



SKB

FoU-PROGRAM 86

Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring.

**Program för forskning, utveckling
och övriga åtgärder.**

September 1986

I Allmän del

II Val av slutförvaringssystem

III Forskningsprogram 1987-1992

Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring.

**Program för forskning, utveckling
och övriga åtgärder.**

September 1986

INNEHÅLLSFÖRTECKNING DEL I – III

Del I ALLMÄN DEL

FÖRORD

INLEDNING

- 1 FÖRUTSÄTTNINGAR
- 2 AVFALL FRÅN SVENSKA KÄRNKRAFTS-PROGRAMMET
- 3 ÅTGÄRDER FÖR ATT TA HAND OM RADIOAKTIVT AVFALL FRÅN KÄRNKRAFTVERKEN
- 4 ÖVERSIKT ÖVER PLANERAD FORSKNING OCH UTVECKLING

Referenser

Bilaga: Kort översikt över vissa legala krav

Del II VAL AV SLUTFÖRVARINGSSYSTEM

- 1 INLEDNING
- 2 FAKTORER SOM PÅVERKAR VAL AV PLATS OCH SYSTEM
- 3 BESKRIVNING AV NUVARANDE UNDERLAG
- 4 UNDERSÖKNINGAR SOM SKALL LEDA TILL VAL AV SYSTEM OCH PLATS

Del III FORSKNINGSPROGRAM 1987 - 1992

- 1 ALLMÄNT
- 2 TEKNISKA BARRIÄRER
- 3 GEOVETENSKAP
- 4 BIOSFÄRSSTUDIER
- 5 KEMI
- 6 SÄKERHETSANALYSER
- 7 INTERNATIONELLT SAMARBETE
- 8 ORGANISATION OCH GENOMFÖRANDE

Referenser

Bilaga: Remissbehandling och expertgranskning av KBS-3

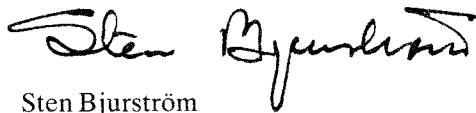
FÖRORD

Lagen om kärnteknisk verksamhet (SFS 1984:3) föreskriver i sin 12§ att ett program skall upprättas för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara det radioaktiva avfallet mm från kärnkraftverken. Skyldigheten åligger primärt ägarna till kärnkraftverken. Dessa har uppdragit åt SKB att utarbeta det föreskrivna programmet. Detta skall enligt kärnteknikförordningen 25§ (SFS 1984:14) redovisas till statens kärnbränslenämnd under september månad vart tredje år med början år 1986.

Syftet med detta program är att fullgöra ovanstående redovisningskrav.

Stockholm i september 1986

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB



Sten Bjurström



/Per-Eric Ahlström

INNEHÅLLSFÖRTECKNING DEL I

INLEDNING	9
1 FÖRUTSÄTTNINGAR	11
1.1 Riktlinjer för avfallshanteringen	
1.2 Gällande lagstiftning m m	
1.3 Bakgrund	
2 AVFALL FRÅN SVENSKA KÄRNKRAFTS-PROGRAMMET	13
2.1 Klassificering av radioaktivt avfall	
2.2 Avfall från kärnkraftverken	
2.2.1 Använt bränsle	
2.2.2 Driftavfall	
2.2.3 Hårdkomponenter och reaktortankens interna delar	
2.2.4 Rivningsavfall	
2.3 Övrigt radioaktivt avfall	
2.3.1 Avfall från CLAB och BSAB	
2.3.2 Avfall från Studsvik	
2.3.3 Avfall från upparbetning	
2.4 Beräknade avfallsmängder	
3 ÅTGÄRDER FÖR ATT TA HAND OM RADIO-AKTIVT AVFALL FRÅN KÄRNKRAFTVERKEN	17
3.1 Allmänt	
3.2 Tänkbara slutförvaringsprinciper	
3.3 Anläggningar och system i drift eller under byggnad	
3.3.1 Slutförvar för reaktoravfall, SFR	
3.3.2 Centralt lager för använt bränsle, CLAB	
3.3.3 Transportsystem	
3.4 Framtida anläggningar och system	
3.4.1 Behandlingsstation för använt bränsle, BSAB	
3.4.2 Slutförvar för långlivat avfall, SFL	
3.5 Tidplan	
3.6 Rivning av kärnkraftverk	
4 ÖVERSIKT ÖVER PLANERAD FORSKNING OCH UTVECKLING	23
4.1 Mål för forskningen	
4.2 Utgångspunkter för FoU-arbetet	
4.3 Övergripande plan för FoU-arbetet	
4.3.1 FoU-program 1984	
4.3.2 Program för FoU och övriga åtgärder	
4.4 Studier av barriärsystemet	
4.4.1 Alternativa utformningar	
4.4.2 Tekniska barriärer	

4.5	Geovetenskapliga undersökningar
4.5.1	Grundvattenrörelser
4.5.2	Bergets stabilitet
4.5.3	Typområdesundersökningar
4.5.4	Underjordiskt berglaboratorium
4.5.5	Val av plats för slutförvaret
4.6	Kemi
4.7	Analysmodeller och databas
4.8	Övriga FoU-områden
4.9	Internationellt samarbete
4.10	Programmets genomförande

REFERENSER	31
-------------------	-----------

BILAGA: Kort översikt över vissa legala krav	33
---	-----------

INLEDNING

I kärntekniklagen (SFS 1984:3) åläggs ägarna till de svenska kärnkraftverken att gemensamt låta upprätta ett allsidigt program för den forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som behövs för att ta hand om kärnkraftavfallet på ett säkert sätt.

Svensk Kärnbränslehantering AB – SKB – har av sina ägare, de svenska kärnkraftföretagen, givits uppdraget att utveckla, planera, bygga samt driva anläggningar och system för hantering och omhändertagande av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken.

SKB svarar också för den omfattande forskningsverksamhet inom kärnavfallsområdet som staten ålagt de svenska kärnkraftproducenterna.

SKB ägs av Forsmarks Kraftgrupp AB (FKA), OKG AB, Sydsvenska Värmekraft AB (SVAB, ägs av Sydkraft AB) och Statens Vattenfallsverk (Vattenfall).

Nämnda företag har uppdragit åt SKB att utarbeta det program för forskning och utveckling som kärntekniklagen föreskriver. Programmet, som redovisas i denna rapport, ger en översikt över samtliga åtgärder fram till genomförd slutförvaring. För perioden 1987-1992 redovisas ett mer detaljerat forskningsprogram.

SKBs forskningsarbeten t o m år 1983 har redovisats i den sk KBS-3-rapporten, vilken inlämnades som underlag för ansökningarna om laddningstillstånd för Forsmark 3 och Oskarshamn 3.

I programmet redovisas kortfattat även vissa forskningsresultat som erhållits efter det att KBS-3-rapporten publicerades i maj 1983. En utförligare redovisning av dessa resultat finns i serien SKB Tekniska Rapporter.

Vid utarbetandet av programmet har beaktats de påpekanden som framkom vid remissgranskningen av KBS-3-rapporten.

För de delar av avfallssystemet som redan tagits i drift eller är under byggnad – transport- och hanteringssystem, centralt lager för använt bränsle (CLAB) och slutförvar för reaktoravfall (SFR) – har forsknings- och utvecklingsstadiet till väsentliga delar redan passerat. Det redovisade programmet avser därför huvudsakligen behandling och slutförvaring av använt bränsle.

Rapporten är uppdelad i tre delar.

I del I – Allmän del – redovisas förutsättningarna för avfallshanteringen och de avfallstyper som uppkommer från det svenska kärnkraftprogrammet. Vidare redovisas översiktligt de åtgärder som erfordras för att hantera och slutförvara olika former av avfall. En sammanfattning av planerad forskning och utveckling avslutar del I.

Del II – Val av slutförvaringssystem – innehåller en redovisning av de undersökningar som krävs för att få underlag för slutligt val av system och plats för slutförvaring av avfallet.

Del III redovisar ett forskningsprogram för åren 1987-1992.

Kärntekniklagen kräver att programmet skall dels ”innehålla en översikt över samtliga åtgärder som kan bli behövliga” och dels ”närmare ange de åtgärder som avses bli vidtagna inom en tidsrymd av minst sex år”. Del I och II avses motsvara det förstnämnda kravet medan del III motsvarar kravet på en detaljerad sexårsplan.

1 FÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 Riktlinjer för avfallshanteringen

Målet för avfallshanteringen är att på ett säkert sätt ta hand om alla radioaktiva restprodukter som uppkommer vid de svenska kärnkraftverken.

För systemet för avfallshantering gäller följande allmänna riktlinjer:

- De radioaktiva restprodukterna skall omhändertas i Sverige.
- Det använda kärnbränslet skall mellanlagras och slutförvaras utan uppberedning.
- Tekniska system och anläggningar skall uppfylla högt ställda krav på säkerhet och strålskydd samt tillgodose svenska myndighetskrav.
- Systemen för avfallshantering skall utformas så att kraven på kontroll av klyvbart material kan tillgodoses.
- Avfallsfrågan skall till alla väsentliga delar lösas av den generation som utnyttjar elproduktionen från kärnkraftverken.
- Beslut om den definitiva utformningen av slutförvaret för använt kärnbränsle skall fattas först omkring år 2000 för att kunna baseras på ett brett kunskapsunderlag.
- Erforderliga tekniska lösningar skall utarbetas inom landet samtidigt som tillgänglig utländsk kunskap skall inhämtas.
- Myndigheternas löpande granskning och direktiv avseende kärnkraftföretagens handläggning av avfallsfrågan skall vara vägledande för arbetets bedrivande.
- Verksamheten skall bedrivas öppet och med god insyn från samhällets sida.

1.2 Gällande lagstiftning m m

Kärnkraftverksägarnas skyldigheter med avseende på hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall regleras i lagen om kärnteknisk verksamhet, i förordningen om kärnteknisk verksamhet samt i vissa tillstånd och riktlinjer som regeringen utfärdat. En översikt över de viktigaste bestämmelserna ges i bilagan.

Bestämmelserna och riktlinjerna innebär i korthet att ägarna av kärnkraftverk skall svara för

- att vidta de åtgärder som behövs för att hantera och slutförvara uppkommet kärnavfall på ett säkert sätt och för att avveckla och riva kärnkraftverken och tillhörande anläggningar,
- den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet som behövs för att genomföra dessa åtgärder inklusive studier av alternativa hanterings- och förvaringsmetoder,
- att var tredje år från och med 1986 upprätta ett program för forskning och utveckling och övriga åtgärder samt därvid redovisa uppnådda forskningsresultat.

FoU-programmet skall också redovisa hur påpekanden gjorda vid remissgranskningen av KBS-3 beaktats eller avses bli beaktade. Regeringen har vidare framhållit att de arbeten som utförs under 1980-talet ej får innebära bindning till plats eller metod för slutförvaring av det använda kärnbränslet.

1.3 Bakgrund

Forskning rörande hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall startade i större omfattning i Sverige i samband med inrättandet av Programrådet för radioaktivt avfall (Prav) år 1975. Rådet inrättades på förslag av AKA-utredningen /1-1/. Forskningen intensifierades i samband med tillkomsten av den sk ”villkorslagen” 1976/77. Härvid startades KBS-projektet av kärnkraftföretagen. Projektarbetet knöts administrativt till SKB. Projektet tog fram två slutförvaringsmetoder KBS-1 för förglasat högaktivt avfall från uppberedning (1977) /1-2/ och KBS-2 för slutförvaring av använt icke uppberedat kärnbränsle (1978) /1-3/.

KBS-1-rapporten utgjorde underlag för ansökningar om laddningstillstånd för reaktorerna Ringhals 3 och 4 samt Forsmark 1 och 2. Regeringen beviljade tillstånd för laddning 1979-80.

I samband med tillkomsten av finansieringslagen /1-4/ avskaffades Prav och i stället inrättades Nämnden för Använt Kärnbränsle (NAK), sedermera Statens Kärnbränslenämnd (SKN). Denna myndighet har bl a till uppgift att granska och övervaka kraftföretagens (SKBs) verksamhet inom avfallsområdet.

År 1983 presenterade SKB en ny rapport om slutförvaring av använt kärnbränsle. Rapporten baserades på samma metod som beskrivs i KBS-2, men den nya rapporten, KBS-3, bygger på ett väsentligt bredat och fördjupat kunskapsunderlag /1-5/.

KBS-3-rapporten utgjorde underlag för laddningstillstånd för reaktorerna Forsmark 3 och Oskarshamn 3. Regeringen beviljade sådana tillstånd enligt den nya kärntekniklagen /1-6/ i juni 1984. Som grund för tillståndet låg även ett forskningsprogram /1-7/ utarbetat av SKB i februari 1984.

Resultaten från SKBs forskningsarbeten rapporteras fortlöpande i SKBs tekniska rapporter. Årliga sammanfattningar ingår i SKB Annual Report /1-8; 1-9/.

2 AVFALL FRÅN SVENSKA KÄRNKRAFTPROGRAMMET

2.1 Klassificering av radioaktivt avfall

Radioaktivt avfall från det svenska kärnkraftsprogrammet har mycket varierande form och aktivitetsinnehåll, alltifrån praktiskt taget inaktivt sopavfall till använt bränsle, som har mycket högt aktivitetsinnehåll. Olika avfallsformer ställer därför olika krav på hantering och slutförvaring.

Ur hanteringssynpunkt är det praktiskt att indela avfallet i grupperna lågaktivt, medelaktivt och högaktivt avfall. Lågaktivt avfall kan hanteras och lagras i enkla förpackningar utan särskilda skyddsåtgärder i övrigt. Medelaktivt avfall måste strålskärmas för säker hantering. Högaktivt avfall kräver utöver strålskärning även kylning under en viss tid för att kunna lagras säkert.

Ur slutförvaringssynpunkt är livslängden hos de ingående radioaktiva ämnena av stor betydelse. Man skiljer mellan avfall med kort och lång livslängd.

Det kortlivade avfallet innehåller huvudsakligen radionuklider med kortare halveringstid än 30 år, dvs det har avklingat till ofarlig nivå inom några hundra år. Detta avfall skall deponeras i ett slutförvar för reaktoravfall, SFR, vilket f n byggs vid Forsmark och förläggs i berg på ca 50 meters djup. En del mycket lågaktivt och kortlivat avfall kan deponeras på en enkel soptipp.

Långlivat avfall förblir radioaktivt under tusentals år eller mer och kräver en mer kvalificerad slutförvaring.

I Figur 2-1 ges exempel på klassificering av avfall från kärnkraftsprogrammet ur aktivitets- resp. livslängdssynpunkt.

2.2 Avfall från kärnkraftverken

Avfallet från kärnkraftverken brukar med hänsyn till den fortsatta hanteringen delas in i följande grupper:

- Använt bränsle.
- Driftavfall (reaktoravfall).
- Härdkomponenter och interna delar.
- Rivningsfall.

2.2.1 Använt bränsle

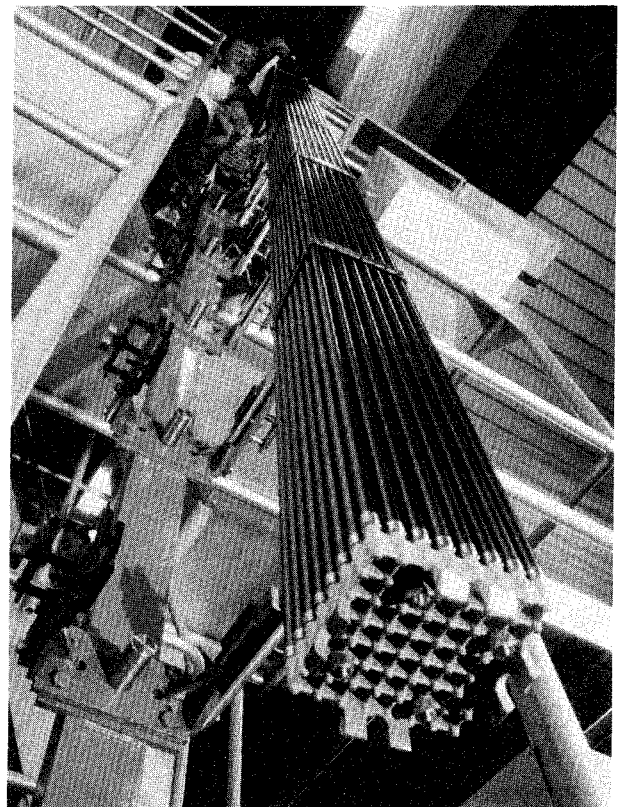
Huvuddelen av de radioaktiva ämnen (ca 99%), som bildas i ett kärnkraftverk finns i det använda bränslet.

I KBS-3 beskrivs några av de bränsletyper som används i svenska kraftreaktorer /2-1/. Ett bränsleelement för en kokarreaktor (BWR), se Figur 2-2, innehåller ca 180 kg uran och för en tryckvattenreaktor (PWR) ca 460 kg uran. Konstruktionen skiljer sig åt något mellan olika tillverkare och mellan bränsle tillverkat vid olika tidpunkter. Ur slutförvaringssynpunkt är skillnaderna mellan olika bränsletyper allmänt sett obetydlig. Detta gäller även udda bränsleelementtyper med oxidbränsle kapslad i zircaloy, t ex MOX-bränsle och Ågesta-bränsle.

Livslängd	Radioaktivitet		
	Hög	Medel	Låg
Lång (tusentals år)	Använt bränsle	Vissa härd- komponen- ter	
Medel (några hundra år)		Jonbytarmassor Kasserade komponenter Rivningsavfall	Underhålls- avfall

Figur 2-1. Exempel på klassificering av radioaktivt avfall.

Det använda bränslet utgörs till största delen av icke förbrukat uran, medan huvuddelen av radioaktiviteten hänför sig till bränslets innehåll av klyvningsprodukter och transuraner. Exempel på sammansättning, aktivitetsnivå och andra data för använt bränsle ges i /2-2/.



Figur 2-2. Bränsleelement för kokarreaktor.

Den höga aktivitetsnivån i använt bränsle medför att det fortsätter att avge värme lång tid efter att det tagits ut ur reaktorn. Detta har stor betydelse för hur det använda bränslet skall hanteras och slutförvaras. Mellan 1 och 40 år efter uttag sjunker resteffekten med ca en faktor 10. Därefter tar det ca 1000 år innan resteffekten har sjunkit ytterligare en faktor 10.

2.2.2 Driftavfall

I begreppet driftavfall innefattas ett antal olika typer av avfall, som erhålles i samband med drift och underhåll av reaktorerna. Det är främst jonbytarmassor och filter, som erhålles kontinuerligt under drift vid rening av reaktorvattnet. I driftavfallet ingår även utbytta komponenter från reaktorsystemen, samt skyddskläder, plast, papper, isoleringsmaterial m m, som använts i utrymmen där aktivitet förekommer och som därmed kan vara kontaminerade.

Driftavfallet är låg- och medelaktivt och det innehåller huvudsakligen radioaktiva ämnen med kortare halveringstider än 30 år. Halten långlivade radioaktiva ämnen är mycket låg. Aktiviteten i driftavfallet har således avklingat till en ofarlig nivå inom några hundra år eller mindre.

Driftavfallet behandlas på kärnkraftverken, så att det får en förpackning och form, som är lämplig med hänsyn till dess fortsatta hantering. Olika behandlingsmetoder tillämpas på olika kärnkraftverk, se Figur 2-3. Detta beskrivs närmare i /2-3/.



Figur 2-3. Ingjutning av jonbytarmassa i betongkokiller vid Ringhals kärnkraftverk.

Liknande avfall kommer även från driften av det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, och från Studsvik.

2.2.3 Härdkomponenter och reaktortankens interna delar

Komponenter, som sitter i eller i närheten av härden inne i reaktortanken utsätts för ett starkt neutronflöde och får därigenom en hög inducerad aktivitet. En del av dessa komponenter, t.ex. neutrondetektorer, byts successivt ut och ersätts med några års mellanrum. Andra t.ex. moderatortanken skall användas hela reaktorns livstid, och blir således avfall först när reaktorerna rivs.

Till hårdkomponenterna räknas här även bränsleboxar och andra konstruktionsdetaljer i bränsleelementen.

Hårdkomponenterna och en del interna delar i reaktortanken har en mycket hög strålnivå, när de tas ur reaktorn. Den domineras av kobolt-60, som har ca 5 års halveringstid, vilket innebär att strålnivån sjunker med en faktor 1000 på 50 år. I hårdkomponenter och interna delar ingår även en del radioaktiva ämnen med lång halveringstid, t.ex. nickel-59 (90 000 år) och niob-94 (20 000 år). Radiotoxiciteten hos dessa ämnen är lägre än hos transuranerna och kraven på slutförvaringen av dessa komponenter blir därför lägre än för använt bränsle.

2.2.4 Rivningsavfall

När ett kärnkraftverk slutgiltigt ställs av är delar av anläggningen radioaktiva och måste således tas om hand på ett säkert sätt. Det är dels reaktortanken och dess interna delar, samt betongen närmast reaktortanken, som har inducerad aktivitet, dels olika delar av reaktorsystemen, som blivit radioaktivt kontaminerade. Huvuddelen av anläggningen har dock inte kommit i kontakt med radioaktivitet och avfallet kan därför hanteras som normalt avfall från rivning av industrianläggningar.

Avfallet som erhålles vid rivning utgörs främst av komponenter av stål, t ex tankar, rör och ventiler, från reaktorns processsystem. Vidare erhålles stora mängder betong, som till mer än 90% är helt inaktiv. I samband med rivningsarbetet får man även en del processavfall från vatten- och luftreningsystem, som är i drift under rivningsperioden.

Det radioaktiva rivningsavfallet är genomgående låg- och medelaktivt. Aktivitetsnivån varierar dock avsevärt mellan olika delar. En stor del av skrotet kan friklassas för återanvändning. Betongen och ytterligare en del material kan deponeras på en normal industritipp eventuellt i anslutning till reaktoranläggningen. Huvuddelen av det aktiva rivningsavfallet har dock en aktivitetsnivå som motiverar en deponering i SFR. Vid rivningen erhålles också, som nämnts ovan, vissa starkt radioaktiva interna delar från reaktortanken, vilka kräver särskild behandling.

En stor del av aktiviteten utgörs av ytkontaminering, som kan tas bort med olika dekontamineringsmetoder. Mängden material som kan friklassas är därför beroende av hur långt man vill driva dekontamineringsarbetet.

2.3 Övrigt radioaktivt avfall

Utöver från kärnkraftverken får man i Sverige radioaktivt avfall främst från centrala lagret för använt bränsle, CLAB, och den kommande behandlingsstationen för använt bränsle, BSAB, samt från Studsvik. Till Studsvik insamlas även avfall från användning av radioaktiva ämnen i industri, sjukvård och forskning.

2.3.1 Avfall från CLAB och BSAB

Avfallet från CLAB är av samma slag som driftavfallet från reaktorerna. Det behandlas också på samma sätt. Liknande avfall kommer också att erhållas från behandlingsstationen för använt bränsle, BSAB.

2.3.2 Avfall från Studsvik

I Studsvik uppkommer avfall från driften av forskningsreaktorn R2 samt från FoU-verksamhet kring radioaktiva produkter, t.ex. bränslestavar. Bränslet som används i R2 återsänds till USA och behöver således inte tas om hand i Sverige. Övrigt avfall från R2 är av liknande typ som driftavfallet från kärnkraftverken och behandlas också på likartat sätt.

Avfallet från FoU-verksamheten är däremot av annan karaktär. En del av detta avfall innehåller betydande mängder långlivade transuraner. Detta avfall ställer därför liknande krav på slutförvaringen som det använda bränslet.

I Studsvik finns även lagrat bränsle från Ågesta-reaktorn, samt från forskningsreaktorn R1. Detta bränsle skall också tas om hand i det svenska avfallssystemet.

2.3.3 Avfall från upparbetning

Vid upparbetning av använt kärnbränsle separeras bränslematerialen uran och plutonium från klyvningsprodukter och övriga transuraner. Från denna process erhålles dels högaktivt förglasat avfall, som innehåller huvuddelen av radioaktiviteten, dels låg- och medelaktivt avfall ingjutet i cement eller bitumen.

Det mesta avfallet från upparbetning innehåller betydande mängder av transuraner och är därför långlivat.

Svensk kraftindustri har upparbetningskontrakt med BNFL i Storbritannien och med COGEMA i Frankrike. Endast kontrakten med COGEMA innebär återsändande av avfall till Sverige. Enligt gällande planering avser SKB inte att utnyttja dessa kontrakt, utan arbetar för att avyttra dem. Upparbetningsavfall ingår därför inte längre i de svenska planerna för kärnkraftens slutsteg.

2.4 Beräknade avfallsmängder

I PLAN 86 har den totala mängden radioaktivt avfall från det svenska kärnkraftsprogrammet beräknats /2-4/. Resultatet framgår av Figur 2-4.

Produkt	Huvudsakligt ursprung	Enhet	Antal enheter	Volym i slutlager m ³
Använt bränsle		ton U	7 800	
Alfa-kontaminerat avfall	Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	fat	18 000	6 000
Härdkomponenter	Reaktordelar	kokiller	2 300	19 000
Låg- och medelaktivt avfall	Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	fat och kokiller	100 000	95 000
Rivningsavfall	Från rivning av kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	10–20 m ³ behållare	5 600	113 000

Figur 2-4. Huvudtyper av radioaktiva restprodukter.

3 ÅTGÄRDER FÖR ATT TA HAND OM RADIOAKTIVT AVFALL FRÅN KÄRNKRAFTVERKEN

3.1 Allmänt

En säker hantering och slutförvaring av kärnkraftavfallet kräver planering, uppförande och drift av ett flertal anläggningar och system. Figur 3-1 ger en översikt av de olika delarna i det planerade svenska avfallshanteringssystemet. Dessa beskrivs utförligt i den årliga redovisningen av kostnaderna för att ta hand om kärnkraftens radioaktiva restprodukter, PLAN 86, som kraftföretagen genom SKB lämnat /3-1/. Här ges endast en kortfattad översikt.

Anläggningarna planeras med hänsyn även till det radioaktiva avfall, som finns i Sverige, men som inte hänför sig till elkraftproducerande reaktorer (se kap 2).

Utformningen av systemet baseras på följande grundläggande principer:

- Kortlivat avfall skall deponeras snarast efter att det uppkommit.
- Använt bränsle mellanlagras i ca 40 år innan det placeras i slutförvar. Därigenom begränsas värmeutvecklingen i slutförvaret.
- Övrigt långlivat avfall deponeras i anslutning till slutdeponeringen av använt bränsle.

Väsentliga delar av avfallshanteringssystemet är redan i drift eller under byggnad. Det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, och transportsystemet är båda i drift. Slutförvaret för reaktoravfall, SFR, är under byggnad. Återstående delar som ännu ej beslutats är en behandlingsstation för använt bränsle, BSAB, och ett slutförvar för långlivat avfall, SFL. Dessa kommer ej att byggas förrän efter 2010 enligt nuvarande planering. För dessa systemdelar pågår ett omfattande FoU-arbete, som syftar till att finna en lämplig utformning och plats (se kapitel 4).

I åtgärderna för att ta hand om kärnkraftens radioaktiva restprodukter ingår även att riva kärnkraftverken och övriga anläggningar, när dessa har tagits ur drift, samt att slutförvara avfallet från rivningen.

3.2 Tänkbara slutförvaringsprinciper

Ett antal tänkbara principer för slutförvaring belyses i SKN PLAN 85 samt i SKBs PLAN 82 del 1 /3-2, 3-3/. Nedan ges en förkortad sammanfattning av diskussionen i dessa referenser.

Begreppet slutförvaring får anses innebära att avfallet skall förvaras utan krav på tillsyn och på ett sätt som gör det svårt eller omöjligt att komma åt. En övervakad förvaring ingår dock som ett ofrånkomligt led i hanteringskedjan. Den kan utsträckas över mycket lång tid utan större tekniska eller säkerhetsmässiga problem. Förr eller senare måste dock avfallet överföras till ett förvar utan tillsyn och förvaret tillslutas. Man kan inte begära eller förutsätta att framtida

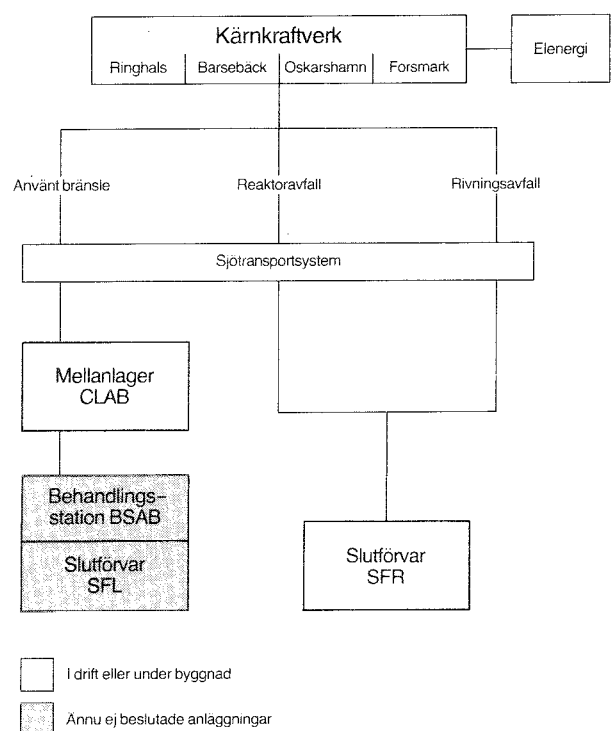
generationer ombesörjer resurskrävande bevakning och skötsel av förvaret. Ett förvar som för sin säkerhet är beroende av fortlöpande kontroll och underhållsåtgärder kan ej betraktas som ett slutförvar.

Vid slutförvaring av använt bränsle måste kontrollen av klyvbart material beaktas även på lång sikt. Detta innebär att slutförvaret måste utformas och tillslutas på ett sådant sätt att det krävs så omfattande och välplanerade åtgärder för att återvinna det klyvbara materialet, att ett återtagande i hemlighet kan uteslutas.

Följande principer för slutförvaring av radioaktivt avfall har förekommit i den internationella diskussionen:

- Placering på stort djup i kontinentala geologiska formationer.
- Placering i ytliga jord- eller berglager.
- Placering under havsbotten i djuphavssediment.
- Dumpning i havet.
- Placering i eller under större inlandsis (t ex Antarktis).
- Utskjutning i rymden (alternativt till solen).

Placering av långlivat avfall på stort djup (flera hundra meter eller mer) i kontinentala geologiska formationer är den princip som prioriteras av alla länder



Figur 3-1. Det svenska avfallshanteringssystemet.

som bedriver mer omfattande forskning och utveckling på avfallsområdet. Det är också den enda principen som inom överskådlig tid bedöms tillgänglig och genomförbar för svenskt vidkommande.

Placering i ytliga jordlager eller ytligt i berget (några tiotal upp till 100 m djup) medför restriktioner på markanvändningen efter det deponeringen genomförs. Denna princip kan endast tillämpas på kortlivat avfall eller avfall med låg radiotoxicitet. Principen tillämpas i SFR.

Placering under havsbotten i djuphavssedimenten utanför kontinentalsockeln (s k deep sea-bed disposal) studeras av flera länder, bl a genom internationellt samarbete i OECD/NEAs regi. Denna princip, som har vissa attraktiva drag, torde förutsätta internationella avtal eller konventioner och är inte möjlig som en oberoende svensk lösning.

Dumpning i havet eller placering i eller under inlandsis är ej tillämpliga i Sverige.

Utskjutning i rymden skulle visserligen på ett övertygande sätt göra avfallet oåtkomligt, men förutsätter att säkerheten i uppskjutningen kan garanteras. Den är även av resursskäl knappast intressant för svenskt vidkommande.

I princip kan man även tänka sig en sluthantering som innebär oskadliggörande av de långlivade radioaktiva ämnena i avfallet genom nukleär förbränning (transmutation till stabila eller kortlivade ämnen). Ett sådant system kräver dock dels en avancerad uppbyggnad, dels reaktorer med hög neutronflux (t ex snabba bredreaktorer). Om denna metod alls kan förverkligas kan det endast ske inom ramen för ett långt mera utvecklat kärnenergi-program än vad som beslutats i Sverige.

Forskningsprogrammet har således inriktats mot slutmålet att slutförvaringen av det använda kärnbränslet skall ske djupt ned i svensk berggrund. Den tidigare nämnda KBS-3-rapporten har beskrivit en metod baserad på denna princip som har godtagits med hänsyn till säkerhet och strålskydd.

SKBs forskning och utveckling syftar till att ta fram ett brett underlag för det slutliga valet av metod. Arbetet är principiellt sett inte knutet till någon viss metod. Det är generellt upplagt, för att studera relevanta frågor som har betydelse för många alternativ för slutförvaring i berg. Detta innebär att i pågående och fortsatt forskning studeras och värderas även flera andra metoder.

3.3 Anläggningar och system i drift eller under byggnad

3.3.1 Slutförvar för reaktoravfall, SFR

Slutförvaret för reaktoravfall, SFR, byggs för närvarande vid Forsmarks kärnkraftverk /3-4/. I SFR skall driftavfall från de svenska kärnkraftverken samt motsvarande avfall från CLAB och Studsvik deponeras. I Studsviksavfallet ingår även avfall från användning av radioisotoper inom forskning, industri och medicin.

Det avfall som skall deponeras i SFR är låg- och medelaktivt och kortlivat, vilket innebär att det har avklingat till en ofarlig nivå inom några hundra år. I Figur 3-2 visas mängden avfall som planeras bli deponerat i SFR.

SFR placeras i berg med ca 50 m bergtäckning. Det består av olika bergrum, som utformats med hänsyn till avfallets olika aktivitetsinnehåll, se Figur 3-3.

SFR byggs i två etapper, varav den första skall tas i drift 1988 och den andra planeras till slutet av 1990-talet.

I ansökan om lokaliseringstillstånd för SFR angavs även att anläggningen senare kan utökas så att även hårdkomponenter och interna delar kan deponeras där. I den tidigare nämnda PLAN 86 antas av praktiska skäl att detta avfall i stället deponeras i anslutning till slutförvaret för långlivat avfall. Möjligheten att deponera det i SFR bör dock hållas öppet.

I anslutning till SFR planeras även utrymmen för slutförvaring av rivningsavfall. Dessa kommer att beslutas och byggas när det blir aktuellt att riva kärnkraftverken.

3.3.2 Centralt lager för använt bränsle, CLAB

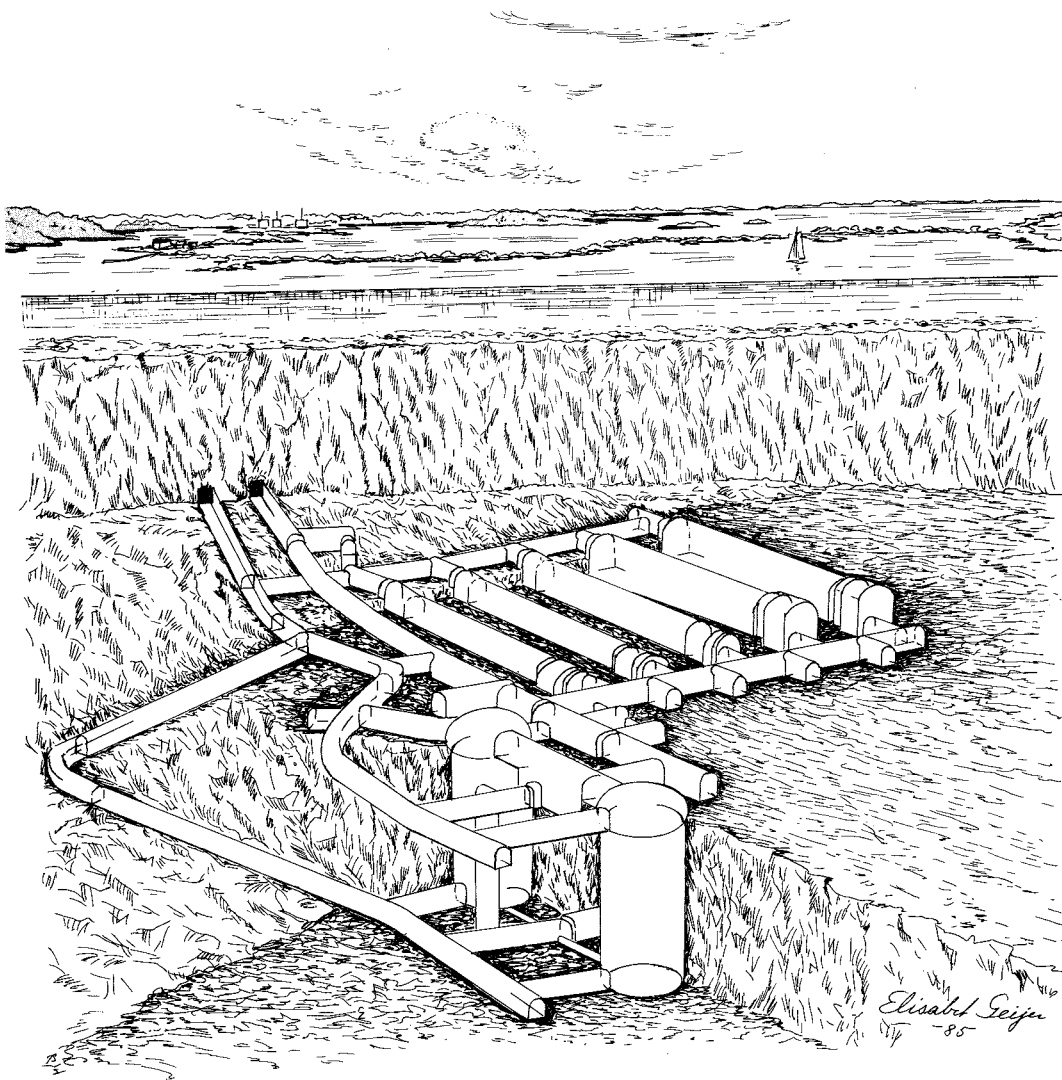
I det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, som ligger intill Oskarshamnsverket, kommer bränslet att mellanlagras under ca 40 år. Under denna period minskar bränslets aktivitetsinnehåll och resteffekt med ca 90%. CLAB togs i drift 1985 och avlastade därmed lagringsbehovet vid kärnkraftverken /3-5/.

CLAB består av en mottagningsbyggnad ovan jord och ett förvaringsutrymme i bergrum, se Figur 3-4. Bränslet hanteras och förvaras under vatten. Kapaciteten är nu ca 3000 ton använt bränsle i 4 bassänger. Till mitten av 1990-talet planeras en utbyggnad så att allt bränsle från det svenska programmet, ca 8000 ton, kan lagras i CLAB. Anläggningen är förberedd för detta och utbyggnaden kan ske samtidigt som bränsle tillförs och lagras i det befintliga bergrummet.

I CLAB kan även hårdkomponenter och interna delar mellanlagras.

	Lagervolym (m ³)
Driftavfall	
Medelaktivt	65.000
Lågaktivt	25.000
	90.000
Rivningsavfall	
Medelaktivt	12.000
Lågaktivt	88.000
	100.000

Figur 3-2. Avfall som planeras bli deponerat i SFR.



Figur 3-3. Slutförvar för reaktoravfall (SFR 1).

3.3.3 Transportsystemet

För transporter av använt bränsle och radioaktivt avfall används ett transportsystem baserat på sjötransporter /3-6/. Det består av ett fartyg, M/S Sigyn, transportbehållare och terminalutrustning, se Figur 3-5. Transportbehållarna uppfyller de höga krav på strålskärning och tålig het mot yttre påkänningar som utarbetats av IAEA. Olika typer av transportbehållare används för använt bränsle och för låg- och medelaktivt avfall.

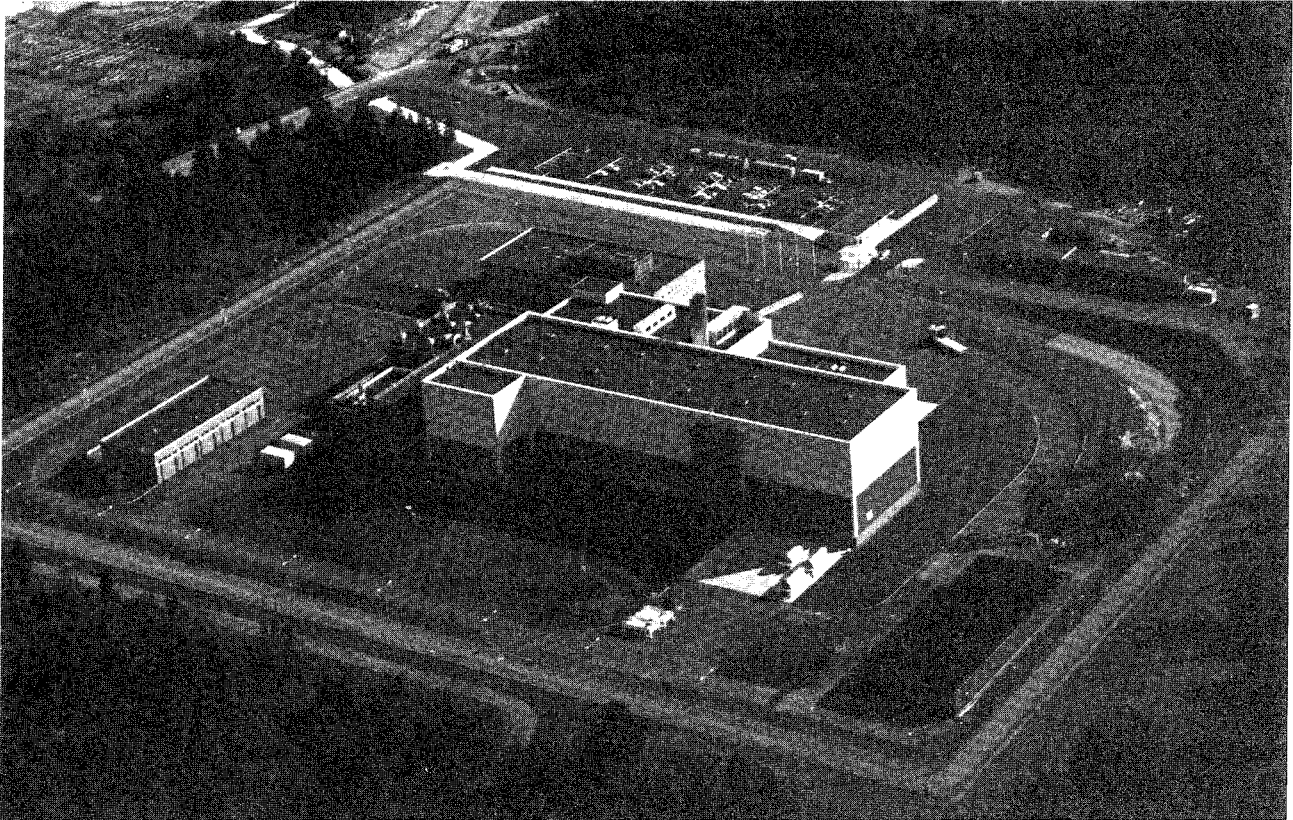
M/S Sigyn har använts sedan 1982. För närvarande transporteras bränsle från kärnkraftverken till CLAB. Från 1988 kommer även huvuddelen av transporter av driftavfall till SFR att utföras med Sigyn. Vid behov kan transportsystemet senare, inför transporter till slutförvaret för långlivat avfall, kompletteras med utrustning för t.ex. järnvägstransporter. Behovet blir beroende av var slutförvaret placeras.

3.4 Framtida anläggningar och system

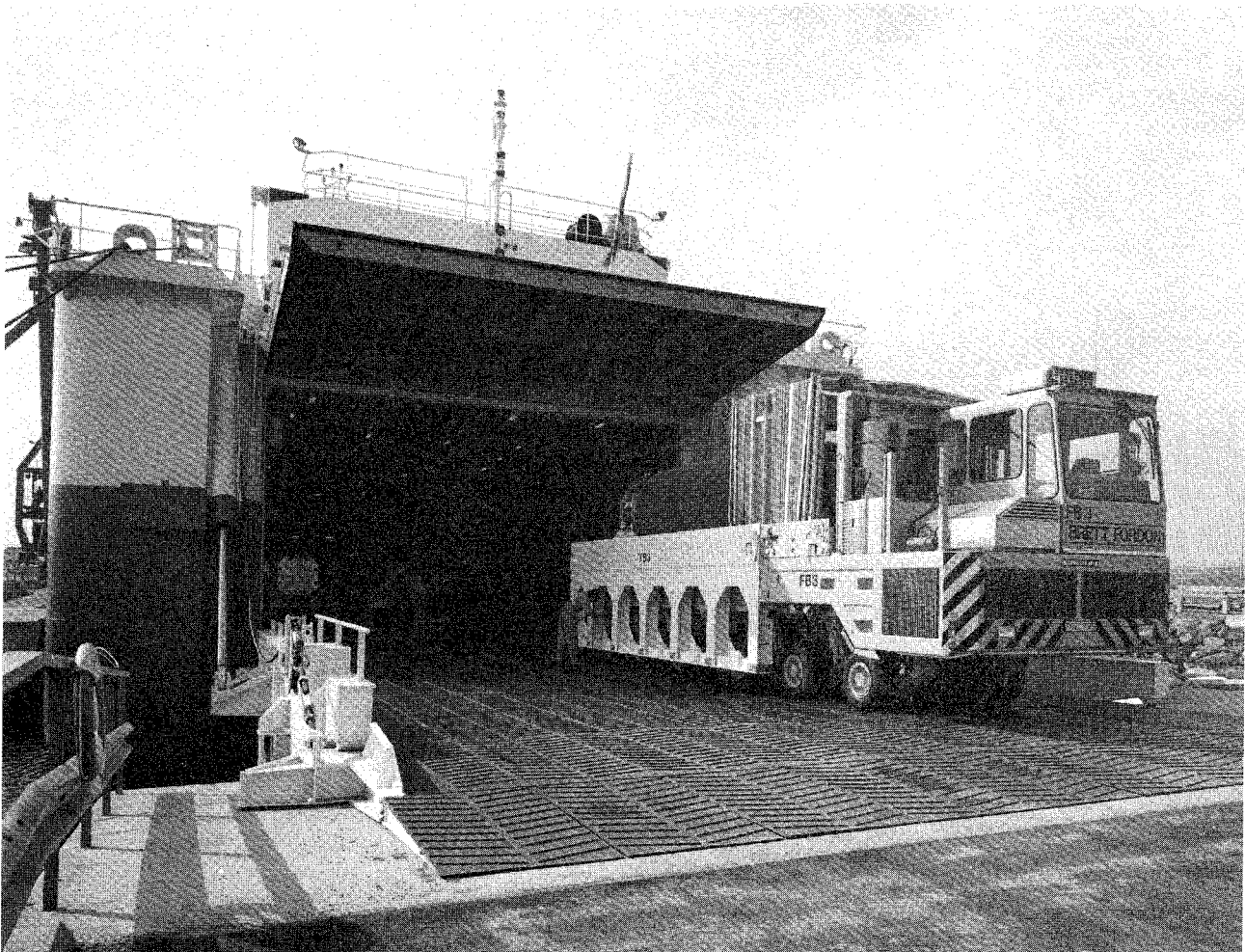
3.4.1 Behandlingsstation för använt bränsle, BSAB

Innan använt bränsle deponeras för slutförvaring kommer det att placeras i en kapsel, som underlättar hanteringen och som ger en tät inneslutning av bränslet under en viss tidsperiod. I KBS-3 beskrivs inkapsling av bränslet i en kopparkapsel, som ger en total inneslutning under en mycket lång tid /3-7/. Även andra material kan bli aktuella, såsom framgår av FoU-programmet kapitel 4 och i del III.

Utformningen av behandlingsstationen är beroende av vilken inkapslingsmetod, som kommer att användas och av anläggningens lokalisering. I PLAN 86 har behandlingsstationen antagits bli placerad i direkt anslutning till slutförvaret för långlivat avfall, varvid kapslarna förs ned i slutförvaret direkt efter inkapsling. Ett annat alternativ är att den placeras vid CLAB varvid inkapslat bränsle transporteras till slutförvaret.



Figur 3-4. Centralt mellanlager för använt bränsle (CLAB).



Figur 3-5. Transportfordon med bränsletransportbehållare på väg ut ur M/S Sigyns lastutrymme.

Valet av material och metod för inkapslingen innebär en stark låsning till en viss slutförvaringsmetod och bör därför inte ske tidigare än nödvändigt. Inkapslingen planeras ske direkt före det att bränslet skall deponeras. Behandlingsstationen behöver därför inte börja byggas förrän efter år 2010 enligt dagens planering.

3.4.2 Slutförvar för långlivat avfall, SFL

Slutförvaret för långlivat avfall, SFL, planeras tas i drift omkring år 2020. Det avses bli placerat på stort djup i urberg. Platsen har ännu inte valts. I SFL skall främst det använda bränslet deponeras, men även övrigt långlivat avfall, främst från Studsvik. Av praktiska skäl planeras även en del låg- och medelaktivt avfall från drift och sedermera rivning av CLAB och behandlingsstationen bli deponerat i anslutning till SFL.

I KBS-3 beskrivs en tänkbar utformning av slutförvaret för använt bränsle, se Figur 3-6. Metoden innebär att kopparkapslar med använt bränsle deponeras i hål som borrar i golvet på tunnlar på ca 500 m djup. I borrhålen är kapslarna inbäddade i kompakterad bentonit. När deponeringen i en tunnel avslutats, återfylls denna med en tätande sand/bentonitblandning.

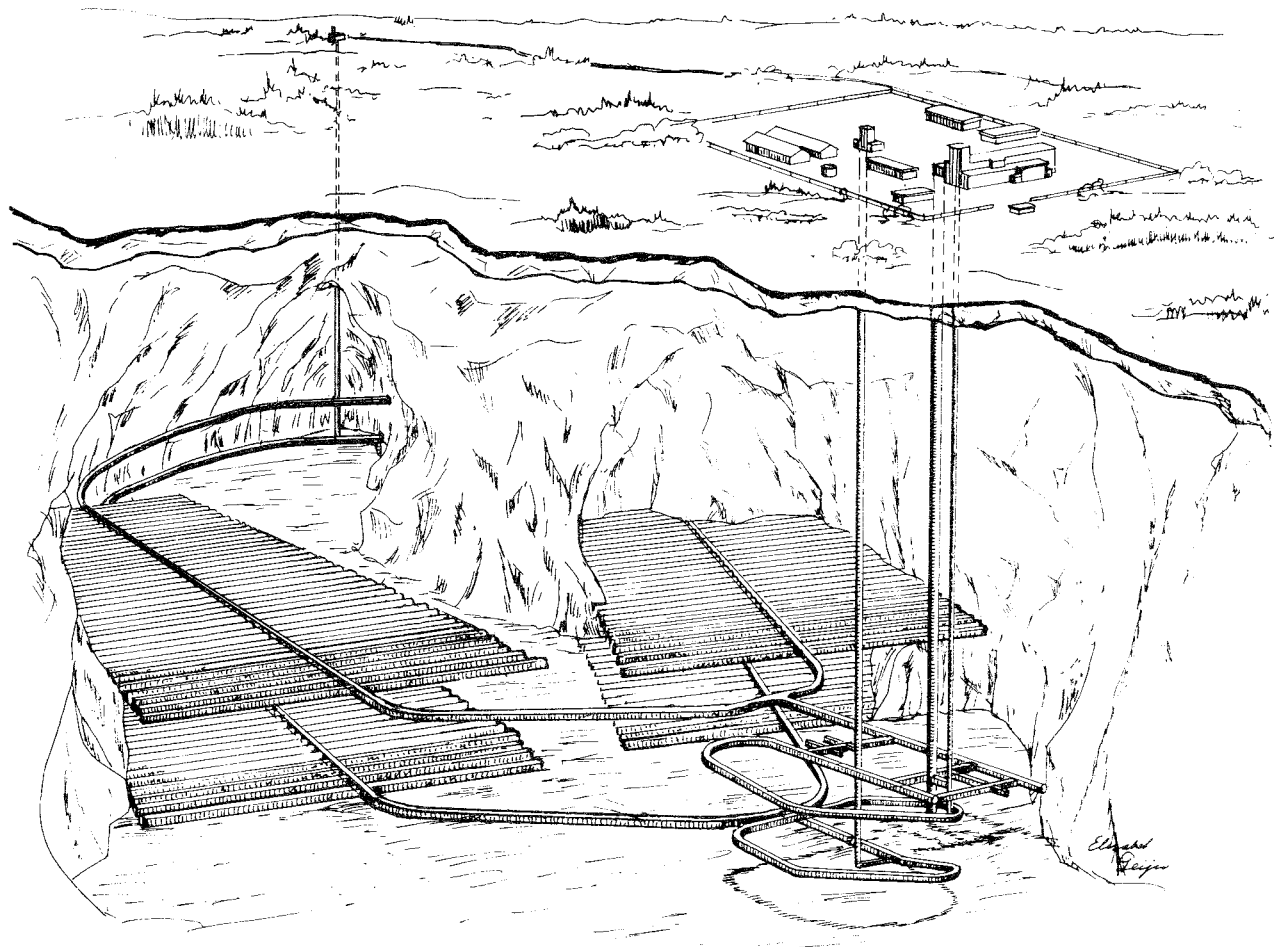
Fram till beslut om anläggningens lokalisering och utförande, kommer alternativa utformningar av slutförvaret att studeras såsom beskrivs i kapitel 4 och i del III.

För övrigt långlivat avfall har ännu inte slutförvaret studerats till samma detaljeringsgrad, som för det använda bränslet. I PLAN 86 beskrivs ett möjligt utförande, där avfallet placeras i olika typer av bergsalar på c:a 500 m djup.

3.5 Tidplan

En övergripande tidplan över de åtgärder, som behöver vidtas för att ta hand om de radioaktiva restprodukterna från det svenska kärnkraftsprogrammet framgår av Figur 3-7. Tidplanen är baserad på praktiska överväganden och tjänar som grund för planeringen av FoU-insatser och övriga åtgärder. Den används också som underlag vid beräkningar av kostnaderna för att ta hand om kärnkraftens restprodukter /3-1/.

Tidplanen är inte definitiv och förändringar i ena eller andra riktningen kan komma att visa sig motiverade. I /3-8/ har konsekvenserna av förändringar i



Figur 3-6. Perspektivbild av slutförvar för använt bränsle - SFL.

huvudtidplanen analyserats. Den visar att relativt stora förändringar kan accepteras utan att de ger säkerhetsmässiga konsekvenser.

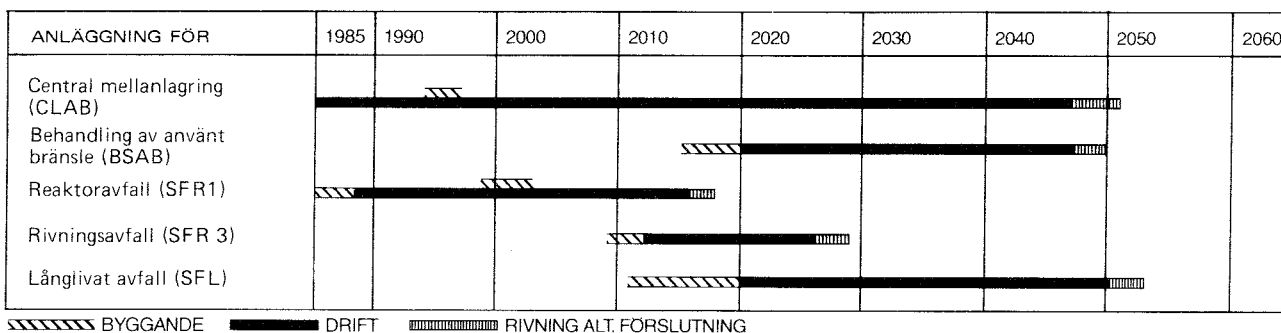
Mellanlagringen i CLAB kan således om man så önskar fortsättas under längre tid än 40 år. I praktiken låses valet av sluthanteringssystem först när man börjar att kapsla in bränslet. Byggnad av BSAB förutsättes därför starta ungefär samtidigt med byggande av SFL. Byggstarten blir därmed en avgörande beslutstidpunkt.

3.6 Rivning av kärnkraftverk

Genomförda studier av rivning av kärnkraftverk /3-9/ visar att rivningen kan genomföras med idag tillgänglig teknik. Arbete pågår för att vidareutveckla tekniken i samband med flera rivningsprojekt i andra länder. Erfarenhetsutbyte mellan dessa projekt samordnas inom OECD/NEAs ram. SKB svarar för sekretariatet för detta samordningsarbete och får härigenom

del av resultaten. I övrigt planerar SKB inga utvecklingsinsatser under de närmaste åren. Avfallet från rivningen kan behandlas och slutförvaras på motsvarande sätt som andra liknande avfallstyper.

I planeringen förutsätts att rivning av kärnkraftverken genomförs omedelbart efter att de tagits ur drift, vilket innebär att slutförvaring av rivningsavfallet kan påbörjas ett par år senare (Figur 3-7). Denna tidplan är tekniskt sett möjlig. Andra faktorer kan dock medföra att det blir praktiskt att senarelägga rivningen några 10-tal år. En sådan förändring påverkar emellertid inte FoU-planeringen.



Figur 3-7. Övergripande tidplan för anläggningar i det svenska avfallshanteringssystemet.

4 ÖVERSIKT ÖVER PLANERAD FORSKNING OCH UTVECKLING

4.1 Mål för forskningen

I avsnitt 1.1 anges mål och riktlinjer för avfallshanteringen. Forsknings- och utvecklingsarbetet skall bedrivas så att de åtgärder som redovisas i kapitel 3 kan genomföras enligt angiven tidplan och målen för avfallshanteringen därvid uppnås.

Forskningsinsatserna inriktas på att ta fram erforderligt underlag för en platsspecifik lokaliseringsansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle omkring år 2000. Därvid måste en systemoptimering vara genomförd så att ett till en viss plats anpassat system kan redovisas.

Forsknings- och utvecklingsarbetet skall bedrivas med beaktande av krav på:

- miljö och säkerhet,
- ekonomi,
- allsidighet,
- flexibilitet,
- relevans,
- bred acceptans i samhället såväl hos fackmän och myndigheter som bland allmänheten.

Kravet på allsidighet i forskningen innebär att olika möjliga alternativ skall studeras och värderas. Forskningsinsatserna inriktas därför så att flexibiliteten bibehålls så länge som möjligt. Ett effektivt FoU-arbete kräver emellertid definierade mål och avgränsade ramar. Det är därför viktigt att de mest intressanta och realistiska alternativen prioriteras och att den forskning som utförs fortlöpande relateras till de fenomen som har relevans för slutförvarets funktion och säkerhet.

Fram till 1984 var huvudmålet för SKBs forskning att visa att en säker slutförvaring av använt kärnbränsle kan genomföras i Sverige. Insatserna koncentrerades mot en specifik metod. Denna beskrivs i KBS-3 rapporten /4-1/. Säkerhetsredovisningen i KBS-3 bygger på flera pessimistiskt valda förutsättningar. Bristfälligt kända förhållanden och faktorer tillgodoräknas ej om de verkar i gynnsam riktning. Metoder och data har genomgående valts för att ge en beräknad övre gräns för slutförvarets påverkan på biosfären. Säkerhetsredovisningen i KBS-3 innehåller därför betydande säkerhetsmarginaler som då ej var möjliga att kvantifiera.

Ett viktigt mål för det fortsatta FoU-arbetet är att nå ökad kunskap om de verkliga säkerhetsmarginalerna. Ökade kunskaper i detta avseende ger bättre underlag för en optimerad lösning och en anpassning till lokala förhållanden samt en större frihet vid val av slutförvarsplats.

4.2 Utgångspunkter för FoU-arbetet

De olika former av avfall som erhålles från det svens-

ka kärnkraftsprogrammet har redovisats i kapitel 2. Åtgärder för att ta hand om och slutförvara dessa avfallsformer beskrivs i kapitel 3. Flertalet avfallsformer kan man hantera och slutförvara på samma eller likartat sätt som det avfall som skall slutförvaras i SFR.

Använt bränsle och vissa andra former av avfall med stora mängder långlivade radionuklider kräver emellertid en mer kvalificerad slutförvaring. Forskningen är framförallt inriktad på att vidareutveckla metoder för denna mer kvalificerade förvaring. Huvudområdet för forskningen är således slutförvaring av använt kärnbränsle djupt ned i svensk berggrund.

Slutförvarets funktion bygger på ett system av barriärer som förhindrar eller begränsar spridningen av radioaktiva ämnen från slutförvaret. Barriärerna är dels naturliga (geologiska), dels tekniska (kapsel, buffert, avfallsmatrisen). Forskningen rör dessa barriärers egenskaper och samfunktion i syfte att nå fram till optimerat val av barriärsystem och slutförvarsplats. Faktorer som påverkar dessa val och de kunskapsområden och forskningsbehov som berörs framgår av del II i denna rapport.

Slutförvaring av det använda bränslet kan ske på olika sätt. Den metod som beskrivs i KBS-3 rapporten /4-1/ är den i internationellt sammanhang hittills mest genomarbetade. Myndigheter och regering har accepterat den som godtagbar med hänsyn till säkerhet och strålskydd. Denna metod är därför ett referensalternativ för fortsatta studier av andra intressanta alternativ.

Forsknings- och utvecklingsarbete kan uppdelas på följande tre huvudområden:

- Studier av barriärsystemets olika delar. Alternativa utformningar och material.
- Geovetenskapliga undersökningar. Grundläggande studier av geologiska förhållanden och undersökningsmetoder. Rekognosering och undersökningar för val av plats.
- Utveckling av modeller för funktions- och säkerhetsanalyser.

En analys av den forskning och utveckling samt övriga åtgärder som krävs fram till en lokaliseringsansökan redovisas i del II i denna rapport. I rapportens del III redogörs mer i detalj för planerad FoU under sexårsperioden 1987–1992. I anknytning därtill sammanfattas i korthet den viktigaste internationella forskningen som har intresse för det svenska avfallsprogrammet.

I de följande avsnitten i detta kapitel ges en övergripande plan för FoU-arbetet samt en resumé av de viktigaste delarna av innehållet i del II och III. För en allmän beskrivning av slutförvarets säkerhetsmässiga funktion hänvisas till del II kapitel 2.

4.3 Övergripande plan för FoU-arbetet

4.3.1 FoU-program 1984

I anslutning till KBS-3-rapporten redovisades i ett forskningsprogram /4-2/ den ytterligare forskning och utveckling som erfordrades. Programmet innehöll en övergripande tidplan för forskningsarbetet. Denna innebar att grundläggande FoU och översiktliga platsvalsundersökningar skulle genomföras under 1980-talet. Under 1990-talet skulle platsundersökningarna inriktas mot mer detaljerade studier av ett fåtal platser inkluderande schaktsänkning på en eller ett par platser. Vidare skulle forskningen rörande förvarets utformning inriktas mot optimering av systemen. Planeringen innebar även en teknisk säkerhetsvärdering under perioden 1995-2000 med målet att en lokaliseringsansökan skulle föreligga år 2000. Det senare målet gäller även i föreliggande program. Utvecklingen och vunna erfarenheter ger emellertid underlag för en precisering och viss modifiering av de etapper som leder till detta mål.

4.3.2 Program för FoU och övriga åtgärder

I avsnitt 3.5 och Figur 3-7 redovisas en övergripande tidplan för de åtgärder som behöver vidtas för att hantera och förvara radioaktiva restprodukter från

kärnkraftprogrammet. Enligt denna är planerad byggstart för slutförvaret för långlivat avfall och behandlingsstationen för använt bränsle år 2010. I Figur 4-1 visas en översiktlig tidplan för den FoU, teknikutveckling och andra åtgärder som behövs före byggstart.

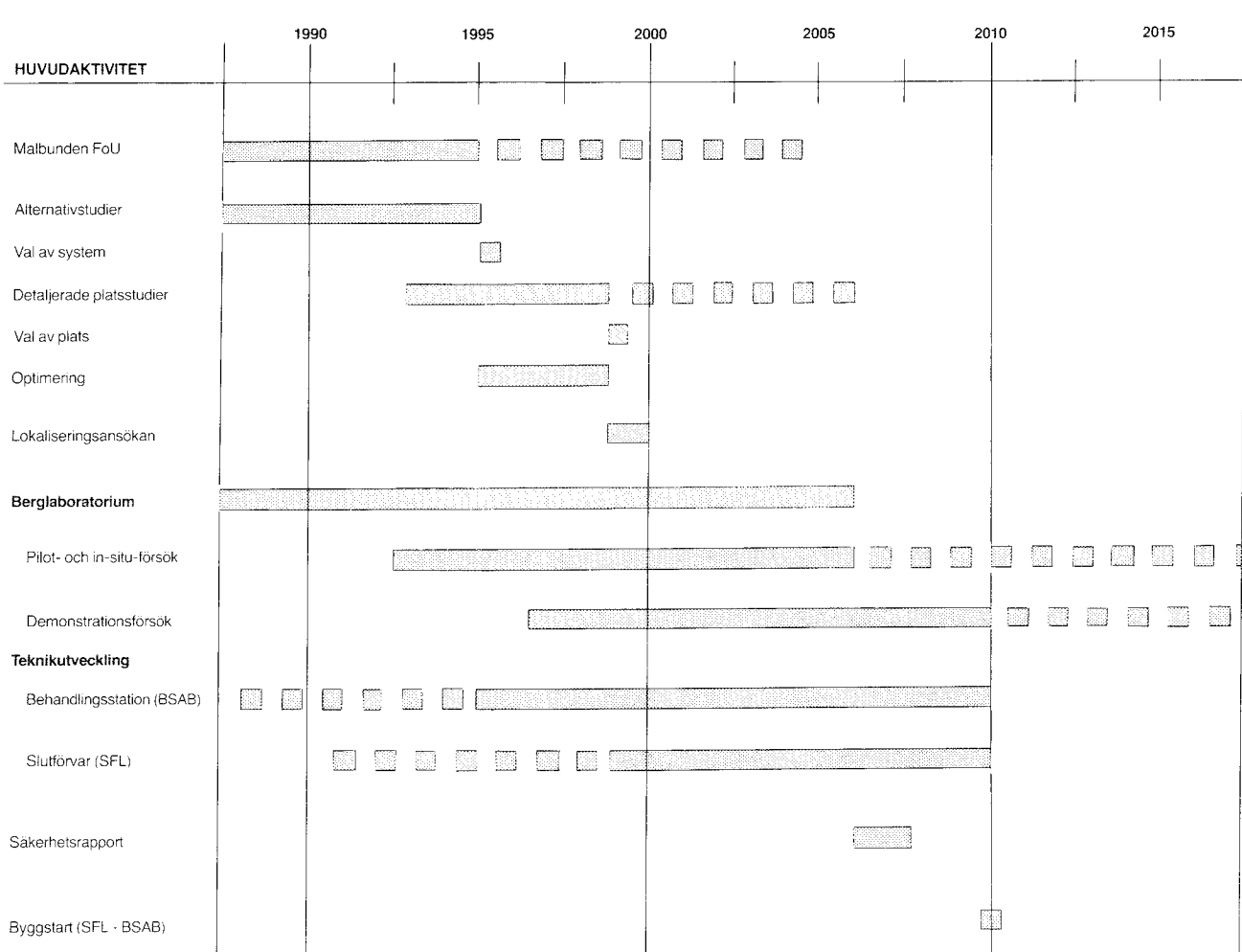
Fram till mitten av 1990-talet drivs en målrelaterad forskning rörande alternativa utformningar av barriärsystemet och de grundläggande fenomen som har betydelse för säkerhet, optimering, system- och platsval. Samtidigt genomförs erforderlig utveckling av analysmodeller.

Parallellt med detta avslutas de översiktliga typområdesundersökningar som pågått sedan slutet av 1970-talet. I början av 1990-talet väljs ett par områden ut för detaljundersökningarna. Dessa bör ej påbörjas senare än 1993 för alla de områden som kan bli aktuella för en lokaliseringsansökan år 2000.

I mitten av 1990-talet sammanfattas studierna av barriärsystem och ett eller möjligen två huvudalternativ väljs som bas för en platsanknuten optimering av slutförvarssystemet. Optimeringen genomförs till 1998, då arbetet med en lokaliseringsansökan för en viss plats startar. Ansökan lämnas in år 2000.

Sammanfattningsvis planeras således val av system i mitten på 1990-talet och slutligt val av plats 1998.

För perioden 2000-2010 förutses tyngdpunkten ligga på teknikutveckling och på demonstration av det



Figur 4-1. Översiktlig tidplan för åtgärder fram till byggstart för slutförvar och behandlingsstation.

valda systemets funktion. Pilotförsök och långsiktiga in-situ-försök bör påbörjas i god tid före år 2000 för att ge underlag för lokaliseringsansökan. Sådana principiella försök bör förläggas till det underjordiska berglaboratorium som presenteras närmare i avsnitt 4.5.4. Större demonstrationsförsök kommer sannolikt senare att utföras antingen i det underjordiska berglaboratoriet eller på den valda slutförvarsplatsen. Utformningen av dessa försök beror av bl a teknikutvecklingen. Vissa demonstrationer och in-situ-försök förutses även under byggskedet.

Forskning och utveckling inom basområden som har betydelse för säkerhet och långtidfunktion kommer att fortsätta även efter mitten av 1990-talet. Omfattningen bedöms dock minska och tonvikten förskjutas mot sådana fenomen som har speciell betydelse för de(t) system som valts som huvudalternativ.

Resultat från fortsatta detaljobservationer på den valda platsen, från försök i det underjordiska berglaboratoriet, från kompletterande basforskning, från demonstrationsförsök samt från pågående teknikutveckling avses bli sammanfattade i en säkerhetsrapport som granskas av myndigheterna före byggstart.

4.4 Studier av barriärsystemet

4.4.1 Alternativa utformningar

I ett slutförvar omges avfallet såsom tidigare nämnts av ett system av barriärer som tillsammans ger den långsiktiga isolering och det skydd som krävs av säkerhetsskäl. Barriärerna är dels naturliga, dels tekniska. De naturliga barriärernas egenskaper bestäms av förhållandena på slutförvarsplatsen. Ett mål för FoU-arbetet är att kunna anpassa (optimera) de tekniska barriärerna och utformningen av slutförvaret till förhållandena på slutförvarsplatsen.

Barriärerna kan varieras på olika sätt genom materialval och utformning. Likaså kan anpassningen till platsen ske utifrån olika grundalternativ. Tar man även hänsyn till att förvarsdjup, bergarter m m kan variera så erhålles ett mycket stort antal möjliga varianter. Ett urval av studerade alternativ måste ske successivt för att man skall få ett överblickbart underlag för en optimal utformning av slutförvaret.

SKB genomför under 1986-87 en funktions- och kostnadsstudie av den sk WP-Cave, vilket är ett exempel på ett från KBS-3 avvikande grundalternativ. Andra intressanta exempel är horisontell placering av kapslarna i fullortsborrade tunnlar (studerat av NAGRA i Schweiz); förvaring i mycket djupa hål som borrar från markytan och pluggas i sin övre del; förvaring i långa tunnlar som leds ut på stort djup i berget under Östersjön m fl.

En systematiserad genomgång av tänkbara alternativ redovisas i en underlagsrapport /4-3/.

Förhållanden av vital betydelse för slutförvarets säkerhet och för valet av barriärsystem är:

- växelverkan mellan grundvatten och avfall,
- växelverkan mellan avfallet och förvarsmiljön i övrigt,

- egenskaper hos material i tekniska barriärer (kapsel och buffert),
- teknik för tillverkning och applicering av tekniska barriärer (kapsel, buffert, tätning av berg m m).

Dessa förhållanden måste klarläggas för samtliga studerade alternativ.

Det fortsatta arbetet mot val av systemlösning för slutförvaret för använt bränsle fokuseras i början och mitten av 1990-talet på ett fåtal utvalda intressanta huvudalternativ.

4.4.2 Tekniska barriärer

I alla aktuella alternativ för slutförvaring i berg ingår följande komponenter:

- Avfallsform (avfallsmatrix).
- Kapsel.
- Buffert- och återfyllningsmaterial.

Avfallsformen – använt bränsle – är given i de huvudalternativ som skall studeras. Studier av använt kärnbränsle i slutförvarsmiljö är därför en mycket viktig del av forskningsprogrammet. Tyngdpunkten ligger på experimentella undersökningar av växelverkan mellan bränsle, grundvatten och de ämnen som kan finnas lösta i grundvatten. Detta arbete har pågått i flera år och beräknas behöva fortgå under lång tid framöver. Forskningen syftar till att mer i detalj kartlägga de kemisk-fysikaliska förlopp som styr utlösningen av radioaktiva ämnen från bränslet. Vid sidan av det experimentella arbetet sker därför även en betydande insats på utveckling av teoretiska modeller. Målet är att i mitten av 1990-talet ha en modell som kan beskriva bränsleupplösningens förlopp och användas vid en optimering av barriärsystemet. Studien av använt bränsle genomförs i nära kontakt med motsvarande arbeten i andra länder, främst Kanada och USA. Övriga större kärnkraftländer har upparbetning av det använda bränslet som förstahandsalternativ och följaktligen sin forskning koncentrerad mot förglasat högaktivt avfall från sådan upparbetning.

En betydande svensk insats på förglasat avfall har gjorts under flera år. Detta arbete bedrivs inom det sk JSS-projektet (JSS - Japan-Schweiz-Sverige). Inom detta studeras bl a högaktivt glas från Frankrike. En viktig del av arbetet är utveckling och verifiering av en matematisk modell. Detta arbete väntas ge god vägledning för arbetet på en motsvarande modell för använt bränsle. JSS-projektet planeras avslutat i och med utgången av 1987. Eftersom en mycket stor del av avfallsforskningen internationellt sett koncentreras på denna avfallsform är det dock angeläget med en viss fortsatt uppföljning från svensk sida. Se vidare avsnitt 2.3, 7.5 och 7.7 i del III.

Vid slutförvaring av använt bränsle måste detta inneslutas i en kapsel. Denna kan ha olika funktioner alltifrån ett enkelt hanteringsskydd till långvarig inneslutning och/eller fullgod strålskärning. De kapselutformningar som studeras i Sverige har främst syftat till att välja material och godstjocklek så att en mycket långvarig inneslutning erhålles. I anslutning

därtill har tillverkningstekniken studerats för vissa keramikpöslar och för pöslar av relativt tjockväggig koppar. I andra länder (Schweiz, USA, Västtyskland m fl) har man studerat pöslar av material med kortare korrosionslivslängd, framförallt pöslar av stål.

Det fortsatta arbetet på kapselmateriäl inriktas på att komplettera existerande underlag så att ett val av system kan ske i mitten på 1990-talet. En förnyad inventering av tänkbara materiäl kommer att genomföras under de närmaste två åren.

För koppar sker kompletteringar framförallt för att få bättre kunskaper om gropfrätning och för att utveckla tekniken för svetsning av tjockt gods.

Den viktigaste frågan att klarställa för keramiska kapselmateriäl (Al_2O_3 ; TiO_2 m fl) är risken för s k fördröjt brott. Denna fråga måste få ett tillfredsställande svar innan man kan välja ett keramiskt materiäl som huvudalternativ för en långtidsbeständig kapsel.

Undersökningar inom SKBs program har nyligen påbörjats av stål som kapselmateriäl. Arbetena anknyter till studier som tidigare drivits av organisationer i andra länder och av SKN. I första hand studeras lokal korrosion av stål. Vid NAGRA i Schweiz undersöks spänningskorrosion. Genom bilateralt avtal mellan NAGRA och SKB sker ett utbyte av resultat från respektive undersökningar.

Livslängden hos en stålkapsel bedöms i bästa fall till något tusental år i den miljö som kan förväntas i ett slutförvar. Detta är väsentligt kortare förväntad livslängd än för t ex koppar eller vissa keramiska materiäl. Den är dock tillräcklig för att isolera avfallet under den tidsperiod då man har förhöjd temperatur från restvärmet i det använda bränslet. Valet av kapselmateriäl blir således i viss mån beroende av hur länge man behöver den redundans i systemet som en intakt kapsel innebär. Detta beror i sin tur på hur bra data och kunskap man har om de övriga barriärerna. Se vidare avsnitt 2.4 i del III.

Återfyllningsmaterialet och buffertmaterialets funktion antyds av namnet. Materialet skall fungera dels som mekaniskt skydd eller stöd för avfallspaketen, dels som en kemisk och mekanisk buffert och dels som ett strömningshinder för grundvattnet. Insatserna har hittills inriktats på bentonit och blandningar av sand och bentonit som buffertmateriäl. Detta gäller såväl KBS-utförningarna som SFR och andra svenska studier. Vidare har i alla dessa tillämpningar förutsetts en relativt låg temperatur (max 80°C) på bentonitmaterialet.

I det fortsatta arbetet studeras framförallt möjligheten att gå till högre temperaturer, andra tänkbara lermateriäl och möjligheterna till kemisk konditionering av bufferten. Målet är även här att i mitten av 1990-talet ha erforderligt underlag för val av materiäl och systemoptimering. Se vidare avsnitt 2.5 i del III.

4.5 Geovetenskapliga undersökningar

Forskningen och utvecklingsarbetet på det geovetenskapliga fältet inriktas mot följande kunskapsområ-

den som är centrala för utformning, säkerhetsanalys och platsval:

- Grundvattenrörelser i berget.
- Bergets stabilitet.
- Undersökningar av typområden.
- Radionuklidtransport i berget.

För att i fält bestämma representativa och tillförlitliga data om berggrunden krävs även en fortlöpande utveckling av mätmetoder och instrument. De geologiska undersökningarna inriktas dels på områden som är representativa för tänkbara slutförvarplatser i dels på detaljerade undersökningar av de områden som blir kandidater vid det slutliga valet av plats för lokaliseringsansökan. Kapitel 4 i del II ger en analys av de geovetenskapliga faktorernas betydelse för valet av slutförvarssystem. I de följande avsnitten sammanfattas de planerade insatserna inom områdena grundvattenrörelser, bergets stabilitet och typområdesundersökningar. Vidare presenteras planerna på ett underjordiskt berglaboratorium och planeringen inför val av plats för slutförvaret. Radionuklidtransport och andra geokemifrågor behandlas under avsnittet 4.6.

4.5.1 Grundvattenrörelser

Kunskaper om grundvattenrörelser i berggrunden är av väsentlig betydelse för analysen av slutförvarets säkerhet. De modeller som använts i hittills utförda analyser är förenklade och baserade på begränsade data. Man har därför använt mycket försiktiga antaganden i säkerhetsanalysen. Det fortsatta FoU-arbetet syftar till att vidareutveckla teorier och modeller som beskriver grundvattenrörelserna, att bestämma erforderliga data samt att validera modellerna mot försök och mätdata.

Fältstudier av betydelse för förståelsen av grundvattenströmning bedrivs framförallt inom följande projekt.

I det internationella Stripa-projektet ingår omfattande geohydrologiska arbeten som syftar till metodutveckling. Projektet som startade 1980 har genomförts i flera faser. I fas 3 som börjar sommaren 1986 och avslutas 1991 ingår ett större integrerat geohydrologiskt försök där man skall studera en orörd volym (125 x 125 x 50 m) av Stripa-berget. Vid försöket tillämpas de metoder och erfarenheter som utvecklats vid tidigare arbeten. Parallellt sker inom projektet modellutveckling och prediktiva beräkningar. Se vidare avsnitt 7.3 i del III.

Kanadensiska AECL i samarbete med energidepartementet i USA genomför omfattande geohydrologiska och andra studier vid URL (Underground Research Laboratory) i Manitoba. I arbetet ingår schakt-sänkning till 455 m djup i en berggrund som liknar den svenska. SKB har preliminärt överenskommit med kanadensarna om en medverkan i URL. Studierna vid URL kompletterar de inhemska arbeten som pågår och planeras. De kommer även att ge ett viktigt underlag för planeringen av det fortsatta arbetet i Sverige. SKBs deltagande i URL planeras pågå under tidsperioden 1986-1991.

I ett "Sprickzonsprojekt" som påbörjades av SKB 1984 studeras de geohydrologiska egenskaperna hos sprickzoner. Vid säkerhetsanalysen för KBS-3 antogs försiktigtvis att grundvattenströmningen i sprickzonerna är mycket snabb och att radioaktiva ämnen ej fördröjs i sprickzoner som kan omge förvaret. Tillgängliga data visar att detta i många fall är ett mycket pessimistiskt antagande. I sprickzonsprojektet studeras dels en zon vid Finnsjön och dels en zon på Ävrö. Vidare samlas data från ett antal pågående tunnelbyggen som genomkorsar olika typer av sprickzoner. Sprickzonsprojektet beräknas vara genomfört i nu planerad omfattning till 1989. Se vidare avsnitt 3.1 i del III.

Relativt omfattande insamling av geohydrologiska data har skett vid SFR. Observationerna där planeras fortgå.

I anslutning till de ovan angivna fältförsöken sker en fortsatt utveckling av matematiska modeller för beräkning av grundvattenströmning. Modellerna prövas mot data från fältmätningarna. Dessa avser dock endast vissa begränsade och i vissa avseenden specifika bergpartier. För prövning av modellerna i större skala krävs data från ett område som är opåverkat av annan verksamhet som kan störa grundvattenströmningen.

4.5.2 Bergets stabilitet

I ett långsiktigt perspektiv är förvarets säkerhet beroende av den omgivande berggrundens stabilitet. Tolkningen av mekanismer och jämförelsen mellan seismiskt aktiva och lugna områden underlättas om förståelsen för storskaliga mekanismer kan ökas.

Väsentliga frågor är i vilken grad jordbävningar, istider m m kan leda till ny sprickbildning och om de geologiska processerna på ett avgörande sätt kan förändra grundvattensituationen kring ett förvar.

Studier av frågor rörande berggrundstabilitet sker inom ramen för ett projekt "Bergets stabilitet" som startade 1985 och som i huvudsak planeras avslutat till 1989. Projektet omfattar bl a fältstudier av seismologi, bergmekanik m m, i ett område vid en zon där relativt stora rörelser förekommit efter senaste istiden, s k neotektoniska rörelser. Zonen är belägen nära Lansjärv i Norrbottens län. Se vidare avsnitt 3.2 i del III.

4.5.3 Typområdesundersökningar

Geologiska undersökningar i olika omfattning har hittills genomförts på sammanlagt 14 områden – se Figur 4-2. Relativt omfattande undersökningar har utförts på åtta sk typområden. Begränsade ytundersökningar och i vissa fall även begränsade borrhningar har utförts på ytterligare sex områden. På basis av detta underlag samt övriga förstudier och rekognoserings kan man konstatera att det finns goda möjligheter att lokalisera områden i Sverige som har de geologiska förutsättningarna för anläggning av ett säkert slutförvar.

Berggrunden i de typområden där mer omfattande undersökningar utförts består av gnejsiga eller granitiska bergarter. Det underlag som idag finns tillgängligt beträffande denna typ av bergarter bedöms i nuvaran-

Påbörjad år	Plats för omfattande undersökningar	Plats för begränsade undersökningar
1977	Finnsjön	Forsmark
	Kråkemåla	Ävrö
	Sternö	
1980		Kynnefjäll
1981	Svartboberget	Taavinunnanen (Gabbro)
1982	Fjällveden	Gallejaure (Gabbro)
	Gideå	
	Kamlunge	
1983	Klipperås	Bjulebo

Figur 4-2. Typområdesundersökningar – kort historik.

de skede vara tillräckligt för en jämförelse mellan olika områden och en bedömning av förekommande variationer. Det är däremot väl motiverat att komplettera befintligt underlag genom speciella, fördjupande undersökningar på något eller några av de redan undersökta typområdena, som är geologiskt väl kända. Omfattningen av dessa kompletteringar kommer att definieras i en särskild studie, som genomförs under 1986-87. Undersökning av ytterligare områden i gnejs/granit enligt nuvarande standardprogram kan f n inte väntas ge annat än ett marginellt kunskapsstillskott.

Bland de andra bergarter i Sverige, som förutom gnejs och granit har diskuterats som alternativ för förläggning av ett slutförvar, är det i första hand gabbro som väckt intresse. Fördelarna med gabbro skulle eventuellt vara dess geohydrologiska och geokemiska egenskaper. En nackdel kan vara den sämre värmeledningsförmågan. De undersökningar som hittills gjorts i gabbro är dock otillräckliga för att bedöma om gabbro skulle vara ett gynnsamt alternativ.

För att till fullo utvärdera basiska bergarter bl a gabbro krävs ytterligare undersökningar. Borrhningar på ett gabbro-område inleddes hösten 1985 vid Kolsjön i Uppland bl a med motivet att uppfylla kärntekniklagens krav på allsidighet även i detta geologiska avseende. Undersökningarna fick emellertid avbrytas p g a protester.

I samband med den utvärdering av tidigare resultat och vunnna erfarenheter som legat till grund för detta forskningsprogram har även frågan om gabbroundersökningar prövats. Gjorda undersökningar och allmänna erfarenheter av gabbro visar att det torde vara förhållandevis svårt att finna tillräckligt stora homogena formationer bland de i jämförelse med gnejs eller granit sparsamt förekommande gabbromassiven. Som tidigare framhållits finns det å andra sidan många

platser i Sverige med gnejs/granit där en slutförvaring är fullt möjlig. Nyttan av ytterligare kunskap om gabbro bedöms som marginell och ytterligare undersökningar av denna bergart är inte en nödvändig förutsättning för genomförandet av slutförvaringen.

Slutsatsen är att det bedöms som rationellt att koncentrera de fortsatta geologiska studierna på gnejs och granit. Dessa bergarter är tillräckligt bra och ur allmän synpunkt de mest sannolika för lokalisering av ett slutförvar.

Se även avsnitt 3.3 i del III.

4.5.4 Underjordiskt berglaboratorium

Det planerade FoU-arbetet skall ha en hög kvalitet, balanserad omfattning och genomföras i effektiva former. Dessa krav har utvärderats på basis av de erfarenheter som vunnits från de geologiska fältundersökningarna, från Stripa-projektet, från SFR-projektet och i övrigt från speciellt de geohydrologiska studierna. En sammanvägning av fakta, krav och värderingar tyder klart på behovet av att inleda mer detaljerade och omfattande undersökningar. Platsen för dessa bör ha lämpliga geologiska förutsättningar och geologiskt ostörda förhållanden. För att tillgodose bl a detta behov planeras ett underjordiskt berglaboratorium. Syftet med detta skall vara att:

- Ge en bas för utveckling och utprovning av de detaljerade undersökningsmetoder som skall användas vid detaljerade platsundersökningar på 1990-talet.
- Detaljstudera grundvattenströmning inom ett större bergområde (än vad som studeras i Stripa) och hur denna påverkas av schaktsänkning eller tunneldrivning.
- Utgöra en plats för geovetenskapliga undersökningar och experiment.
- Ge möjlighet till försök med nuklidtransport (med grundvattnet) inom väl karakteriserade och representativa områden.
- Ge möjlighet till pilotförsök med vissa systemkomponenter eller viss utrustning.
- Ge möjlighet till sk in-situ-försök för studier (under relativt lång tid) av samfunktion av delar av ett förvarssystem.
- Ge möjlighet till storskaliga demonstrationsförsök.
- Kunna prova anläggningsteknik eller utförandeteknik för slutförvar.
- Utgöra en väl karakteriserad referensplats för studier av olika förvarsalternativ.

Vissa av dessa syften tillgodoses redan under förundersöknings- och byggnadsfasen. De data som då kommer fram ger underlag för validering och vidareutveckling av matematiska modeller för bl a grundvattenströmning. De ger även en validering av använda förundersökningsmetoder eller underlag för förbättring av dessa. Andra syften blir aktuella först då berglaboratoriet står färdigt.

Det underjordiska berglaboratoriet bör vara tillgängligt när Stripa fas 3 avslutas, dvs i början av 1990-talet. Detta innebär att förberedelsearbetet bör starta omgående. Såsom framgår av Figur 4-1 kommer verksamhet vid stationen sannolikt att pågå under en

period på minst femton år. Erfarenheter från Stripa, URL och SFR bör beaktas vid planering, förundersökningar och utformning.

Ett underjordiskt berglaboratorium bör förläggas till en plats med lämplig geologi och där en befintlig infrastruktur och viss service är tillgänglig. I första hand skall lämpligheten vid något av kärnkraftlägena och främst Simpevarp vid Oskarshamnsverket undersökas.

Förundersökningar för och etablering av ett berglaboratorium planeras ske i etapper. Den första etappen, som avses starta i början av 1987, omfattar förstudier och undersökningar från ytan. Syftet är att få en uppfattning om de möjligheter som geologin erbjuder för inrättandet av ett underjordiskt berglaboratorium. Man skall även få underlag för placeringen av ett schakt eller en nedfartstunnel. Efter en utvärdering och prövning genomförs detaljundersökningar från ytan och i borrhål samt därefter schaktsänkning (eller tunneldrivning). Den sista etappen innefattar etablering av berglaboratoriet och undersökningar från orter (tunnlar) som byggts ut efter hand. Den sista etappen beräknas starta tidigt under 1990-talet. Ytterligare undersökningar och planering erfordras innan denna tidpunkt kan fastställas.

Vid byggande och drift av det underjordiska berglaboratoriet utvecklas och utprovas den detaljundersökningsteknik som senare skall användas på de platser som kan bli aktuella för slutförvaret.

Se även avsnitt 3.4 i del III.

4.5.5 Val av plats för slutförvaret

Innan en plats väljs för förläggning av slutförvaret krävs mer detaljerade geologiska undersökningar än vad som hittills genomförts på typområdena. Först på basis av sådana undersökningar kan man få det underlag som behövs för en platsanknuten optimering av slutförvaret och framtagande av en lokaliseringsansökan.

Detaljundersökningar bör utföras på två områden under 1990-talet. Undersökningarna bör täcka en period av minst fem år och vara slutförda senast 1998 för att ge underlag för slutligt val av plats för slutförvar. Undersökningarna vid denna plats kommer därefter att fortsätta under ytterligare ett antal år.

Innan ett område väljs för detaljundersökning bör en översiktlig geologisk undersökning motsvarande en typområdesundersökning vara genomförd. Detta innebär att undersökningar på eventuellt nya områden planeras ske senast under perioden 1990-1992.

Underlag för val av områden för detaljundersökningar blir dels de typområdesundersökningar som har genomförts de senaste tio åren och dels de inventeringar och rekognoseringar som SKB låtit genomföra. De senare slutförs under perioden 1986-1989. Om förhållandena visar sig lämpliga kan platsen för berglaboratoriet vara ett av de områden som väljs för detaljundersökningar. De erfarenheter som inhämtas vid etableringen av berglaboratoriet får stor betydelse för valet av områden för detaljundersökningar.

En utförligare redovisning av platsvalsprocessen ges i del II.

4.6 Kemi

Transport av radioaktiva ämnen från avfallet till biosfären via grundvattnet är den mest betydelsefulla transportmekanismen. Minst lika viktiga för säkerheten som grundvattenrörelserna är därför de kemiska förhållanden som styr detta förlopp. De kemiska förhållandena har också avgörande betydelse för eventuell korrosion av kapselmateriäl. Fortsatta studier av kemifrågor är därför en viktig del av FoU-arbetet. Kemifrågorna berör alla delar av barriärsystemet, såväl de tekniska som de naturliga barriärerna och deras funktion.

Kemiprogrammet omfattar ett stort antal undersökningar med det gemensamma målet att kunna beskriva utläckage och spridning av radioaktiva ämnen från förvaret till berget och biosfären. En uppdelning har gjorts på följande områden:

- Geokemi; framförallt grundvattenkemi.
- Radionuklidkemi; särskilt för ur säkerhetssynpunkt viktiga nuklider.
- Kemisk transport (av radionuklider, korrosiva ämnen, radiolysprodukter, gaser m m).
- Validering av kemiska transportmodeller.

Områdena geokemi och radionuklidkemi avser i huvudsak insamling av relevanta kunskaper och data för inaktiva resp aktiva ämnen, som är lösta eller kan lösas i grundvattnet. Området kemisk transport avser utveckling av modeller som kvantitativt beskriver transporten. Validering av dessa modeller sker genom försök in-situ eller i laboratorium samt genom jämförelser med naturliga analogier.

Kapitel 2 del II och kapitel 5 del III ger en utförlig redovisning av de fenomen som är viktiga att beskriva och kvantifiera samt av planerad FoU för den närmaste sexårsperioden. I det följande nämns endast ett par av de större projekten.

För att studera hur radioaktiva ämnen transporteras med grundvatten utförs olika försök med sk spårämnen. Försöken ger grundläggande kunskaper om vattenflöden i sprickor och om kemisk växelverkan mellan upplösta ämnen och sprick- eller bergmineral. Sådana försök har utförts och pågår inom Stripa-projektet. Ytterligare försök planeras dels i Stripa-projektets fas 3 och dels inom ramen för sprickzonundersökningarna. I ett senare skede blir spårämnesförsök även aktuella vid det i avsnitt 4.5.4 beskrivna underjordiska berglaboratoriet.

De försök som görs i fält och i laboratorium kan av naturliga skäl ske endast i relativt kort tidsskala och resultaten kan därför inte användas för att validera beräkningsmodeller för radionuklidtransport i den längre tidsskala som är aktuell ur slutförvarssynpunkt. För att få data som är mer representativa för denna längre tidsskala studeras sk naturliga analogier. Sådana är t ex transport av naturligt förekommande radioaktiva ämnen. SKB deltar bl a tillsammans med NAGRA i Schweiz och miljödepartementet i Storbritannien i en studie av en uranmineralisering och en toriummineralisering (med mycket höga halter av uran resp torium) vid Poços de Caldas i Brasilien. Detta projekt startade 1986 och planeras pågå under

en tre-årsperiod. Ytterligare studier av liknande naturliga analogier pågår eller planeras.

4.7 Analysmodeller och databas

De kunskaper och data som kommer fram under FoU-arbetet skall efter systematisering kopplas till teorier och modeller. Dessa modeller ger en matematisk beskrivning av olika förhållanden och förlopp och är nödvändiga verktyg för analys och optimering av slutförvarssystemet samt för att beskriva långtidseffekten. Arbetet med framtagning av sådana modeller bedrivs fortlöpande i anknytning till det experimentella arbetet i laboratorier och i fält. Nämnas bör i första hand modeller för grundvattenströmning i sprickigt berg, för nuklidtransport i närområdet, berget och biosfären samt integrerade system av modeller för funktions- och säkerhetsanalyser.

Några modeller har kortfattat berörts i tidigare avsnitt. En utförligare presentation av utvecklingen av modeller för analys av det totala systemet för slutförvaring finns i kapitel 6 del III.

Forskningsarbetet genererar en mycket stor mängd data från skilda fält. För att systematisera dessa data och göra dem någorlunda lättillgängliga för alla användare har SKB startat uppbyggnaden av ett särskilt databassystem. I första hand dokumenteras data från de geologiska fältundersökningarna, men systemet kommer efter hand att utvidgas och kompletteras med data från andra områden. Det beräknas att geodatabasen kommer i drift under slutet av 1986 och att andra data successivt tillförs under de kommande åren. Till databasen utvecklas efter hand och allt efter behov program för statistisk eller annan bearbetning och analys av data.

4.8 Övriga FoU-områden

FoU-programmet innehåller också vissa insatser på områden som ej har nämnts i de föregående avsnitten.

De geovetenskapliga fältundersökningarna genererar betydande erfarenheter och nya idéer för förbättrade mätmetoder. Detta är basen för en fortlöpande insats på instrumentutveckling såväl i fråga om nya instrument som förbättring av gamla instrument. Denna utveckling är vital om man skall få den kvalitet på data för berget som krävs för att förbättra den kvantitativa förståelsen av för säkerheten viktiga fenomen. Arbetet genomförs dels inom Stripa-projektet där nya metoder provas, dels som SKB-projekt där fältmässiga instrument och datainsamlingssystem utvecklas. I första hand avser kommande utveckling de instrument som behövs för detaljundersökningar. Se vidare avsnitt 3.5 i del III.

En fortsatt utveckling och komplettering planeras av de modeller och data som behövs för beräkning av radionuklidtransport i biosfären. Vidare förutses utveckling av sk scenarioanalys och av acceptanskriterier. Särskilt det senare ämnet är främst ett område för

de ansvariga myndigheterna. En omfattande utveckling förutses ske under de kommande åren och denna kräver viss medverkan även från SKBs sida. Se vidare kapitel 4 och 6 i del III.

4.9 Internationellt samarbete

En gemensam internationell syn på de grundläggande vetenskapliga frågorna rörande säkerhet vid hantering och slutförvaring av kärnavfall har stort värde.

Utvecklingen inom kärnavfallsområdet sker därför i stor utsträckning i internationell samverkan och växelverkan. SKB är engagerat i detta arbete på många sätt. Några av dem framgår delvis av den tidigare redogörelsen i detta kapitel. SKBs tidiga start med studier av slutförvaring har givit arbetet en internationellt framskjuten plats. Detta har givit SKB goda möjligheter till nära samarbete med parallellorganisationer i andra länder. En sammanfattning av viktiga program i andra länder samt av SKBs internationella FoU-engagemang redovisas i kapitel 7 i del III.

4.10 Programmets genomförande

Programmet kommer att genomföras under ledning av SKB, som svarar för planering, initiering och koordinering av arbetet. FoU-arbetet utförs i huvudsak genom uppdrag till forskningsinstitutioner vid universitet och högskolor, till industrier, konsulter eller andra svenska och utländska grupper med erforderlig kompetens. SKB svarar fortlöpande för dokumentation och sammanställning av resultaten samt för tillämpningen av dessa.

Uppläggningsen av större projekt, samt resultat och tillämpning av dessa, diskuteras i referensgrupper där utomstående specialister ingår. Resultaten rapporteras fortlöpande i SKB Tekniska rapporter, i vetenskapliga tidskrifter och vid internationella konferenser och seminarier. Härigenom erhålles en prövning och granskning av den vetenskapliga kvaliteten på arbetet.

Säkerhet, funktion, genomförbarhet och utvecklingspotential analyseras fortlöpande för olika alternativa systemlösningar i samfunktionsanalysgrupper. Dessa består av personer såväl från SKB som från engagerade konsulter.

Arbetet i referens- och samfunktionsanalysgrupper, samt prövningen och granskningen av FoU-arbetets resultat, ger underlag för en fortlöpande styrning av arbetsinriktningen. En successiv förändring av prioriteringarna mellan olika studerade alternativ förutses på basis av sålunda framkomna resultat.

Kostnaden för programmets genomförande beräknas till totalt ca 600 Mkr under de sex åren 1987–92, varav ca 175 Mkr är kostnad för det underjordiska berglaboratoriet.

FoU-arbetet finansieras med medel ur de fonder, som byggs upp genom en särskild avgift på kärnkraftproduktionen. Fonderna förvaltas av Statens Kärnbränslenämnd, som också utbetalar medel till SKB.

SKB kommer fortlöpande att informera allmänheten, myndigheter och andra berörda om planer, pågående arbeten och resultat från den verksamhet som föranleds av forskningsprogrammet.

REFERENSER

- 1-1 Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall.**
Betänkande av AKA-utredningen.
SOU 1976:30 Del 1.
SOU 1976:31 Del 2.
SOU 1976:41 Bilaga.
- 1-2 Kärnbränslecykelns slutsteg.**
Förglasat avfall från upparbetning.
Del I-V.
Kärnbränslesäkerhet, KBS, november 1977.
- 1-3 Kärnbränslecykelns slutsteg.**
Slutförvaring av använt kärnbränsle.
Del I-II.
Kärnbränslesäkerhet, KBS, september 1978.
- 1-4 Lag om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m, SFS 1981:669.**
- 1-5 Kärnbränslecykelns slutsteg.**
Använt kärnbränsle KBS-3.
Del I-IV. SKBF/KBS maj 1983.
- 1-6 Lag om kärnteknisk verksamhet, SFS 1984:3.**
- 1-7 Kärnbränslecykelns slutsteg.**
Använt kärnbränsle – KBS-3.
Program för forskning och utveckling.
SKBF februari 1984.
- 1-8 Annual Research and Development Report 1984.**
SKB Technical Report 85-01, June 1985.
- 1-9 SKB Annual Report 1985.**
SKB Technical Report 85-20, May 1986.
- 2-1 Samma som ref 1-5.**
- 2-2 LÖNNERBERG B et al.:**
”Encapsulation and handling of spent nuclear fuel for final disposal.”
SKB/KBS Technical Report 83-20, May 1983.
- 2-3 PETTERSSON S and HEDMAN T:**
”Managing power station wastes.”
Nuclear Engineering International, Dec 1985.
- 2-4 Kärnkraftens slutsteg PLAN 86.**
Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter.
SKB juni 1986.
- 3-1 Samma som ref 2-4.**
- 3-2 SKN PLAN 85 och förslag till avgift för år 1986.**
Statens Kärnbränslenämnd, Oktober 1985.
- 3-3 Kärnkraftens slutsteg, PLAN 82.**
Plan för kärnkraftens radioaktiva restprodukter.
Del 1-2. SKBF juni 1982.
- 3-4 Slutförvar för reaktoravfall.**
Preliminär säkerhetsrapport.
SKBF mars 1982.
- 3-5 Centralt Lager för Använt Bränsle.**
Slutlig säkerhetsrapport.
SKB 1985.
- 3-6 Transportsystem för använt bränsle.**
Slutlig säkerhetsrapport.
SKBF mars 1982.
- 3-7 Samma som ref 1-5.**
- 3-8 Kärnkraftens slutsteg.**
Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle. Konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader.
SKB december 1985.
- 3-9 Kärnkraftens Slutsteg.**
Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk.
SKB maj 1986.
- 4-1 Samma som ref 1-5.**
- 4-2 Samma som ref 1-7.**
- 4-3 Kärnkraftavfallets Behandling och Slutförvaring.**
Alternativa slutförvaringsmetoder.
Underlagsrapport till FoU-program-86.
SKB september 1986.

BILAGA

Kort översikt över vissa legala krav på kärnkraftföretagen ifråga om kärnavfallshanteringen.

Regering och riksdag har i olika sammanhang formulerat samhällets krav på ansvarstagande från kärnkraftverksägarna för hanteringen av kärnavfallet. I det följande ges ett kort sammandrag av de viktigaste bestämmelserna i lagar, förordningar m m, som har betydelse för FoU-programmet.

Lagen om kärnteknisk verksamhet (SFS 1984:3) innehåller de föreskrifter som reglerar kärnkraftverksägarnas skyldigheter, med avseende på hantering och slutförvaring av radioaktivt avfall. Skyldigheterna framgår av lagens 10-12 §:

”Allmänna skyldigheter för tillståndshavare

10 § Den som har tillstånd till kärnteknisk verksamhet skall svara för att de åtgärder vidtas som behövs för

1. att med hänsyn till verksamhetens art och de förhållanden under vilka den bedrivs upprätthålla säkerheten.
2. att på ett säkert sätt hantera och slutförvara i verksamheten uppkommet kärnavfall eller däri uppkommet kärnämne som inte används på nytt, och
3. att på ett säkert sätt avveckla och riva anläggningar i vilka verksamheten inte längre skall bedrivas.

11 § Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftsreaktor skall, utöver vad som sägs i 10 §, svara för att den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamheten bedrivs som behövs för att vad som föreskrivits i 10 § 2 och 3 skall kunna fullgöras.

12 § Den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftsreaktor skall i samråd med övriga reaktorinnehavare upprätta eller låta upprätta ett program för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som anges i 10 § 2 och 3 och 11 §. Programmet skall dels innehålla en översikt över samtliga åtgärder som kan bli behövliga, dels närmare ange de åtgärder som avses bli vidtagna inom en tidrymd om minst sex år. Programmet skall med början år 1986 vart tredje år insändas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer för att granskas och utvärderas.”

Av 11-12 §§ framgår att forsknings- och utvecklingsverksamheten skall vara allsidig. Detta innebär dels att verksamheten måste vara heltäckande, dvs avse alla led i kedjan, dels även omfatta redovisning och uppföljning av alternativa metoder. I *specialmotiveringen till lagen* (prop 1983/84:60) anges att syftet med bestämmelsen om allsidighet

”är att någon bindning till en viss från början bestämd hanterings- och förvaringsmetod inte skall ske förrän man fått tillräckliga kunskaper för att kunna överblicka och bedöma föreliggande säkerhets- och strålskyddsproblem. Frankommer under det fortsatta arbetet en ny och bättre metod bör i stället denna väljas”.

I *förordning om kärnteknisk verksamhet* (SFS 1984:14) anges följande bestämmelser i 25-26 §§:

”25 § Det program som avses i 12 § lagen (1984:3) om kärnteknisk verksamhet skall senast under september månad vart tredje år med början år 1986 insändas till nämnden för hantering av använt kärnbränsle för att granskas och utvärderas.

26 § Nämnden för hantering av använt kärnbränsle skall senast sex månader efter den tidpunkt som anges i 25 § med eget yttrande över det program som där avses överlämna handlingarna i ärendet till regeringen.

Yttrandet skall innehålla en granskning och utvärdering av programmet i fråga om

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

Den forskningsplan som redovisas skall således även innehålla en redovisning av uppnådda resultat.

De *tillstånd för Forsmark 3 och Oskarshamn 3*, som lämnades i juni 1984, innehåller vissa föreskrifter av betydelse för FoU-programmet för använt kärnbränsle. Sålunda anges i tillstånden:

”Vid remissbehandlingen av ansöknings- och expertgranskningen av KBS-3-utredningen har metoden i sin helhet i allt väsentligt befunnits kunna godtas med hänsyn till säkerhet och strålskydd. Vissa påpekanden har dock gjorts i fråga om enskildheter.

Vidare har vid remissbehandlingen av programmet för forsknings- och utvecklingsverksamhet detta befunnits svara mot de i 6 § andra stycket 2 kärntekniklagen uppställda kraven.”

samt vidare:

”Regeringen erinrar om skyldigheten enligt 11 § kärntekniklagen för den som har tillstånd att inneha eller driva en kärnkraftsreaktor att svara för att den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamheten bedrivs som behövs bl a för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara i verksamheten uppkommet kärnavfall m m. Regeringen föreskriver att det program som enligt 12 § kärntekniklagen skall lämnas in år 1986 skall omfatta även en redovisning av den forsknings- och utvecklingsverksamhet som bedrivits i fråga om KBS-3-metoden samt hur de synpunkter och påpekanden som framförts vid remissbehandlingen och expertgranskningen har beaktats och avses bli beaktade.

Regeringen erinrar om att slutlig ställning i fråga om hanteringsmetod för använt kärnbränsle kommer att tas först sedan erfarenheter vunnits och slutsatser kunnat dras från den kunskap och förbättrade teknik som svenskt och internationellt utvecklingsarbete ger.”

Statens syn på FoU-programmet har ytterligare utvecklats i de *"riktlinjer för 1986 års granskning av åtgärdsprogram i fråga om använt kärnbränsle m m*" som regeringen utfärdade 1985-12-12. Av dessa riktlinjer framgår bl a *"Under sexårsperioden (1987-1992) torde den nu pågående etappen av berggrundsundersökningar – som alltså är av grundläggande teknisk-vetenskaplig natur och inte syftar till platsval – slutföras och förberedelser göras för följande faser av fältundersökningar. Den nu pågående fasen, som hör 80-talet till, får inte innebära bindningar i fråga om metoder eller lokalisering för framtida slutförvar. Av yttrandet bör framgå vilka ytterligare berggrundsundersökningar, som avses genomföras under 1980-talet och vilka platser som berörs.*

I nästa etapp, dvs i huvudsak under 1990-talet, får man räkna med att fortsatta platsundersökningar även kommer att bli underlag för det successiva urvalet av lämpliga platser för framtida slutförvar. I yttrandet över forsknings- och utvecklingsprogrammet i denna del bör ingå förslag till ett samlat program för

fortsatta provborrningar och vidgade platsundersökningar, som bygger på de resultat som erhållits under nuvarande provborrningar. I granskningsyttrandet bör belysas en ändamålsenlig ordning för hur statsmakterna på grundval av vunna erfarenheter, resultat från berggrundsundersökningarna och andra delar av forsknings- och utvecklingsprogrammet, m m skall fatta beslut i platsvalsfrågor. Vidare bör förslag läggas fram om hur information på berörda orter skall ordnas och vem som bör svara för den."

Såsom framgår av texten är de nyss nämnda riktlinjerna främst ställda till Statens Kärnbränslenämnd, som skall svara för granskningen av FoU-programmet. Vid utarbetandet av detta har emellertid regeringens riktlinjer beaktas.

