrar betongen med dess sorberande egenskaper till fördröjning av radionuklider och bentoniten till att begränsa vattenflödet till avfallet.

SKB har tagit beslut på att uppföra en ny bergsal för medelaktivt avfall (2BMA) med betong. Baserat på erfarenheterna från 1BMA kommer ett flertal förändringar att genomföras i syfte att anpassa konstruktionen till skedet efter förslutning, så som att minska mängden ingjutet stål gods samt undvika formstag vid uppförandet. Detta leder till att andelen flödesvägar som kan uppstå på grund av korrosion av ingjutet metall gods minskar. Konceptet uppfyller även de krav som finns under driftskedet av slutförvarsanläggningen samt att konceptet är kostnadseffektivt.

När det gäller 2BMA med bentonit finns osäkerheter kring hur de gasbildande nedbrytningsprocesserna hos avfallet och avfallsbehållarna kommer att påverka radionuklidtransporten genom bentoniten. Ett 2BMA med bentonit beräknas också vara det dyraste utredda alternativet. Mot bakgrund av de osäkerheter som beskrivs ovan samt den låga tekniska mognadsgraden för installation av den beräknade mängden bentonit som åtgår i en bergsal för medelaktivt avfall anses detta alternativ inte vara BAT.

Vad gäller det utredda konceptet silo har det tidigare analyserats i säkerhetsanalysen. Ett antal förändringar har genomförts för konceptet till dagens gällande regler och normer för betongbyggnad. Rent byggnadstekniskt är en silokonstruktion mer omfattande att uppföra och i jämförelse med ett BMA med betongbarriär skulle en byggnation av en silokonstruktion innebära en längre byggtid. Vidare innebär silon en högre kostnad än ett BMA med betongbarriär, vilket ej kan motiveras då den nya förvarsdelen kommer att innehålla väsentligt mindre aktivitet än dagens silo.

Mot bakgrund av ovanstående resonemang menar SKB att konceptet 2BMA med en konstruktion av betong är BAT.

Vid utveckling av betongbarriär i 2BMA har erhållna erfarenheter från de statusbedömningar som genomförts i befintligt SFR utgjort underlag. De viktigaste förändringarna i förhållande till befintligt förvar för medelaktivt avfall (1BMA) har varit följande:

- Att separera traverskonstruktionen från den tekniska barriären
- Att dela upp den långa förvarskonstruktionen i fristående sektioner för att skapa bra förutsättningar för att hantera risken för sprickbildning i samband med uppförandet. Uppdelning i sektioner medför också minskat vattenflöde genom avfallet.
- Att använda ett betongmaterial som bidrar till minskad sprickbildning vid gjutning.

- Att uppföra konstruktionen utan genomgående formstag och minimera andelen ingjutet stål gods.
- Att gjuta bottenplatta och väggar samtidigt för att begränsa tvång och sprickbildning vid övergången mellan dessa samt att undvika gjutfogar.
- Ökat utrymme mellan avfallskollin för att underlätta kringgjutning med bruk vilket också bidrar till ökad sorption.
- Åtgärder för att undvika att inläckande grundvatten droppar på konstruktionen.

Med nämnda förutsättningar och med hjälp av de erhållna erfarenheterna från betongkonstruktionen i 1BMA har det beslutats att uppföra de tekniska barriärerna i 2BMA i form av fristående kvadratiska betongkonstruktioner, även benämnd kassuner. Dessa syftar till att ge en hög täthet på betongen, varför det är önskvärt att minimera andelen metalliskt material i form av armering i väggar, bottenplatta och lock som kan korrodera efter förslutning. Detta har resulterat i att betongbarriären planeras att utföras armeringsfria så att tätheten kan kvarhållas under lång tid. Att uppföra barriären i betong ger strålskydd under driftperioden, bidrar till säkerhet efter förslutning samt ger bärighet vid lastpåkning. Kassunens lock förses med gasavlastningsväg i syfte att avleda den gas som genereras av nedbrytande processer hos avfallet efter förslutning. Genom att avleda gasen undviks skadlig gasuppbbyggnad i kassunen. Utöver lockutformningen har kringgjutningsbruket, som omger avfallet i kassunen, även egenskaper som medger gastransport.

Deponering av avfall sker med hjälp av travers, där traversen placeras på ett fristående pelarsystem, vilket är skilt från barriärens väggar. Det innebär att traversen inte belastar betongbarriären. Vartefter avfall deponeras, alternativt innan förslutningen kan avfallet kringgjutas med cementbaserat bruk i syfte att ge ett bidrag till betongbarriärens bärförmåga samt att erhålla ett tätt system med högt pH. Avfallsbehållarna placeras med ett avstånd som underlättar kringgjutningen.

Genom att kassunerna görs fristående och eftersom de som byggs inledningsvis inte fyller hela bergsalen, finns möjlighet att senare anpassa utformningen av tillkommande kassuner. Ett skäl skulle vara om det blir aktuellt att deponera avfallstyper/kollin som kräver förändrad utformning av kassuner.

De kvarstående frågor och utredningar som kopplar till barriärutformningen och dess uppförande hanteras inom SKB:s teknikutvecklingsarbete. Den fortsatta teknikutvecklingen syftar till att detaljera kraven som ställs på konstruktionslösningen samt att verifiera lösningen. Arbetet omfattar vidareutveckling av betongkoncept för barriärerna inklusive analyser och beräkningar av risk för s.k. temperatursprickor. Dessa analyser ger i sin tur indikation kring vilka åtgärder som behövs för hantering av temperatursprickor under uppförandet och i designen av materialet. Arbetet omfattar även metod för kringgjutning av avfall och detaljprojekteringen av kassunen. Fullskaleförsök planeras att utföras innan byggstart för att verifiera material, utförande samt kontrollprogram för betongbarriären, men även för att validera uppställd kravbild.

6.3.4 Bergsalar för lågaktivt avfall i utbyggd del av SFR (2-5BLA)

Ytterligare fyra bergsalar för lågaktivt avfall (benämnda 2-5BLA) kommer att inrymmas i den utbyggda delen av SFR. Utformning och deponeringssätt kommer att motsvara 1BLA i befintligt SFR men vissa skillnader finns vid utformning av 2-5BLA. De sistnämnda kommer att förses med en stödjande konstruktion (permanent eller temporär, exempelvis i form av betongväggar) på vardera sidan av bergsalen. Den stödjande konstruktionen har med planerad utformning ingen långsiktig funktion. Syftet är att säkerställa containrarnas stabilitet och möjliggöra tillträde ovanpå containrarna med plattform för besiktning av bergytan och underhåll av installationer i tak och vägg. Utrymme mellan berg och betongvägg säkerställer även behovet av säker utrymningsväg under anläggningens hela livslängd. För att minimera takdropp kommer någon typ av duk eller dränmattekonstruktion att monteras i taket. Långsiktigt utgörs barriärerna av havet, omkringliggande berg samt pluggar som försluter bergsalarna.

SKB har i utredningar jämfört dagens lösning för 1BLA med utformningar liknande de i dagens BMA (barriärkonstruktion i betong) samt med alternativet att fylla avfallscontainrar med cementbruk. Att förse 1BLA med en konstruktion som utgörs av längsgående väggar, bottenplatta och lock (som kan utsättas för ett ensidigt vattentryck) innebär en konstruktion som är kraftig armerad och försedd med invändiga tvärgående mellanväggar och en längsgående mittvägg. Konstruktionen blir kraftig eftersom avfallscontainrarna inte kan bära någon yttre last. Detta är en skillnad i jämförelse med avfallsbehållarna i dagens BMA och det planerade 2BMA, där det kringgjutna avfallet utgör ett inre stöd för kassunväggarna vid förslutningen. Vidare har alternativet att fylla avfallscontainrar med cementbruk utretts. Ett koncept där avfallscontainrar fylls med cementbruk innebär att ett nytt system behöver tas fram för konditionering och för förflyttning av containrar ner i förvaret samt framtagning av nya typer av containrar som är lämpade för igjutning. De utformningar som har studerats ligger på motsvarande kostnadsnivå som BMA (cirka tre till fem gånger högre jämfört med vald lösning) vilket inte bedömts som rimligt med hänsyn till den begränsade aktiviteten i 2-5BLA.

Den tekniska lösning som idag används för 1BLA kan anses välkänd och skulle kunna implementeras utan några större behov av ytterligare teknikutveckling även för 2-5BLA. SKB:s slutsats är att den valda lösningen tillgodoser både driftsäkerhet och möjligt förslutningsförfarande på ett flexibelt och kostnadseffektivt sätt med hänsyn till avfallets aktivitetsnivå. Slutsatsen är att den valda utformningen för 2-5BLA är BAT.

6.3.5 Bergsal för reaktortankar (1BRT)

SKB har tillsammans med kärnkraftverken låtit utreda konsekvenserna av att deponera kokvattenreaktortankar (BWR-reaktortankar) hela i det utbyggda SFR respektive att segmentera dem innan transport och deponering. Segmenteringsalternativet innebär, till skillnad från om reaktortankarna transporteras hela, att fler fyrkokiller behöver tillverkas och att uppbyggnad av utrustning för segmentering liksom själva segmenteringen är tidskrävande. Kostnaden för segmentering är väsentligt högre än alternativet att hantera hela reaktortankar och ur miljösynpunkt innebär segmentering en högre energiåtgång jämfört med att deponera hela reaktortankar. Segmentering av reaktortankar vid kärnkraftverket gör att rivningen tar längre tid varför personal som arbetar med rivningen generellt utsätts för högre stråldoser. Baserat på ovanstående och beaktat det samhälleliga önskemålet att skyndsamt riva Barsebäck har SKB som huvudalternativ att slutförvara BWR-reaktortankarna hela i SFR i en bergsal benämnd 1BRT.

Bergsalen 1BRT kommer att inrymmas i den utbyggda delen av SFR. Det är totalt nio stycken reaktortankar utan interndelar som ska deponeras i 1BRT. Den största delen av aktiviteten föreligger som inducerat (aktivitet som uppkommer i vissa grundämnen, som från början inte är radioaktiva, då dessa utsätts för neutronbestrålning) i reaktortankarnas stål, men en del aktivitet finns även som ytkontamination på insidan av reaktortankarna. Den inducerade aktiviteten frigörs i takt med korrosion av reaktortankarna och för att inte äventyra reaktortankarnas integritet över lång tid måste en barriär uppföras som säkerställer korrosionsskydd samt motverkar frigörelse av radioaktiva ämnen på insidan av reaktortankarna.

En rad utredningar kring val av barriärutformning har genomförts. Ett koncept som utretts är att inte bygga en barriär runt reaktortankarna utan endast återfylla bergsalen med återfyllnadsmaterial där konceptet bygger på att reaktortanken utgör barriär på lång sikt. Med hänsyn tagen till fördelarna med en miljö där korrosionshastigheten kan hållas låg har det dock beslutats att reaktortankar tillsammans med cementbaserade material utgöra de tekniska barriärerna i denna förvarsdel. Detta har resulterat i att både kring- och igjutning av reaktortankarna med betong ska utföras med hänsyn till långsiktigt korrosionsskydd och minskad risk för genombrott på grund av lokalkorrosion. Den tekniska barriären i betong ger både kemiska och fysikaliska fördelar i form av hög pH-miljö som är gynnsam ur korrosionssynpunkt, stor tillgänglig yta för sorption av radionuklider, lägre grundvattenflöde kring reaktortankarna samt bärighet vid lastpåkning. Igjutningen bidrar även till att binda kvarvarande radioaktiva ämnen på insidan av reaktortankarna.

Resultatet blir en robust konstruktion som kan motstå yttre laster såsom last från återfyllningen (avsnitt 6.5) på ett tillfredställande sätt utan att äventyra reaktortankarnas integritet. Reaktortankarna kommer att vara skyddade både invändigt av igjutning och utvändigt av kringgjutning. Kring- och igjutning kommer i sin tur att vara skyddade av de kvarstående gjutformar som möjliggör utförandet.

De kvarstående frågor och utredningar som kopplar till barriärutformningen och dess uppförande hanteras inom SKB:s teknikutvecklingsprogram. Det fortsatta arbetet omfattar studier kring reaktortankstransport och metodik vid inplacering i bergsal, metod för förbehandling av reaktortankar för att möjliggöra igjutning, driftanalys samt materialstudier för betongen i de tänkta barriärerna.

För att ta ner hela reaktortankarna till 1BRT krävs en större tunnel än de befintliga. Alternativ för att möjliggöra nedtransport av hela reaktortankar har utretts och beskrivs i *"Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR"*.

Valet att deponera reaktortankarna hela utgör en tids- och kostnadseffektiv lösning. Med konceptet i- och kringgjutning av reaktortankarna i bergsalen 1BRT uppfylls kravet på säkerhet efter förslutning. Sammantaget har SKB gjort bedömningen att metoden för deponering av hela reaktortankar utgör BAT.

6.4 Vattenhantering

Utfyllnad av vattenområdet på norra Stora Asphällan ger upphov till grumling och bergmassorna som kommer att användas för utfyllnaden innehåller rester av sprängämnen som innehåller kväve. För att förhindra grumling utanför det vattenområde som ska fyllas ut på norra Stora Asphällan kommer flytlänsar och geotextiler som ansluter till botten (så kallade siltgardiner) eller motsvarande att användas. Användning av flytlänsar och geotextil är en väl beprövad och effektiv metod, vilken ofta används som skyddsåtgärd vid byggnationer i vatten. Därefter anläggs vägbanken/slätten mot vattnet så att vattenområdet skärs av. Efter det fylls området innanför ut mot land så att ytan skapas. Syftet med skära av vattenområdet är att ytterligare begränsa grumling genom att den vidare utfyllnaden görs innanför vägbanken/slätten. Denna skyddar dessutom mot vågor, vilka annars kan innebära ytterligare erosion med anläggningssvårigheter och grumling som följd.

Upplagsytan kommer att förses med tätskikt och uppsamlade diken och dräneringsledningar kommer att anläggas för bortledning av lakvatten från bergupplaget. Från dikena leds lakvattnet till en tät utjämningsdamm och därefter till en sedimentationsdamm med oljeavskiljning. Från sedimentationsdammen pumpas det behandlade vattnet vidare till Forsmarks Kraftgrupp AB:s reningsverk via befintliga spillvattenledningar. Den planerade reningen av lakvatten innebär att det sammanlagda kväveläckaget reduceras med en femtedel. Överföring av lakvatten till reningsverket innebär även att den känsligaste recipienten avlastas från kväveläckage och tillförsel av grumlande partiklar förutom under utfyllnaden.

Länshållningsvatten utgörs av inläckande grundvatten, samt under byggskedet även av processvatten, från förvaret. Vid markytan kommer länshållningsvattnet under byggskedet att renas genom olje- och slamavskiljning, troligen med containerbaserade lösningar. Det renade vattnet kommer att släppas ut i hamnbassängen. Under driftskedet bedöms föroreningshalterna generellt vara lägre i länshållningsvattnet än under byggskedet och släpps direkt ut i Öregrundsgrepen på samma sätt som för befintligt SFR.

Sett till Öregrundsgrepens totala kvävebelastning utgör läckaget via lak- och länshållningsvatten en mycket liten källa även utan planerad rening. För vattenförekomsten som helhet skulle ingen mätbar haltförhöjning ske oavsett om reningsåtgärderna vidtas. Planerade åtgärder reducerar därmed en redan begränsad belastning ytterligare vilket SKB bedömer vara tillämpning av BAT.

6.5 Förslutning

När driften av SFR har avslutats och tillstånd om avveckling och förslutning har erhållits ska samtliga delar av underjordsanläggningen förslutas. Det innebär att underjordsanläggningen ska fyllas med material som syftar till att skydda betongkonstruktioner mot bergutfall, hålla pluggarna på plats och förhindra intrång. Den önskade helhetsfunktionen åstadkoms genom utformnings-, installations- samt materialanpassning för de olika delarna av underjordsanläggningen. Utöver det kommer förslutningens ingående komponenter bestå av material som är mekaniskt och kemiskt stabila över lång tid.

Förslutningsarbetet omfattar återfyllning av bergsalar (utom BLA-salar), silotopp, nedfartsramper och övriga tunnelsystem, uppförande av pluggar i nedfartsramper, till bergsalar och till silo samt toppförslutning av nedfartsramper. Toppförslutningen innebär att de översta 50 längdmetrarna av nedfartstunnlarna fylls med stenblock och avslutas med en betongplugg.

Huvudstrategin för utformningen av förslutningen är att minimera vattenflödet genom bergsalarna och silo genom att pluggar som försluter bergsalarna har låg hydraulisk konduktivitet och återfyllningen i tunnelsystemet har relativt hög hydraulisk konduktivitet. Det innebär att vattenflödet i huvudsak rör sig genom tunnelsystemet istället för genom bergsalarna.

Återfyllnadsmaterialet (makadam) som installeras i bergsalarna 1BMA, 1-2BTF, 2BMA och 1BRT har till syfte att skydda de tekniska barriärerna från mekanisk åverkan av nedfallande block, lokalt verka som mothåll för plugg samt utgöra hydraulisk kontrast mot teknisk barriär och omkringliggande berg. Det senare innebär att grundvattnet, som finner sin väg genom bergsalarna, kommer i första hand att transporteras genom det genomsläppliga återfyllnadsmaterialet. I bergsalarna för lågaktivt avfall (1-5BLA) installeras återfyllnadsmaterial endast mot anslutande tunnelsystem i syfte att verka som mekanisk mothåll för pluggarna. Återfyllnadsmaterialet (friktionsmaterial och bentonitblandning) som installeras i silotoppen har till syfte att avleda gas, lokalt verka som mothåll för plugg och väljs så att en hydraulisk kontrast mellan teknisk barriär och omkringliggande berg kan bibehållas.

Bergsalar, silo och nedfartstunnlar förseglas med pluggar av material med låg hydraulisk konduktivitet i syfte att minska vattenflödet förbi pluggposition. Samtliga pluggar utgörs av två huvudkomponenter, mekaniska pluggar och en hydraulisk tät sektion bestående av bentonitlera. Pluggarnas utformning kommer att anpassas till de geometriska och lokala egenskaperna hos omkringliggande berg, varför olika typer av pluggar planeras till olika delar av förvaret; betongplugg och jorddammsplugg.

Utformningen för förslutningen bygger till stor del på antaganden och resultat från tidigare säkerhetsanalyser. Genom att i framtiden göra känslighetsanalyser för olika förslutningskoncept med fokus på säkerhet efter förslutning och där även annan miljöpåverkan beaktas, kan en ur andra aspekter mer anpassad förslutning tas fram.

SKB bedömer att utformningen för förslutningen är BAT eftersom den baseras på naturliga material som är mekaniskt och kemiskt stabila över lång tid. Återfyllningen bidrar till säkerhet efter förslutning genom att den skyddar betongkonstruktioner mot bergutfall, håller pluggarna på plats och förhindrar intrång. Vidare ger utformningen möjligheter att anpassa förslutningen till rådande geometriska och lokala egenskaper hos omkringliggande berg.

7 BAT vid drift av SFR

Avfallsproducenterna har ansvaret för att minimera aktivitet och mängd av det radioaktiva avfall som uppstår vid drift och rivning av kärntekniska anläggningar. För att godkännas för deponering i SFR krävs att avfallet uppfyller acceptanskriterier. Acceptanskriterierna för avfallet ska ge en samlad bild över alla de krav som ställs på avfallet. Krav på avfallet ställs bland annat i lagar, internationella standarder, av myndigheter, i transportregler, för hantering i SFR samt i säkerhetsanalysen. BAT vid drift av SFR avser främst tillämpning av ALARA-principen så att dosbelastningen till personal och

allmänhet hålls så låg som rimligen är möjlig och optimering vid fördelning av avfallet till olika förvarsdelar så att strålsäkerheten på lång sikt är så god som rimligen är möjligt.

7.1 Avfallet, acceptanskriterier och kollin

Det låg- och medelaktiva avfallet är mycket varierat och komplext till sin karaktär. Avfallets egenskaper vid förslutning beror inte bara på avfallsmaterialen utan också på avfallsbehållarna som avfallet är placerat i och hur avfallet har konditionerats. Egenskaperna vid förslutning, det så kallade initialtillståndet, utgör startpunkt för säkerhetsanalysen. För att uppnå initialtillstånden för avfallet i säkerhetsanalyserna för SFR regleras de olika avfallstypernas innehåll av acceptanskriterier som är grunden för de typbeskrivningar som tas fram för olika avfall.

Innan det låg- och medelaktiva avfallet transporteras till slutförvarsanläggningen behandlas det hos avfallsleverantören. Förutom att förpacka avfallet kan syftet med behandlingen vara att reducera volymen, koncentrera aktiviteten eller modifiera de fysikaliska och kemiska egenskaperna. För att avfall ska kunna deponeras krävs att det finns en av SSM godkänd typbeskrivning av avfallet. Acceptanskriterierna är föränderliga. Det kan komma nya eller förändrade acceptanskriterier vid till exempel uppkomst av nya avfallsströmmar, ny hanteringsutrustning och nyvunnen kunskap kring avfallets påverkan på SFR.

Under 2012 tog SKB fram acceptanskriterier för avfall i SFR. Acceptanskriterierna (WAC) är en del av säkerhetsredovisningen för SFR och ska ge en samlad bild över de krav som ställs på avfallet och säkerställa avfallets egenskaper vid deponering. Att acceptanskriterierna för avfallet uppfylls ska säkerställas genom de verifieringar som föreskrivs i typbeskrivningarna. Dessutom ska verifieringar göras i samband med transport där kontroll av avfallet samt av avfallskollits avfallsdata utförs. På SFR görs en visuell kontroll att identiteten av mottaget avfall stämmer med den som är angiven i transportdokumentationen. Därutöver genomför SKB avfallsrevisioner hos avfallsproducenterna.

Acceptanskriterierna sammanställs bland annat utifrån SFR:s konstruktionsförutsättningar och säkerhetsanalys, krav från nationella myndigheter samt internationella standarder och rekommendationer. Inför ansökan om utbyggnad av SFR har förslag till acceptanskriterier för SFR tagits fram, vilka innehåller acceptanskriterier för de tillkommande bergssalarna samt acceptanskriterier för befintliga förvarsdelar. Acceptanskriterierna har i vissa avseenden utvecklats och uppdaterats. Därmed finns en samlad kravbild för det låg- och medelaktiva avfall som ska slutförvaras respektive mellanlagras i det utbyggda SFR.

Under framtagandet av acceptanskriterier för cellulosa och andra komplexbildande ämnen har direkta krav i form av restriktioner av mängd kombinerats med principen att det aktuella ämnet ska hållas på en så låg nivå som möjligt. Syftet med detta förfarande är att skapa en naturlig utveckling där avfallet inte bara håller sig precis inom ramarna för vad som är tillåtet utan att det om möjligt finns en marginal i de fall detta gynnar säkerhet efter förslutning vilket SKB anser vara i linje med BAT.

I det utbyggda SFR planeras samma typ av avfallsbehållare att användas som i befintligt SFR. Dessa typer av avfallsbehållare ingår i ett väl fungerande system och är därmed beprövade. Det finns tre typer av avfallskollin som är nytillkomna och som inte har hanterats i SFR tidigare; fyrkokill, ståltank samt hel reaktortank (se avsnitt 6.3.5). Fyrkokillen passar in i nuvarande avfallssystem men ger möjlighet att hantera större komponenter. Det minskar behovet av sönderdelning av rivningsavfallet vid kärnkraftverket vilket begränsar dosen till personal.

Ståltankar planeras att användas för mellanlagring av långlivat avfall (hårdkomponenter) i SFR. Ståltankar används idag för mellanlagring av hårdkomponenter vid några av kärnkraftverken och hela det befintliga hanteringssystemet för denna typ av avfall bygger på ståltankar. Tekniken är därmed beprövad. Ståltanken har dimensioner som gör att dosbelastningen vid segmentering hålls på en acceptabel nivå. En mindre behållare skulle medföra högre doser vid segmentering och större behållare skulle bli svårhanterlig vid transport. Locket till ståltanken är bultat för att vid behov

möjliggöra omkonditionering av avfallet och placering i annan avfallsbehållare innan transport till SFL för slutförvaring.

7.2 Fördelning av avfall

I ”Miljökonsekvensbeskrivning för utbyggnad och fortsatt drift av SFR” beskrivs omhändertagande av olika typer av radioaktivt avfall som uppstår från kärnkraftverken och andra verksamheter med strålningen i Sverige. Nedan beskrivs fördelning av det avfall som deponeras i SFR. Reglerna för fördelningen av avfallet, deponeringsstrategin, mellan de olika förvarsdelarna i SFR bygger på acceptanskriterierna och följer principerna om BAT och ALARA.

Ett etablerat ledningssystem finns inom SKB med rutiner för granskning av avfallsdata och typbeskrivningar samt för hantering av avfall som ska till SFR. Befintliga deponeringsregler och acceptanskriterier för avfall som ska till olika förvarsdelar framgår av SFR:s säkerhetsredovisning och SKB:s avfallshandbok för låg- och medelaktivt avfall.

De övergripande kraven på avfallskollin som deponeras i SFR är:

- Avfallskollin ska inte ge upphov till oacceptabel spridning av radionuklider under drift eller efter förslutning.
- Avfallskollin ska kunna hanteras utan oacceptabel påverkan av joniserande strålning till människa och miljö.

Det är i första hand avfallets sammansättning och egenskaper som är styrande för i vilken förvarsdel det ska deponeras.

Förutom avfallets aktivitet är dess innehåll av ämnen som kan inverka negativt på förvarets funktion styrande för var avfallet deponeras. Material som kan påverka barriärfunktioner negativt är sådana som producerar gas vid korrosion, cellulosa vars nedbrytningsprodukter kan påverka sorptionen av radionuklider, salter som kan påverka betongbarriärer samt svällande och brandfarliga ämnen. För deponeringsstrategin innebär detta att gasbildande avfall och avfall innehållande cellulosa begränsas mer i silo och BMA än i andra förvarsdelar. Detta beror både på att den mesta aktiviteten finns i dessa förvarsdelar, men även på att barriärerna i dessa förvarsdelar kan påverkas av till exempel gasutveckling.

I de fack i 1BMA där bitumeningjutet avfall placeras i framtiden ska extra utrymme lämnas för betongkringgjutning. Denna styrning medför att mindre avfall kan placeras i 1BMA, men istället erhålls förutsättning för lägre mikrobiell aktivitet samt ytterligare marginaler mot negativ inverkan från salt i industarkoncentrat på betongkonstruktionen i 1BMA.

Vilken sammansättning och vilka egenskaper som avfall i SFR kan ha regleras genom acceptanskriterier (WAC) som avfallsproducenten måste beakta. Dessa acceptanskriterier beskriver vilka egenskaper avfallskollin behöver ha för att kunna hanteras, transporteras och slutförvaras säkert. Till exempel anges begränsningar för gasbildande ämnen och cellulosa i olika förvarsdelar.

I både befintligt SFR och i den planerade utbyggnaden av SFR kommer det att finnas bergsalar för lågaktivt avfall och bergsalar för medelaktivt avfall. Vid konstruktionen av de tekniska barriärerna för det medelaktiva avfallet i 2BMA har erfarenheterna från bygge och drift av 1BMA tagits tillvara, vilket innebär att barriärfunktionen i 2BMA har förbättrats jämfört med 1BMA. Det kommer således finnas en möjlighet att optimera inplaceringen av medelaktivt avfall i dessa förvarsdelar genom att styra avfallet mellan befintligt SFR och utbyggnaden.

Nedan redovisas den deponeringsstrategi som kommer att tillämpas när utbyggnaden tas i drift med syftet att optimera deponeringen ur strålskyddssynpunkt.

Deponering i silo

Som tidigare kommer det medelaktiva driftavfallet med den högsta aktiviteten att deponeras i silon. Rivningsavfall med en dosrat över 100 mSv/h kommer också att deponeras i silon. Mängden sådant rivningsavfall uppskattas vara liten och utgörs av jonbytarmassa från dekontaminering. Endast begränsade mängder av cellulosa och gasbildande ämnen tillåts.

Deponering i 1BMA

Deponering av F17 (jonbytarmassa ingjutet i bitumen) fortsätter som tidigare i 1BMA samt vissa betongkokiller med låg aktivitet. Betongkokillerna deponeras främst i 1BMA för att hålla upp de betonglock som läggs ovanpå förvaringsfacken. F17 är en avfallstyp som kan kräva särskild hänsyn eftersom bitumen har potential för svällning och gasbildning varför deponeringsstrategin är att samla detta avfall till en förvaringsdel. Endast begränsade mängder cellulosa tillåts deponeras i bergsalen.

Deponering i 2BMA

Bortsett från det avfall som deponeras i silon kommer förvaringsdelen 2BMA att användas för det medelaktiva drift- och rivningsavfall som har hög aktivitet. Därigenom kan barriärerna utnyttjas optimalt ur strålskyddssynpunkt. Avfall som innehåller bitumen kommer inte att deponeras i 2BMA. Genom denna styrning erhålls större frihetsgrader för konstruktionen av barriärerna i 2BMA som därigenom kan konstrueras med mindre armering. Endast begränsade mängder cellulosa tillåts.

Deponering i 1-2BTF

Deponering av askfat till 1BTF fortsätter, liksom betongtankar med jonbytarmassa till 1BTF och 2BTF.

Deponering i 1BRT

Utbyggnaden av SFR kommer även att omfatta en bergsal för deponering av BWR-reaktortankar.

Deponering i 1-5 BLA

Lågaktivt drift- och rivningsavfall kommer att deponeras i BLA-bergsalarna.

I den analys av säkerhet efter förslutning som bifogas tillståndsansökningarna visas att redovisad placering av avfall i det utbyggda SFR är långsiktigt säkert. Baserat på säkerhetsanalysen inför drifttagning av det utbyggda SFR görs en bedömning om en justering av den planerade deponeringsstrategin ytterligare kan öka förvarets säkerhet samt om det finns skäl att förändra acceptanskriterierna.

8 Slutsatser

Vid utformning och framtida drift av det utbyggda SFR har BAT styrt de val som gjorts:

- Den utbyggda delen av SFR baseras på samma princip som befintligt SFR och det är liknande typ av avfall som ska förvaras där. Metoden är beprövad genom att erfarenheter från byggande och drift av befintlig anläggning har tagits till vara och utgjort underlag för förbättringsåtgärder i befintlig anläggning och vid utformningen av utbyggnaden. De genomförda säkerhetsredovisningarna visar att anläggningen är säker under drift samt uppfyller myndighetens riskkriterium.
- Nuvarande system avseende kollityper och hantering ska inte förändras i någon stor omfattning. Det nuvarande avfallssystemet med kollityper, hanteringsutrustning samt transportbehållare har visat sig vara säkert och robust. I det utbyggda SFR planeras därför samma typ av avfallsbehållare att användas som i befintligt SFR. Dessa typer av avfallsbehållare är beprövade och ingår i ett väl fungerande system. Några nya kollityper tillkommer: fyrkokill för att kunna hantera större komponenter från rivning, reaktortankar samt ståltankar för mellanlagring av långlivat avfall (härdkomponenter).
- Utformning och materialval för tekniska barriärer har baserats på deras långtidsbeständighet och andra krav utifrån driftsäkerhet och säkerhet efter förslutning samtidigt som miljöaspekter och kostnader har beaktats.
- En översyn har gjorts av vilka acceptanskriterier som ställs på det avfall som ska tas emot i SFR så att det är anpassat till anläggningens utformning och säkerhetskrav.
- Deponeringsstrategin för olika förvarsdelar har anpassats så att de tekniska barriärerna utnyttjas optimalt ur strålsäkerhetssynpunkt.

Baserat på ovanstående och de övriga motiv som redogjorts för i detta dokument anser SKB att BAT har tillämpats vid val av utformning och kommer att tillämpas vid framtida drift av det utbyggda SFR.