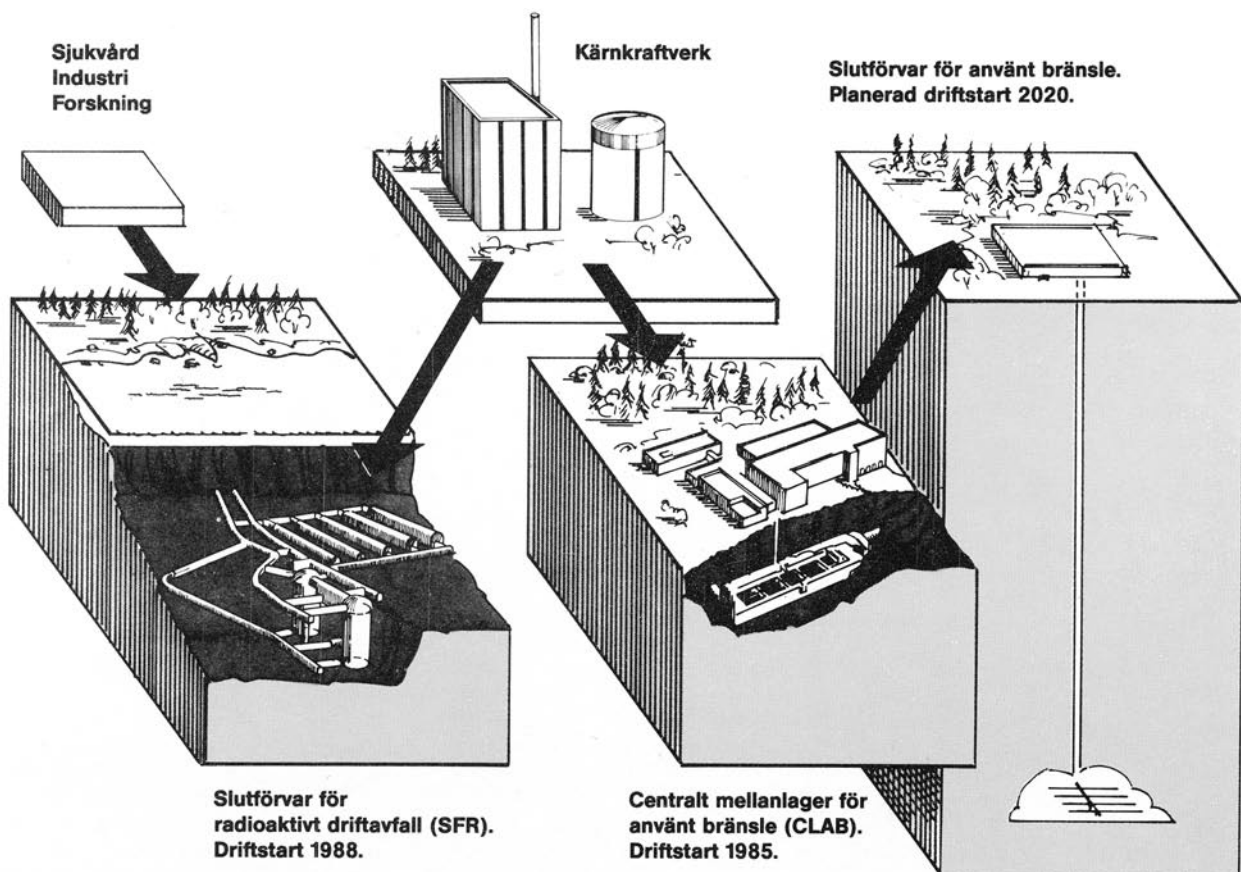


Kärnbränsle - hantering och försörjning i Sverige

Juli 1988 - Dec 1989



Kärnbränsle – hantering och försörjning i Sverige

Redogörelse över det aktuella läget beträffande kärnbränsle samt verksamheten inom Svensk Kärnbränslehantering AB under tiden juli 1988 – december 1989.

Rapport till miljödepartementet juli 1990

FÖRORD

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB – SKB – skall årligen avge en rapport över verksamheten till miljödepartementet.

Föreliggande rapport anknyter till de tidigare rapporter som SKB inlämnat. Rapporten redogör huvudsakligen för utveckling och verksamhet under perioden juli 1988 – dec 1989.

SKBs verksamhet domineras av insatser för omhändertagande av kärnkraftens restprodukter i enlighet med de av kärnkraftföretagen och av stat och myndigheter fastställda riktlinjerna. Dessutom medverkar företaget i försörjningen av det svenska kärnkraftsprogrammet med kärnbränsle och tjänster i anknytning härtill samt uppdragsverksamhet inom kärnavfallsområdet.

SKB svarar för och har i stora delar förverkligat ett system för hantering av allt radioaktivt avfall från de 12 svenska reaktorerna. Sålunda är ett transport- och lagringssystem i drift innefattande bl a ett transportfartyg M/S Sigyn och en central mellanlagringsanläggning (CLAB) för använt bränsle vid Oskarshamn. En anläggning för slutförvaring av låg- och medelaktivt reaktoravfall, SFR, i Forsmark är också i drift sedan 1988.

I september 1989 inlämnades enligt lagen om kärnteknisk verksamhet till statens kärnbränslenämnd det andra allsidiga programmet för forskning, utveckling och övriga åtgärder.

En mer detaljerad redogörelse för bl a forsknings- och utvecklingsverksamheten under år 1989 ges i SKB Annual Report 1989 (på engelska), SKB Technical Report 89-40.

Stockholm juli 1990

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

Sten Bjurström

VD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
FÖRORD	
1 ALLMÄN BAKGRUND OCH SAMMANFATTNING	7
1.1 Det svenska kärnkraftprogrammet	
1.2 Organisation och gällande lagar	
1.3 Det svenska systemet för hantering av kärnkraftavfall, kostnader	
1.4 Forsknings- och utvecklingsarbete	
2 FÖRSÖRJNING MED KÄRNBRÄNSLE	13
2.1 Naturligt uran	
2.1.1 Den svenska situationen	
2.1.2 Den internationella situationen	
2.2 Konvertering	
2.3 Isotopanrikning	
2.3.1 Svensk försörjning	
2.3.2 Anläggningar	
2.3.3 Marknad	
2.4 Tillverkning av bränsleelement	
2.5 Kärnbränslelager	
3 CENTRALT MELLANLAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE — CLAB	19
3.1 Allmänt	
3.2 Drift	
4 TRANSPORTSYSTEM	22
4.1 Allmänt	
4.2 Drifterfarenheter	
5 SLUTFÖRVAR — SFR	24
5.1 Allmänt	
5.2 Driftavfall	
5.3 Säkerhet	
5.4 Drifterfarenheter	
6 UPPARBETNING	28
7 FORSKNING OCH UTVECKLING	29
7.1 Allmänt	
7.2 FoU-program 89	
7.3 Forskningsverksamheten	
7.3.1 Tekniska barriärer och slutförvarskonstruktioner	
7.3.2 Geovetenskap	
7.3.3 Stripa-projektet	
7.3.4 Äspölaboratoriet	
7.3.5 Sprickzonprojektet	
7.3.6 Lansjärvstudien	
7.3.7 Kemi	
7.3.8 Biosfären	
7.3.9 Säkerhetsanalys	
7.3.10 Naturliga analogier	

	Sida	
8	KOSTNADSBERÄKNINGAR	36
8.1	Plan-89	
8.2	Rivning av kärnkraftverk	
8.3	Avgift	
9	KÄRNBRÄNSLECYKELNS OCH SLUTSTEGENS KOSTNADER	39
10	UPPDRAGSVERKSAMHET	41
11	INFORMATION	42
11.1	Allmänt	
11.2	Informationsverksamhet	

1 ALLMÄN BAKGRUND OCH SAMMANFATTNING

1.1 DET SVENSKA KÄRNKRAFTPROGRAMMET

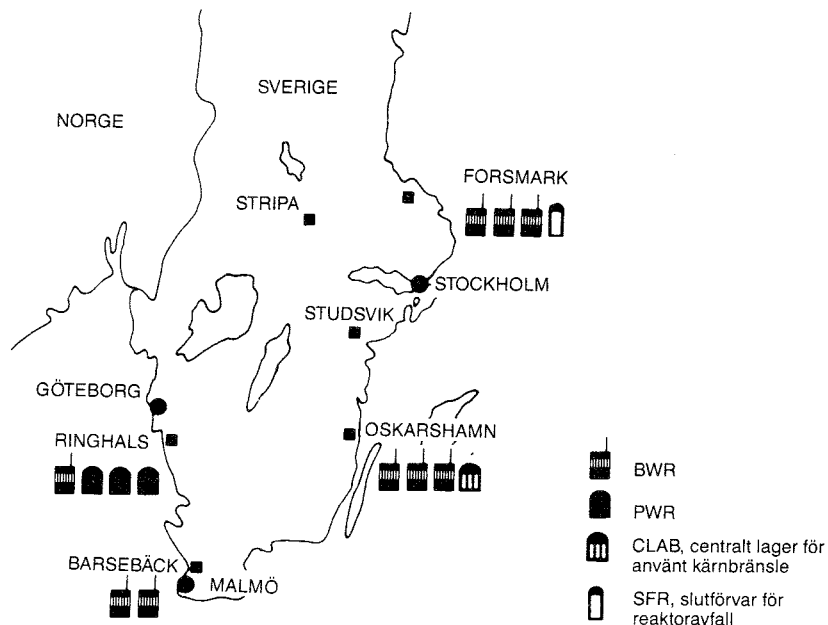
Det svenska kärnkraftsprogrammet omfattar 12 reaktorer vid 4 kärnkraftstationer och med en sammanlagd nettoeffekt av 9 900 MW el. Huvuddata för de 12 enheterna visas i Figur 1-1. Under 1989 svarade kärnkraften för 62.7 miljarder kWh, vilket motsvarar ca 45% av den samlade svenska elproduktionen. Viss neddragnig av effekt förekom under året pga den varma vintern och god tillgång på vattenkraft.

Reaktorer i Sverige

Reaktor	Typ	Netto effekt MW _e	I drift år	Elproduktion 1989 TWh	Energi tillgänglighet 1989 %
Oskarshamn 1	BWR*	440	1972	3.2	87.5
Oskarshamn 2	BWR	600	1974	3.9	88.3
Oskarshamn 3	BWR	1160	1985	7.8	93.3
Barsebäck 1	BWR	600	1975	4.3	89.5
Barsebäck 2	BWR	600	1977	4.2	93.6
Ringhals 1	BWR	790	1976	4.9	83.2
Ringhals 2	PWR**	800	1975	3.6	56.2
Ringhals 3	PWR	920	1981	5.8	83.0
Ringhals 4	PWR	920	1983	5.5	86.2
Forsmark 1	BWR	970	1980	6.1	87.4
Forsmark 2	BWR	970	1981	5.9	92.0
Forsmark 3	BWR	1140	1985	7.4	88.4

* BWR = kokvattenreaktor

** PWR = tryckvattenreaktor



Figur 1-1. Det svenska kärnkraftsprogrammet.

utvecklingsprogram inom avfallsområdet inges till regeringen vart tredje år med början år 1986. De fyra kraftföretagen i Sverige som äger kärnkraftsreaktorerna har lagt det operativa ansvaret för avfallsverksamheten på SKB. Av bestämmelserna i lagen följer också att ägaren har det ekonomiska ansvaret för erforderlig verksamhet.

Lagen om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m (den sk finansieringslagen) föreskriver, att innehavaren av en kärnkraftstation skall inbetala en avgift till staten så länge anläggningen är i drift; detta för att säkerställa att medel för de framtida kostnaderna för hanteringen av det använda kärnbränslet och rivningen av stationen skall finnas tillgängliga.

Avgiften utgår i relation till den från kärnkraftverken levererade elenergi mängden och har under 1988 och 1989 varit och utgår 1990 med i genomsnitt 1,9 öre/kWh, differentierat till

för OKG	1,7 öre per kWh
för SV och FKA	1,9 öre per kWh
för SVAB	2,2 öre per kWh

Varje år skall en kostnadsberäkning över de framtida kostnaderna inges till statens kärnbränslenämnd, som i sin tur föreslår nästa års avgift till regeringen.

Strålskyddslagen innehåller grundläggande regler för skydd mot joniserande strålning. Strålskyddsinstitutet är här tillsynsmyndighet.

De tre myndigheter som nämns ovan utför också viss egen forskning. Med syfte bl a att samordna forskningen på avfallsområdet bildades 1985 samrådsnämnden för kärnavfallsfrågor (KASAM). Nämnden skall rapportera om sin verksamhet varje år till regeringen och vartannat år redovisa sin bedömning av kunskapsläget på kärnavfallsområdet.

1.3 DET SVENSKA SYSTEMET FÖR HANTERING AV KÄRNKRAFTAVFALL, KOSTNADER

Inom SKB har ett fullständigt system för hanteringen av allt radioaktivt avfall från de 12 svenska reaktorerna planerats och i stora delar förverkligats. Inom ramen för detta system tas också övrigt radioaktivt avfall i Sverige omhand, t ex från forskningsanläggningar och från sjukhus. Systemet har baserats på avfallsmängderna fram till år 2010.

Från drift av reaktorer erhålles använt kärnbränsle och olika slag av låg- och medelaktiva driftavfall. När rivning av stationerna senare skall ske tillkommer också rivningsavfall.

I Tabell 1-1 ges en uppskattning av olika slag och mängder av det radioaktiva avfallet.

Tabell 1-1. Avfallskategorier.

AVFALLSKATEGORIER	URSPRUNG	FORM	EGENSKAPER	KVANITITET
1 Använt kärnbränsle	Drift av kärnkraftsreaktorer	Bränslestavar inkapslade i koppar	Hög värmeavgivning och hög strålning i tidigt skede. Innehåller långlivade nuklider.	7 800 ton
2 Annat avfall innehållande transuraner	Studsvik	Solidifierad i betong	Låg- och medelaktivt. Innehåller vissa långlivade nuklider.	6 000 m ³
3 Hårdkomponenter	Kasserade delar från de inre delarna av reaktortankar	Obehandlat eller ingjutet i betong	Medelaktivt. Innehåller vissa långlivade nuklider.	19 700 m ³
4 Driftavfall	Driftavfall från kärnkraftanläggningar m m.	Solidifierat i betong eller bitumen. Kompakterat.	Låg- till medelaktivt. Begränsad livslängd.	95 000 m ³
5 Rivningsavfall	Från rivning av kärnanläggningar	Huvudsakligen obehandlat	Låg- till medelaktivt. Begränsad livslängd.	114 000 m ³

Den grundläggande strategin för hanteringen av de olika avfallsslagen är att kortlivat avfall skall deponeras så snart som är praktiskt rimligt, medan använt kärnbränsle och andra långlivade avfall skall mellanlagras 30–40 år före definitiv deponering.

Huvuddragen av det planerade systemet i Sverige visas i Figur 1-3.

För låg- och medelaktivt driftavfall har ett slutförvar, SFR, byggts. SFR togs i drift i april 1988. SFR kan senare utvidgas till att också ta hand om rivningsavfall.

En central mellanlagringsanläggning för använt kärnbränsle, CLAB, togs i drift i juli 1985. Denna anläggning har en kapacitet av 3 000 ton använt kärnbränsle. Kapaciteten skall senare utökas så att det totala svenska behovet kan täckas.

Efter ca 40 års mellanlagring i CLAB inkapslas det använda bränslet i behållare av korrosionsbeständigt material och deponeras på ungefär 500 meters djup i den svenska berggrunden. Inkapslingen och deponeringen påbörjas omkring år 2020. Någon plats härför har alltså inte valts ännu.

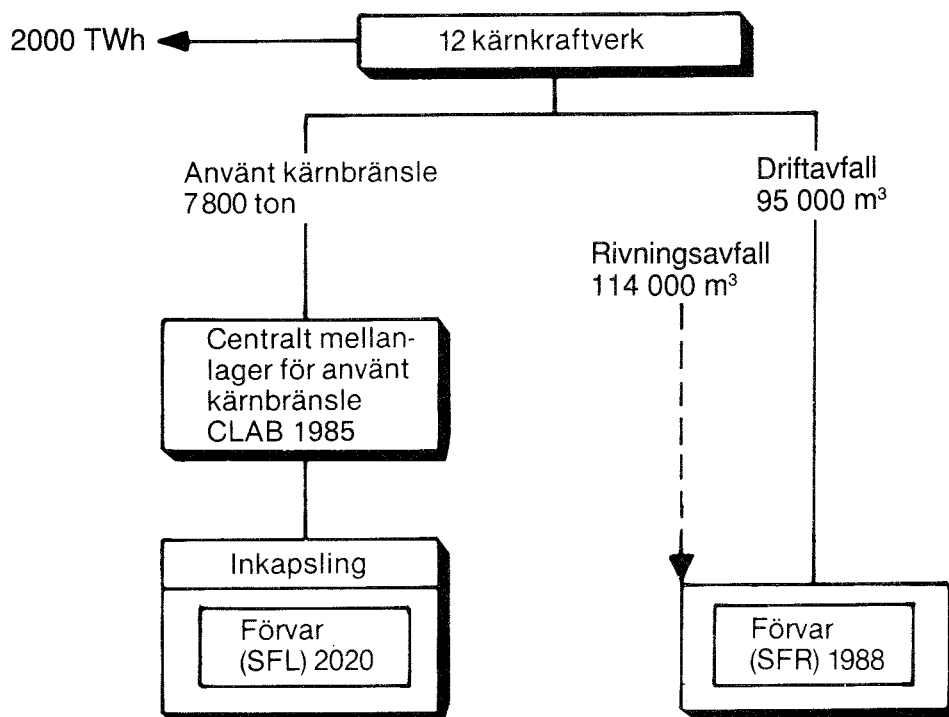
Sedan tidigare finns också uppdragskontrakt med COGEMA i Frankrike (494 ton) och BNFL i Storbritannien (140 ton). Man avser dock ej utnyttja kontrakten med COGEMA. På detta sätt undviks det speciella avfallet från uppdragskontrakten och hanteringen i Sverige blir mer enhetlig. Rättigheten till uppdragskontrakten med COGEMA har sålts i slutet av 1989.

För transport av använt kärnbränsle och andra slag av radioaktivt avfall har ett särskilt transportsystem byggts upp. Detta transportsystem är baserat på sjötransport med specialfartyg.

Enligt den senaste, den 1 juli 1989 till kärnbränslenämnden inlämnade kostnadsberäkningen – Plan-89 – utgör den totala kostnaden för slutdelen av kärnbränslecykeln i Sverige ca 50 miljarder kronor i prisnivå 1989, varav ca 7,4 miljarder kronor beräknas ha disponerats tom 1989.

Den totala kostnadsbilden för kärnbränslet i Sverige (inkl slutsteg och rivning av kärnkraftstationerna) var för 1989

Försörjning inkl beredskapslager	2,8 öre/kWhe
Slutsteg inkl rivning	<u>2,0 öre/kWhe</u>
Summa	4,8 öre/kWhe



Figur 1-3. System för hantering av radioaktivt avfall i Sverige.

1.4 FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGSARBETE

Lagen om kärnteknisk verksamhet (KTL) föreskriver att ägarna till kärnkraftreaktorer tillsammans skall upprätta ett allsidigt program för forskning, utveckling och övriga åtgärder, som erfordras för att uppfylla lagens övriga krav i fråga om kärnkraftavfall. Där krävs också att ägarna svarar för den erforderliga FoU-verksamheten. Forskningsprogrammet skall inges till statens kärnbränslenämnd vart tredje år med början 1986. Ägarna till de svenska kärnkraftverken har uppdragit åt SKB att upprätta det program som krävs och att genomföra det nödvändiga FoU-arbetet.

I enlighet med KTL-bestämmelser inlämnade SKB sitt FoU-program 89 till kärnbränslenämnden den 27 september 1989. SKN sände därefter programmet på remiss till ett stort antal olika instanser.

FoU-program 89 ger en allmän beskrivning av alla de åtgärder som behövs till dess att en slutförvaring av allt avfall har genomförts. För perioden 1990–1995 ges ett mer detaljerat program. FoU-program 89 syftar till att ta fram underlag för ett specifikt system för slutförvaring av använt kärnbränsle på en vald plats så att en lokaliseringsansökan kan inlämnas år 2003.

Under den närmaste tioårsperioden inriktas arbetet på att ta fram erforderligt underlag så att en platsspecifik lokaliseringsansökan för ett slutförvar för använt kärnbränsle kan inlämnas senast år 2003. Därvid måste en systemoptimering vara genomförd så att en till en viss plats anpassad anläggning kan beskrivas och redovisas.

Forsknings- och utvecklingsarbetet bedrivs med beaktande av krav på:

- miljö och säkerhet,
- ekonomi,
- allsidighet,
- flexibilitet,
- relevans,
- bred acceptans i samhället.

Kravet på allsidighet innebär att olika alternativa system skall studeras och värderas. Forskningsarbetet inriktas därför så att flexibiliteten bibehålles så länge som möjligt. För att driva en effektiv verksamhet krävs emellertid väl definierade mål och avgränsade ramar. De mest lovande och realistiska alternativen bör därför prioriteras och forskningen måste relateras till de fenomen och frågeställningar som har relevans för slutförvarets säkerhet och ekonomi.

Fram till 1984 var målet för SKBs forskning att visa att en säker slutförvaring av använt kärnbränsle kan genomföras i Sverige. Arbetet koncentrerades mot en specifik metod. Denna beskrivs i KBS-3-rapporten. Säkerhetsredovisningen i KBS-3 bygger på flera pessimistiskt valda förutsättningar och flera i gynnsam riktning verkande faktorer har ej tillgodoräknats. Analysen har genomförts med metoder och data valda för att ge en beräknad övre gräns för slutförvarets påverkan på biosfären. Redovisningen i KBS-3 innehåller därför betydande säkerhetsmarginaler som då ej var möjliga att kvantifiera.

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

Flertalet avfallsformer från svenska kärnkraftprogrammet kan man hantera och slutförvara på samma eller likartat sätt som det avfall som skall slutförvaras i SFR.

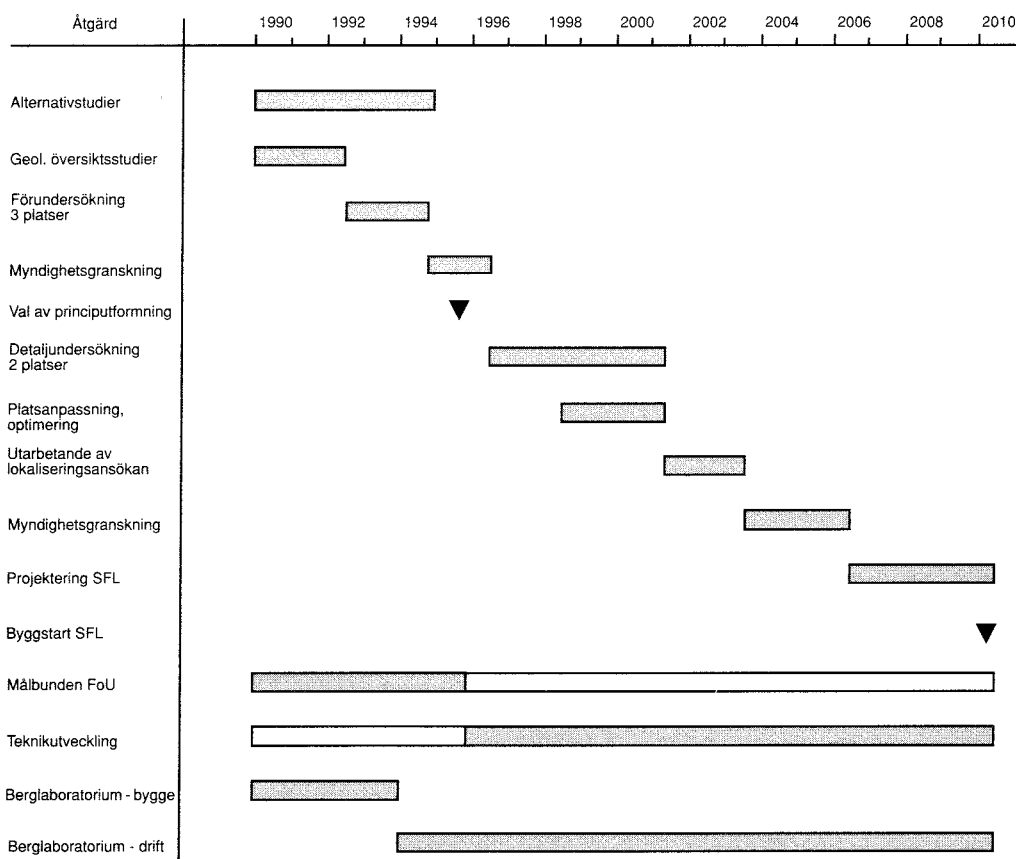
Använt kärnbränsle och vissa andra former av avfall kräver emellertid en mer kvalificerad slutförvaring. Forskningen är framförallt inriktad på att vidareutveckla denna mer kvalificerade förvaring.

Huvudområdet för forskningen är således – slutförvaring av använt kärnbränsle i svensk berggrund.

I Figur 1-4 visas en översiktlig tidplan för den FoU, teknikutveckling och övriga åtgärder som behövs före byggstart.

Programmet genomförs under ledning av SKBs avdelning för forskning och utveckling. Personalen inom avdelningen har ökat till 18 personer under 1989. Omkring 250 forskare, ingenjörer, specialister och tekniker har varit engagerade genom avtal med universitet, tekniska institutioner, forskningslaboratorier, konsultföretag och industrier. Resultaten har

Översiktlig tidplan för utformning och lokalisering av slutförvar för använt bränsle (SFL)



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

redovisats i 40 tekniska rapporter i SKBs TR-serie, i talrika lägesrapporter och arbetsrapporter, samt i samband med internationella möten och i vetenskapliga tidskrifter.

Kostnaderna för forskning och utveckling i SKBs budget för 1989 uppgick till 117,7 MSEK, jämfört med 104,1 MSEK för år 1988. Ökningen beror på de ökade insatserna för Äspölaboratoriet.

SKB har också en verkställande funktion i de internationella Stripa- och Poços de Caldas-projekten. Kostnaderna för dessa projekt var 32,2 MSEK, varav 11,5 MSEK utgjorde bidrag från SKB och 20,7 MSEK kom från deltagare utanför Sverige. Den totala omsättningen inom FoU-avdelningen var således 138,4 MSEK.

2 FÖRSÖRJNING MED KÄRNBRÄNSLE

Inom området kärnbränsleförsörjning har SKB uppgiften att utreda behov m m i olika former, arrangera för samordning beträffande uraninköp, företräda kraftföretagen i vissa gemensamma frågor samt svara för ärenden rörande prospektering, anrikning och beredskapslagring för kraftföretagens behov.

2.1 NATURLIGT URAN

2.1.1 Den svenska situationen

Natururanbehovet för de tolv reaktorer som ingår i det svenska kärnkraftsprogrammet är ca 1 500 ton per år. Reaktornas energitillgänglighet har varit god, vilket innebär att elproduktionen från kärnkraft för de närmaste åren nu planeras bli något högre jämfört med tidigare planering. Därmed blir även uranbehovet något högre. Uranbehovet kan bli högre eller lägre beroende på en rad faktorer, vilket innebär att planeringen av försörjningen måste vara flexibel.

Natururanbehovet för tioårsperioden 1989 tom 1998 är 14 500 ton. Vid mitten av år 1989 hade de svenska kraftföretagen ingående lager och kontrakt för tillförsel av 12 400 ton under denna period. Huvuddelen av tillförseln baseras på långsiktiga kontrakt. Under 1989 gjordes en del spotköp, eftersom priserna var låga på spotmarknaden.

Natururan levereras till Sverige i huvudsak från Kanada och Australien, men även från Niger, Gabon och USA. Kanada svarar för ca 50% av framtida leveranser enligt nu befintliga kontrakt.

Prospektering

I vissa delar av den prekambrika berggrunden i Sverige förekommer uran i relativt höga halter. SKB har därför tidigare utfört lokal prospektering på olika platser i norra delen av landet. Därvid har mineraliseringar innehållande sammanlagt mer än 6 000 ton uran påträffats med halter över 1 000 g uran per ton malm. Dessa malmer utgör viktiga reserver för framtiden.

Eftersom tillgången på uran på världsmarknaden är god och priserna låga, bedriver SKB sedan 1985 ej någon prospektering.

Ranstad

Kring Ranstad i Västergötland finns ett område med alunskiffer, som i uranrik del innehåller ca 300 g uran per ton skiffer. Tillgångarna av uran är stora i en homogen malm, men halterna är låga. Metod finns utvecklad och demonstrerad i industriell skala för uranutvinning ur denna speciella typ av uranmalm.

2.1.2 Den internationella situationen

Tillgångar

OECD och IAEA har utrett tillgångarna på uran. Östländerna har därvid ej lämnat uppgifter, varför nedanstående gäller den övriga världen. De kända tillgångarna uppgår 1989 till 3 400 000 ton uran, där uranet bedöms kunna utvinnas till en kostnad under 800 SEK per kg. Kostnaden 800 kr pr kg innebär att urandelen av kärnbränslet kostar ca 3 öre/kWh.

Tabellen nedan ger OECD-IAEA:s sammanställning av urantillgångar i olika kategorier.

Tabell: Urantillgångar enligt OECD-IAEA.

Kategori	Tillgångar, ton U	Kostnad SEK/kg
Utvärderade (Reasonably Assured Resources)	2 201 000	< 800
Sannolika klass I (Estimated Additional Resources, Cat I)	1 164 000	< 800
Sannolika klass II (Estimated Additional Resources, Cat II)	1 685 000	< 800
Spekulativa (Speculative Resources)	9 600 000 – 12 100 000	< 800
Uran som biprodukt (Huvudsakligen från fosfater)	> 7 000 000	

} kända

1 ovanstående tabell är kännedomsgraden bäst för de utvärderade tillgångarna. De sannolika tillgångarna baseras på geologiska data från fyndigheter, men dessa data är inte tillräckligt täta för en klassifiering som utvärderad. De spekulativa fyndigheterna är sådana som ännu ej hittats, men som antas finnas eftersom det finns geologiska likheter mellan kända malmområden och hittills ej prospekterade områden i olika delar av världen. Möjligheterna att finna nya uranmineraliseringar bedöms som goda.

Om summan av kända tillgångar enligt tabellen ovan, ca 3 400 000 ton uran, jämförs med den förväntade konsumtionen år 2000, ca 49 000 ton (ca 41 500 ton år 1989), räcker tillgångarna längre än 60 år, vilket är mycket jämfört med situationen för åtskilliga andra råvaror.

För urantillgångar liksom för andra naturresurser gäller att de kan växa – om kända tillgångar börjar bli knappa ökas prospekteringen, varvid de kända tillgångarna ökar.

Enligt OECD-IAEA:s beräkningar kan man lägga ihop kända fyndigheter med de urantillgångar, som ännu inte hittats (men väl finns) och det uran som kan utvinnas som biprodukt.

Då kommer uranet att räcka i över 400 år (med den konsumtion som förväntas år 2000). Dessutom kan teknisk utveckling mot bättre kärnbränslen ge mer energi från en given mängd uran.

Därmed räcker uran under liknande förutsättningar längre än olja och naturgas, men kortare tid än kol.

Produktion och konsumtion

Uranproduktionen i världen beräknas till ca 36 600 ton år 1988, vilket är ungefär samma som produktionen 1987. Produktionen för 1989 uppskattas bli ungefär densamma som 1988.

Urankonsumtionen i världen beräknas till ca 40 500 ton under år 1988 och 41 500 ton under år 1989.

År 1989 är därmed det femte året, då konsumtionen av uran översteg produktionen. Detta utgör för sig något problem, eftersom det finns ca 120 000 ton uran i lager i världen.

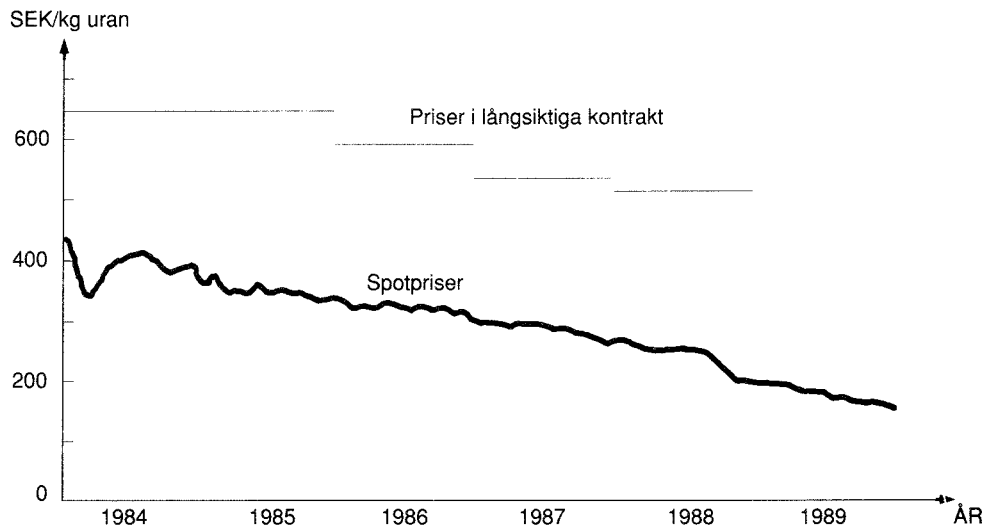
Urankonsumtionen förutses öka till ca 49 000 ton år 2000, vilket innebär att ökad produktion behövs då.

Marknad och priser

Under 1989 levererades ca 20% av allt uran enligt sk spotköp, medan huvuddelen, ca 80% levererades enligt långsiktiga kontrakt.

Figur 2-1 visar att priserna för spotköp räknat i svenska kronor var fortsatt låga under 1989.

Priserna enligt långsiktiga kontrakt varierar pga olika villkor. Medelpriserna under perioden 1984 – 1988 för leveranser till EG för sådana kontrakt var, som Figur 2-1 visar, högre än spotpriserna under samma år.



Figur 2-1. Långsiktiga priser och spotpriser för uran.

2.2 KONVERTERING

Konvertering är en kemisk process för tillverkning av uranhexafluorid från urankoncentrat.

I västländerna finns 5 stora anläggningar för konvertering: Allied Chemical och Sequoyah Fuels i USA, Cameco i Kanada, British Nuclear Fuels plc. i Storbritannien och Comurhex i Frankrike. Därutöver finns mindre anläggningar i Japan, Kina och Sydafrika. Dessutom säljer Techsnabexport i Sovjetunionen konvertering i västländerna i anslutning till isotopanrikning. Den totala kapaciteten i västländerna är 55 000 ton uran per år, medan behovet fortfarande håller sig kring ca 42 000 ton per år.

Konverteringstjänster för de svenska kraftföretagen utförs i Kanada, Frankrike, Storbritannien och USA.

2.3 ISOTOPANRIKNING

2.3.1 Svensk försörjning

De svenska kraftföretagens försörjning med isotopanrikning har tidigare skett, dels från USA och dels från Sovjetunionen, med övervägande dominans från USA.

De europeiska anrikningsföretagen blev konkurrenskraftiga i början av 1980-talet. Under perioden 1983 till 1985 tecknade de svenska kraftföretagen en rad kontrakt för anrikning från Europa med leveranser från 1984.

För perioden 1986 – 1990 kommer huvuddelen av leveranserna till Sverige att ske från EURDIF med anrikningsanläggning i Frankrike, från URENCO med anrikningsanläggningar i Holland, Storbritannien och Västtyskland och från Sovjetunionen, medan leveranser från USA fortsätter i betydligt mindre omfattning än tidigare. Leveranser av anrikat uran har skett från Sovjetunionen samt Kina (mindre kvantitet).

Med fem olika leverantörer av isotopanrikning erhålles hög försörjningstrygghet.

2.3.2 Anläggningar

USA

I USA finns tre isotopanrikningsanläggningar baserade på gasdiffusionsmetoden. Två anläggningar är i drift, nämligen Paducah i Kentucky med en nominell årskapacitet av 11,3 miljoner anrikningsenheter och Portsmouth i Ohio, med en nominell årskapacitet av 8,3 miljoner an-

rikningsenheter. Anläggningen i Oak Ridge med en årskapacitet av 7,7 miljoner anrikningsenheter togs ur drift under 1985, eftersom behovet var lågt.

Department of Energy har valt isotopseparation med laser som framtida teknologi. Forskning och utveckling koncentreras nu till teknologin AVLIS (Atomic Vapour Laser Isotope Separation) med målsättningen att ta en anläggning i drift under 1990-talet.

Sovjetunionen

I Sovjetunionen finns anrikningsanläggningar som används för såväl behov inom Sovjetunionen och i Östeuropa som för export till västländer. Exporten till väst sker från "Urals elektriska kemiska fabrik", där anrikning sker med gascentrifugmetoden.

Frankrike

Företaget EURODIF, som ägs av franska, italienska, belgiska och spanska företag, har en anläggning enligt gasdiffusionsmetoden i drift med kapaciteten 10,8 miljoner anrikningsenheter per år.

Det franska atomenergikommissariatet håller på att utveckla en laseranrikningsteknik kallad SILVA.

URENCO

URENCO har nu tre anläggningar enligt gascentrifugmetoden i drift, en i Almelo i Holland, en i Capenhurst i Storbritannien och en i Gronau i Västtyskland.

Den totala kapaciteten för de tre anläggningarna är nu ca 2,5 miljoner anrikningsenheter per år.

Japan

I Japan har en prototypanläggning med gascentrifuger tagits i drift. Kapaciteten är 0,2 miljoner anrikningsenheter per år.

2.3.3 Marknad

Den nuvarande totala anrikningskapaciteten kan uppskattas till omkring 33 miljoner anrikningsenheter per år. Därtill kommer kapacitet från Sovjetunionen och Kina, som exporterar till västländer. Den totala kapaciteten är högre än behovet i västvärlden, som var ca 27 miljoner anrikningsenheter under 1989.

Behovet kommer att öka i och med att nya reaktorer tas i drift, men den nuvarande kapaciteten beräknas vara tillräcklig fram till slutet av 1990-talet.

Konkurrensen mellan fyra olika producenter har lett till lägre priser på anrikning. Detta illustreras i tabellen nedan med Department of Energys anrikningspriser, dels omräknade till svenska kronor, dels i US\$.

År*)	SEK/ anrikn. enhet	US\$/ anrikn.enhet
1984	1 152	138,65
1985	1 145	135
1986	888	125
1987	750	119
1988	719	117
1989	753	117

*) Anger amerikanska budgetår, där t ex 1984 inleds 831001.

Prissänkningarna accentueras av att Department of Energy ger kunder, som tar hela sitt behov från dem möjlighet att ta 30% av behovet till det lägre priset US\$90 per anrikningsenhet. Dessa prissänkningar leder naturligtvis till att andra producenters priser utsätts för ett tryck nedåt.

Det finns en spotmarknad, där anrikningstjänster kan köpas. Denna omfattar dock endast ca 5% av det totala behovet. Priset på spotmarknaden var US\$ 54 per anrikningsenhet vid utgången av år 1989, vilket motsvarade 340 SEK per anrikningsenhet.

2.4 TILLVERKNING AV BRÄNSLEELEMENT

Inom landet sker tillverkning av bränsleelement vid ABB-Atoms fabrik i Västerås.

De svenska kärnkraftföretagen upphandlar tillverkning av bränsleelement på kommersiell bas. Därvid har ABB-Atom erhållit beställningar i många fall, medan andra gått till bränsleföretag i USA, Västtyskland eller Frankrike.

Tabell 2-1. Tillverkare av bränsleelement under perioden 1989–1992.

	1989	1990	1991	1992
Barsebäck 1	ANF	ANF	ANF	ANF
Barsebäck 2	ABB	ABB	ABB	ABB
Oskarshamn 1	SIE	SIE	SIE	–
Oskarshamn 2	ABB	ABB	ABB	ABB
Oskarshamn 3	ABB	ABB	ABB	ABB
Ringhals 1	ABB	ABB	ABB	–
Ringhals 2	SIE	SIE	SIE	–
Ringhals 3	FRA	FRA	FRA	–
Ringhals 4	FRA	FRA	FRA	–
Forsmark 1	ABB	ABB	ABB	–
Forsmark 2	ABB	ABB	ABB	–
Forsmark 3	ABB	ABB	ABB	ABB

ABB = ABB-Atom, bränslefabrik i Västerås

ANF = Advanced Nuclear Fuels, bränslefabriker i USA och Västtyskland

SIE = Siemens, bränslefabrik i Västtyskland

FRA = FRAGEMA, bränslefabrik i Frankrike

I tabellen har ej upptagits enstaka demonstrationsknippen, som kan komma från annan leverantör visst leveransår.

Bränsletillverkningen vid ABB Atoms fabrik i Västerås uppgick 1989 till ca 200 ton uran i kärnbränsle för kokarreaktorer och ca 20 ton uran i kärnbränsle för tryckvattenreaktorer. Av denna produktion exporterades ca 60 ton till Finland, Belgien, Västtyskland, Schweiz och USA.

Det nya bränsleutförandet SVEA, där bränslestavarna fördelas i fyra grupper om 4x4 eller 5x5 stavar åtskilda av ett vattenkors i zirkaloy, är nu det dominerande bränslet i svenska kokarreaktorer. Alla ABB Atoms leveranser av kokarvattenbränsle under 1989 bestod av detta bränsle. SVEA-bränslet ger högre reaktivitet och jämnare utbränning och därmed bättre utnyttjande av energin från de inre stavarna. SVEA-bränslet producerar 8-10% mer energi än den tidigare bränsletypen från samma mängd anrikat uran.

2.5 KÄRNBRÄNSLELAGER

I enlighet med riksdagens beslut om beredskapslagring av kärnbränsle har SKB tecknat avtal med statens energiverk (STEV). Avtalet innebär att SKB beredskapslagrar anrikt uran och zirkaloy motsvarande en elproduktion av 35 TWh.

Med kärnbränslet i reaktorerna samt bränsleelement vid kraftverken och under tillverkning inom landet ger beredskapslagret en uthållighet av ca 2 år med normal drift av de 12 reaktorerna från ett eventuellt totalt importstopp.

3 CENTRALT MELLANLAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE — CLAB

3.1 ALLMÄNT

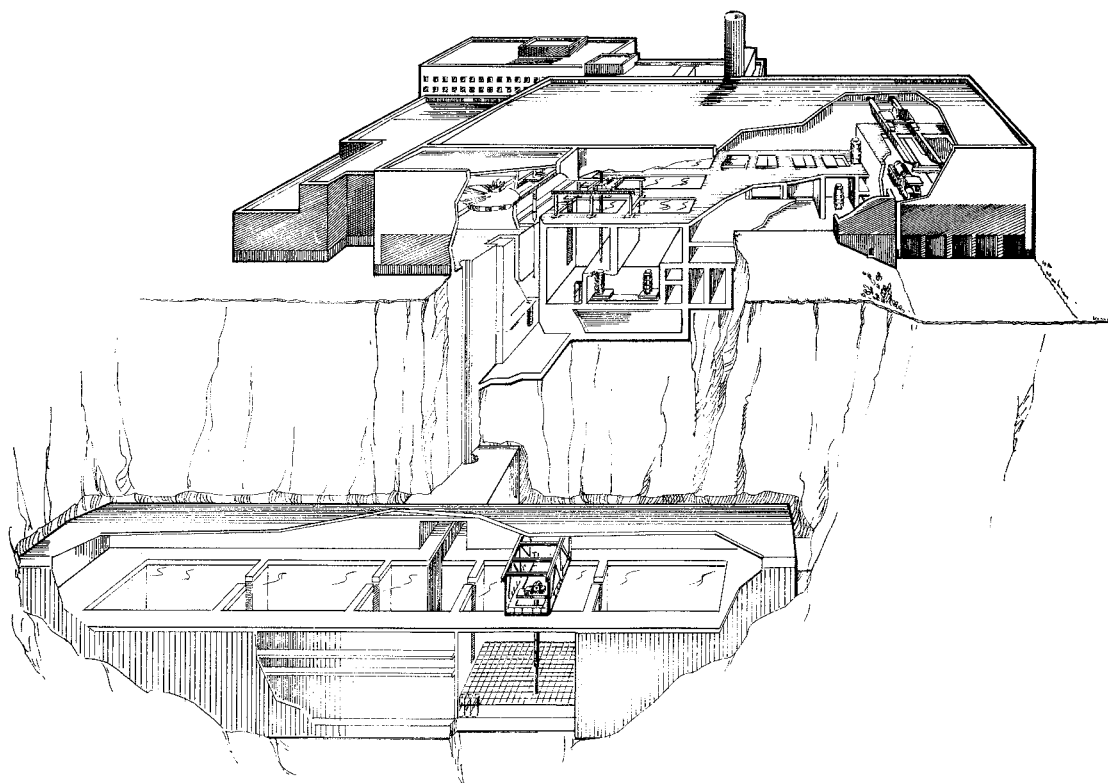
Den svenska mellanlagringsanläggningen för använt bränsle, CLAB, är belägen på Simpevarps-halvön i anslutning till Oskarshamns kärnkraftstation, togs i drift den 11 juli 1985 och invigdes den 29 april 1986.

Anläggningen består av 5 underjordiska lagringsbassänger för totalt 3 000 ton uran. Motagningsbyggnad, hjälpsystembyggnad och kontor finns på marknivå, se Figur 3-1. Anläggningen har konstruerats för att kunna ta emot 300 ton uran per år, vilket motsvarar ungefär 100 transportbehållare. Med sin nuvarande utformning kommer CLAB att vara fullt utnyttjad under 1996. Arbete med att utöka kapaciteten i de befintliga bassängerna har påbörjats. En annan typ av bränslekassett kommer att införas, vilket medger att lagringskapaciteten ökar med ca 60%. Totalt kommer därmed ca 5 000 ton uran att kunna lagras i befintlig anläggning. Detta i sin tur innebär att färdigställandet av ytterligare ett bergrum kan senareläggas med ca 7 år (2003). Den totala mängden bränsle som skall lagras i CLAB bedöms kunna uppgå till ca 7 800 ton.

Under 1989 lämnade regeringen tillstånd enligt kärntekniklagen att utöka lagringskapaciteten till 5 000 ton uran.

OKG AB sköter driften av anläggningen på SKBs uppdrag.

Den totala investeringen i CLAB är ca 1 700 miljoner kronor. Driftkostnaderna uppgår till ca 70 miljoner kronor per år.



Figur 3-1. CLAB-anläggningen. Principskiss.

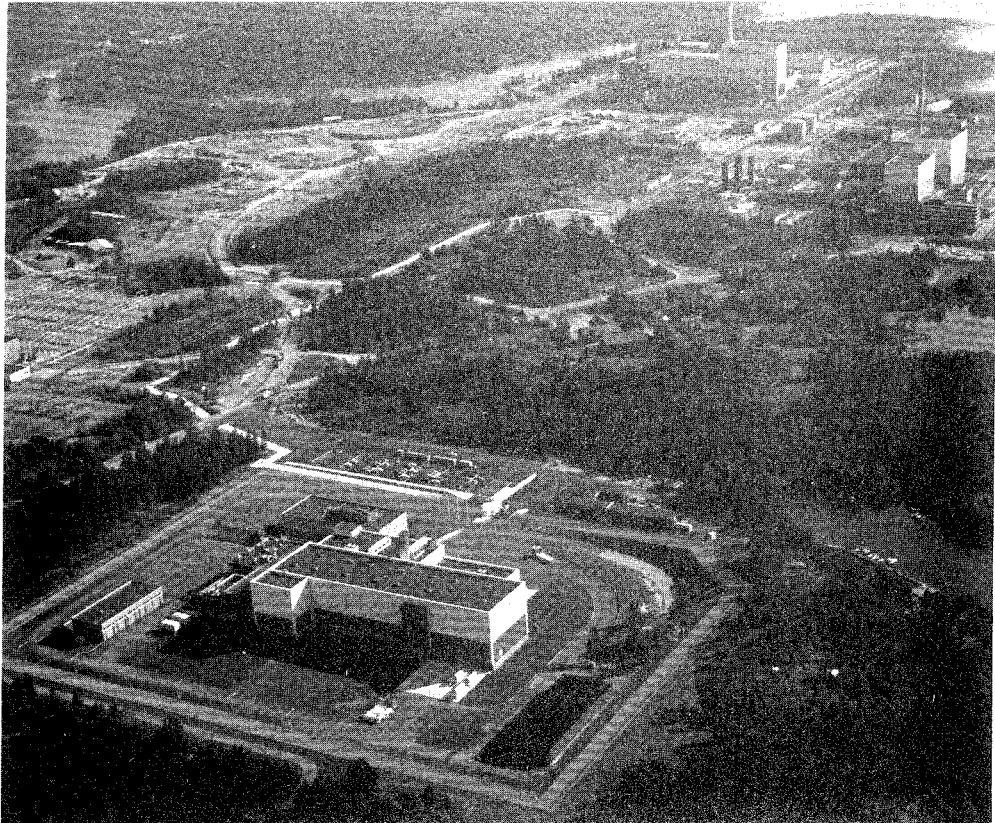


Figure 3-2. Flygbild av CLAB-anläggningen.

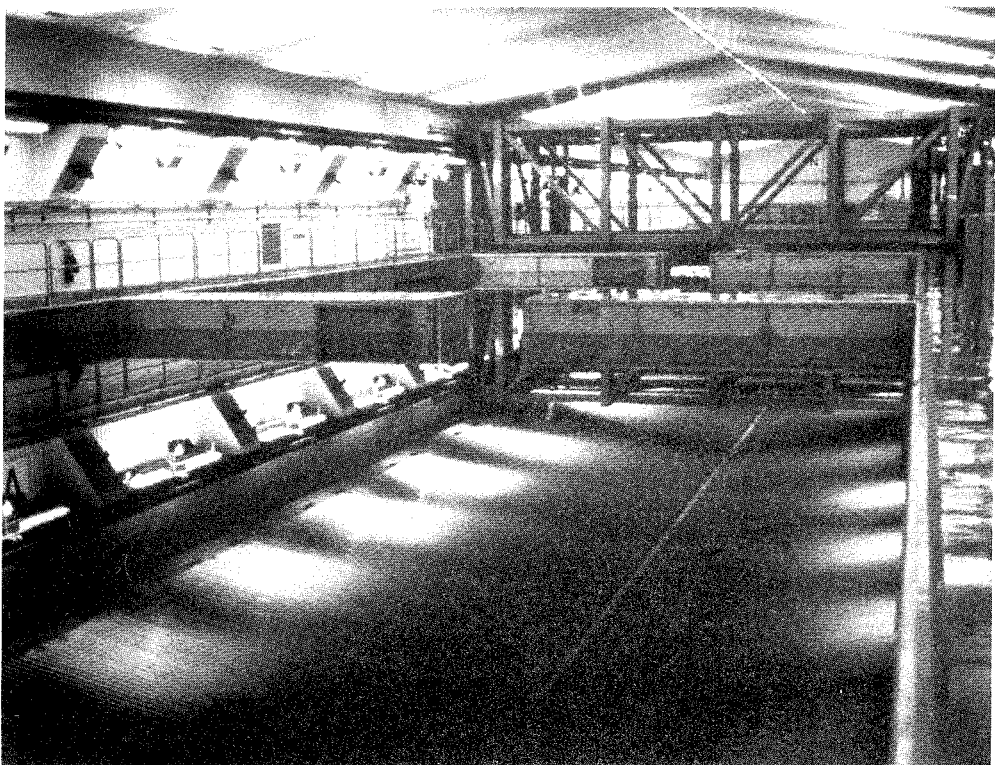


Figure 3-3. En av förvaringsbassängerna.

3.2 DRIFT

Efter ett års provdrift juli 1985 – juni 1986 har rutinmässig drift pågått i normal omfattning. Erfarenheterna har varit mycket goda och tom 1989 hade sammanlagt 1 100 ton använt bränsle och en viss mängd hårdkomponenter tagits emot.

Under december månad 1988 genomfördes den sista transporten av MOX-bränsle inom ramen för utbyte av använt bränsle mellan Sverige och Förbundsrepubliken Tyskland. Totalt lagras därmed också 24 ton MOX-bränsle i CLAB.

Transporten av Ågestaelement har fortsatt. Totalt har 175 element överförts från Studsvik till CLAB, samt 5 kapslar innehållande bränslerester.

Drifterfarenheterna har fortsatt varit goda, doser till personalen samt utsläpp till luft och vatten låga. Uttryckt i siffror motsvarar utsläppen några promille av den gräns som gäller för hela Simpevarpshalvön.

4 TRANSPORTSYSTEM

4.1 ALLMÄNT

I slutet av 1982 tog SKB i drift ett sjötransportsystem för använt bränsle och radioaktiva avfallsprodukter. Systemet har successivt byggts ut för att svara mot transportbehovet. Systemet består för närvarande av:

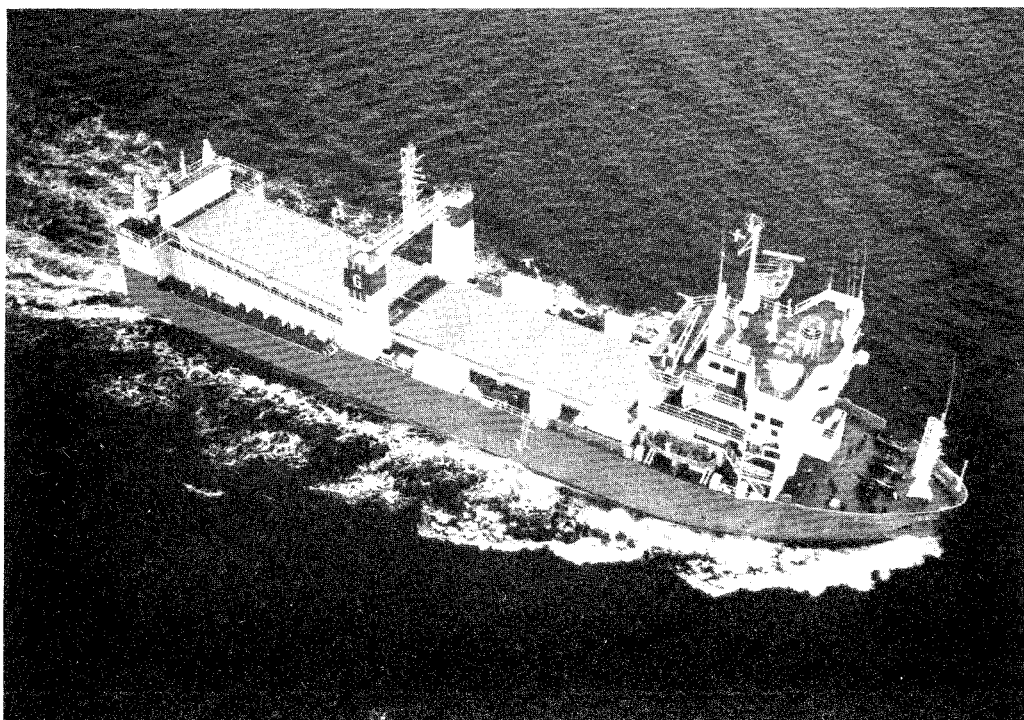
- 1 st specialkonstruerat ro-ro/lo-lo fartyg M/S Sigyn
- 10 st transportbehållare för använt bränsle (BTB)
- 2 st transportbehållare för använda hårdkomponenter
- 12 st lastbärare för transportbehållare
- 5 st specialfordon
- 27 st transportbehållare för låg- och medelaktivt avfall (ATB)

Efter de första årens transport av använt bränsle (57 ton) till La Hague i Frankrike har systemet sedan juli 1985 använts för transporter av använt bränsle från de svenska kärnkraftverken till CLAB i Oskarshamn. Under 1988 utfördes även transporter av sk MOX-bränsle med M/S Sigyn från Emden i Västtyskland till CLAB i Oskarshamn. I systemet ingår för närvarande 27 transportbehållare för reaktoravfall (ATB). Under perioden har systemet ytterligare kompletterats med ett specialfordon för transporter mellan kärnkraftverken och hamnarna.

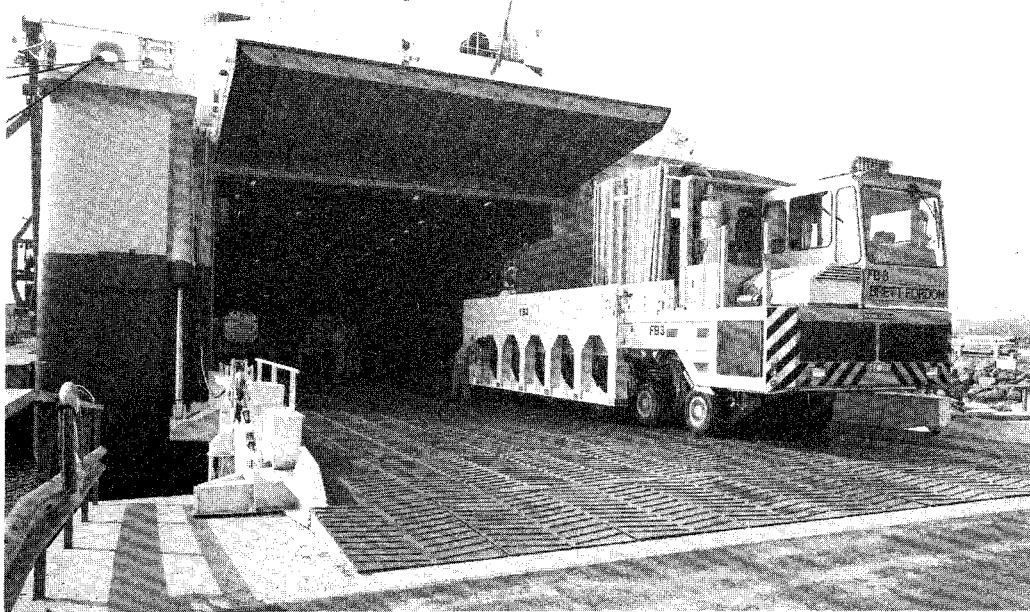
Fartygets lastkapacitet är 10 st transportbehållare för antingen använt bränsle eller reaktoravfall.

Den totala investeringen i transportsystemet uppgår till ca 250 miljoner kronor.

Den årliga kostnaden är för närvarande ca 25 miljoner kronor, varav direkta driftkostnader för fartyget ca 10 miljoner kronor.



Figur 4-1. M/S Sigyn under gång.



Figur 4-2. Lastning av M/S Sigyn.

4.2 DRIFTERFARENHETER

Den fortsatta driften av transportsystemet har fungerat utan störningar. Under driftåret 1989 har 30 sjötransporter utförts. 86 transportbehållare innehållande använt bränsle har transporterats till CLAB, 87 avfallsbehållare innehållande reaktoravfall samt 89 containrar med lågaktivt avfall till SFR. Stråldoserna till besättningen ombord på M/S Sigyn har fortsatt uppvisat mycket låga värden, i storleksordningen de som motsvarar den normala naturliga bakgrundsstrålningen.

5 SLUTFÖRVAR — SFR

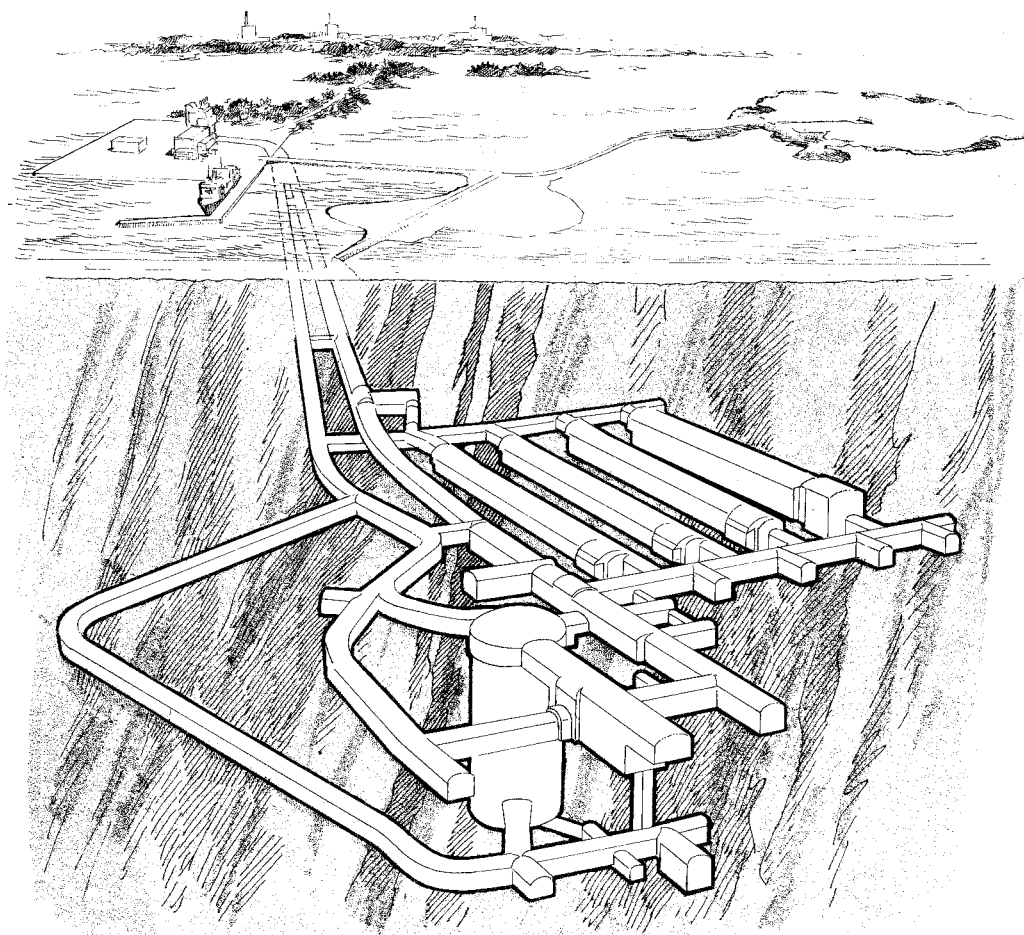
5.1 ALLMÄNT

I slutet av april 1988 deponerades det första avfallet i slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR1, vid Forsmarks kärnkraftstation. Förvaringen sker i bergrum under Östersjön med en bergtäckning av 60 m från bergrummens tak till havsbotten. Två 1 kilometer långa tillfartstunnlar har byggts från hamnområdet i Forsmark. Den första byggnadsfasen har utöver tillfartstunnlar och byggnader ovan jord omfattat fyra 160 m långa bergrum och ett 70 m högt cylindriskt bergrum, en silo (Figur 5-1). I en framtida andra fas planeras ytterligare en silo tillsammans med ytterligare ett eller två långa bergrum.

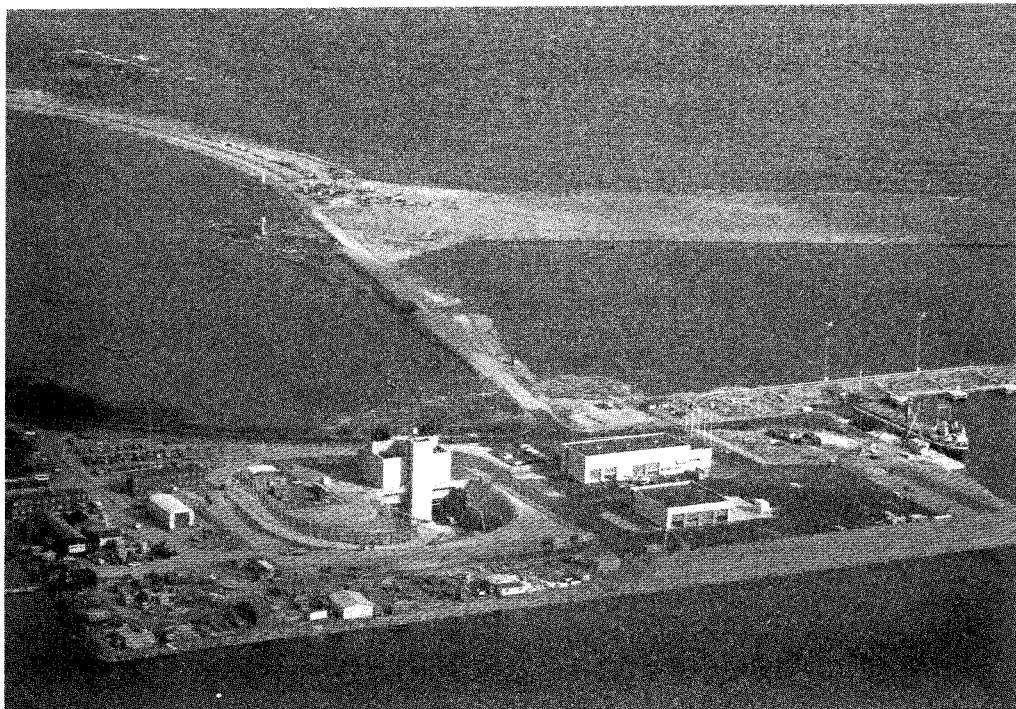
Byggnadsarbetet påbörjades sommaren 1983 och avslutades under vintern 1987/88. Efter driftsättning och provning av anläggningen överlämnades den till driftorganisationen i april 1988 varvid deponering påbörjades i bergsalarna. I början av 1989 påbörjades i begränsad omfattning deponering av betongkokiller i silodelen. Totalt hade vid årsskiftet 89/90 ~ 3 500 m³ deponerats.

Anläggningen visas från luften i Figur 5-2.

Den totala kostnaden för den första uppförandefasen är 740 miljoner kronor. Driftkostnaden uppgår till ca 20 miljoner kronor per år.



Figur 5-1. Översikt av tunnlar och förvaringsrum i SFR.



Figur 5-2. Flygbild över hamnområdet i Forsmark med SFR. I mitten tunnelnedfarten med ventilationsbyggnaden.

5.2 DRIFTAVFALL

Det avfall som skall deponeras i SFR kommer från driften av de 12 svenska kärnkraftreaktorerna och CLAB. Avfallet innehåller kortlivade radionuklider och klassificeras som låg- och medelaktivt radioaktivt avfall. En liten mängd liknande avfall från forsknings- och medicinsk verksamhet avses också deponeras i SFR. Den totala mängden avfall från det svenska programmet till och med år 2010 beräknas till ca 90 000 m³.

Allt avfall konditioneras vid kraftstationerna eller vid kärnforskningsstationen Studsvik. Jonbytmassor ingjuts i antingen cement eller bitumen. Om så erfordras kan avfall från underhållsarbete också behandlas på detta sätt. Dessa kategorier klassificeras som medelaktivt avfall och kräver strålskydd under hantering och transport. Lågaktivt avfall behandlas på olika sätt och förpackas slutligen i standardtransportbehållare. Det totala aktivitetsinnehållet i SFR beräknas ej överstiga 10⁷ GBq år 2010. Dominerande nuklider är Co-60 och Cs-137.

5.3 SÄKERHET

Det avfall som innehåller huvuddelen av aktiviteten deponeras i en betongsilo, som omges med en lerbarriär. Tillsammans med det låga grundvattenflödet som råder i berggrunden under havet ger dessa barriärer en hög säkerhet mot uttransport av radioaktiva ämnen.

Tillstånden för driften av SFR baseras på en slutlig säkerhetsrapport. Rapporten baseras på data från ett försöksprogram som utförts under byggnadsperioden inkluderande:

- Geologiska och hydrogeologiska undersökningar i förvarsområdet. Modeller för grundvattenflödet.
- Ytterligare provning av material till lerbarriären runt betongsilon.
- Undersökningar av processer som leder till gasproduktion samt prov av barriärmaterialens gasgenomsläpplighet.
- Beskrivning av de olika avfallstyper som kommer att deponeras i SFR.
- Studier av den kemiska miljön i förvaret och dess betydelse för migrationen av radionuklider.

Den slutliga säkerhetsrapporten innehåller bl a analyser av den långsiktiga påverkan på omgivningen från SFR.

Beräkningarna baseras på rimligt pessimistiska antaganden för ingående parametrar. För att visa dels betydelsen av olika antaganden dels belysa olika mindre sannolika händelser har, förutom ett referensscenario, även ett flertal variationer av parametervärden genomförts.

Referensfallet utgörs av två tidsperioder. Först Saltvattenperioden, där Öregrundsgrepen täcker förvaret och är recipient för utsläpp av nuklider. Denna tidsperiod antas sträcka sig 2500 år framåt varefter en övergång till Inlandsperioden har skett. Därvid har landhöjning medfört att området kring SFR har torrlagts och en insjö har bildats i förvarets närhet. Denna insjö utgör, tillsammans med dricksvattenbrunnar, recipient för nuklidutsläpp from 2500 år efter förvarets förslutning.

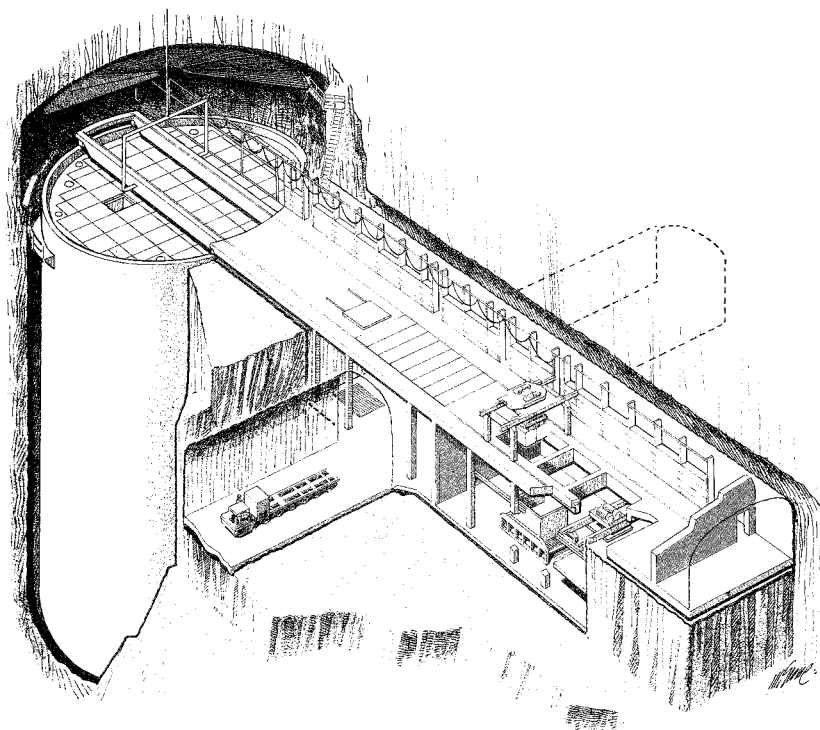
Nuklidinventariet har baserats på prognoser över de avfallsmängder som kommer att deponeras i SFR. På basis av mängden avfall av olika kategorier har även mängden nuklider av olika slag kunnat uppskattas för de olika förvarsdelarna. Denna uppskattning ger vid handen att mer än 90% av aktiviteten kommer att förvaras i siloförvaret, där de "starkaste" barriärerna finns.

Nästan 100% av de radioaktiva ämnena kommer att hållas kvar av förvarets barriärer tills radioaktiviteten avklingat. Det är därför mycket små mängder som kan transporteras med grundvattnet till omgivningen. Vid beräkning av denna nuklidtransport från förvaret har uppmätta hydrogeologiska data legat till grund. Resultaten visar att den radiologiska påverkan på omgivningen som SFR kan ge ligger väl under den konstruktions-målsättning, 0,1 mSv/år, som gäller för övriga anläggningar inom kärnkraftcykeln.

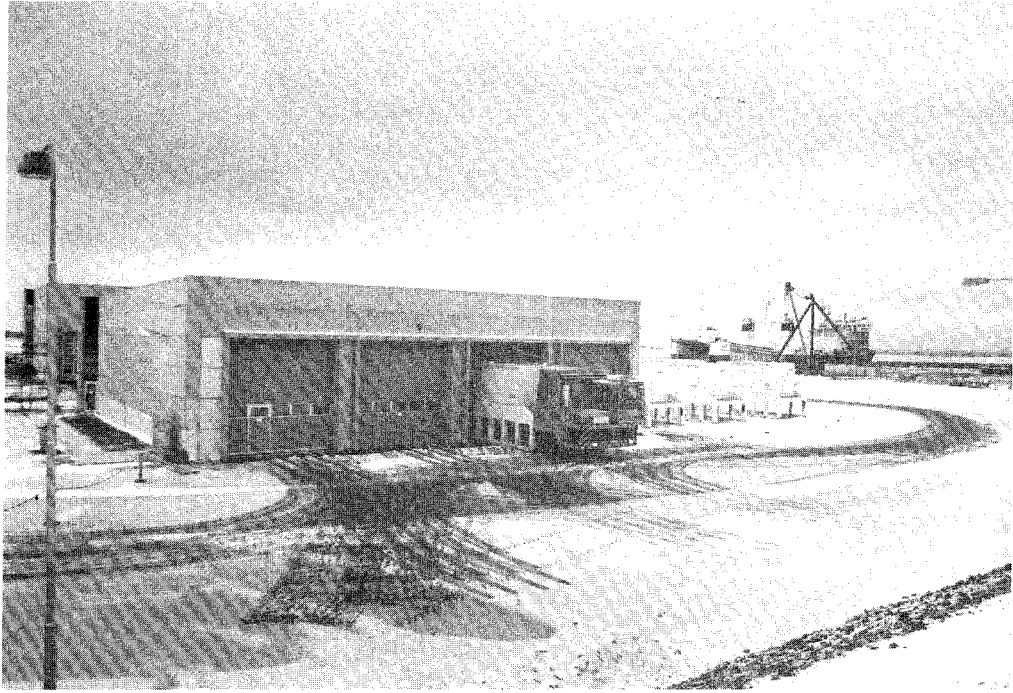
5.4 DRIFTERFARENHETER

Anläggningen har under det första driftåret uppvisat god funktions- och driftsäkerhet och har infriat uppställda förväntningar. Mycket låga stråldoser har registrerats till driftpersonalen. Inga radioaktiva utsläpp till luft eller vatten har registrerats.

Utöver den normala driftverksamheten har ett 20-tal sk projektrestpunkter åtgärdats.



Figur 5-3. Förvaringssilo med fjärrstyrd hantering av transportbehållare.



Figur 5-4. En transport har kommet med M/S Sigyn.

6 UPPARBETNING

Mellan OKG AB och det brittiska företaget British Nuclear Fuel plc (BNFL) finns ett avtal om upparbetning av 140 ton använt bränsle. Det använda bränslet under detta kontrakt har tidigare transporterats till Storbritannien. Något radioaktivt avfall från upparbetningen av denna mängd använt bränsle skall ej tas om hand i Sverige.

Mellan SKB och det franska företaget COGEMA har slutits avtal om upparbetning av använt bränsle från reaktorerna i Barsebäck, Ringhals och Forsmark. Först slöts 1977 två mindre avtal – de sk 70-talsavtalen – om upparbetning av sammanlagt 57 ton använt bränsle från Ringhals och Barsebäck. Därefter slöts 1978 det sk 80-talsavtalet, där ett antal kunder från Belgien, Frankrike, Japan, Nederländerna, Schweiz, Sverige och Västtyskland gemensamt finansierar en upparbetningsanläggning – UP3A i La Hague – som ägs och drivs av COGEMA. Den svenska delen kom att omfatta nominellt 672 ton använt bränsle. Proportionell skyldighet att betala kostnader respektive proportionell rättighet till kapacitet föreligger.

SKB har avvecklat upparbetningskontrakten med COGEMA på följande sätt.

En överenskommelse träffades 1985 mellan SKB och fyra västtyska kraftföretag. Denna innebär att de 57 ton använt kärnbränsle som enligt 70-talsavtalen transporterats till La Hague byttes mot ca 24 ton använt västtyskt MOX-bränsle som SKB tog hand om och mellanlagrar och slutförvarar i Sverige.

1985 träffades en annan överenskommelse med ett japanskt kraftföretag, varigenom rättigheten till 178 av de 672 ton som det sk 80-talsavtalet med COGEMA omfattade försålles till detta.

I slutet av 1989 har rättigheten till resterande kvantiteter försålles till 8 västtyska kraftföretag. Härigenom har väsentliga kostnadsminskningar för slutdelen av kärnbränslecykeln erhållits.

Nu kvarstående upparbetningskontrakt är alltså endast det mellan OKG och BNFL om 140 ton.

7 FORSKNING OCH UTVECKLING

7.1 ALLMÄNT

De svenska kärnkraftföretagen har uppdragit åt Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB), att upprätta det program som lagen om kärnteknisk verksamhet (1984:3) kräver. Programmet skall inlämnas till Statens Kärnbränslenämnd vart tredje år, med start år 1986. Det andra programmet i ordningen tillställdes Statens Kärnbränslenämnd (SKN) i september 1989 och sändes därifrån på remiss till cirka 50 organisationer i Sverige. SKN rapporterade om sin granskning till regeringen den 1 april 1990.

De arbeten som utförts under perioden har i stort sett följt programmet från 1986. Detta kapitel återger endast några huvudpunkter bland resultaten.

7.2 FoU-PROGRAM 89

Det andra FoU-programmet enligt lagen om kärnteknisk verksamhet ingavs till SKN den 27 september 1989. Programmet är främst inriktat på slutförvaring av använt bränsle. Under 1990-talet kommer arbetet inom detta område att gå från forskning och utveckling till utveckling och demonstration. Viktiga allmänna målsättningar i programmet är:

- Att välja ut och undersöka platser för lokalisering av ett slutförvar för använt bränsle.
- Att utvärdera alternativa koncept till slutförvar och att välja en principiell metod för platsanpassning och ytterligare optimering.
- Att förbättra kunskap och databas för tekniska barriärer, geologi och bergegenskaper som underlag för optimering av ett förvaringssystem till en specifik anläggningsplats.
- Att förbättra och ytterligare utveckla metoderna för säkerhetsanalys i syfte att skapa bättre förståelse beträffande säkerhetsmarginalerna och därigenom bidra till ökad acceptans för slutförvaringsprogram.

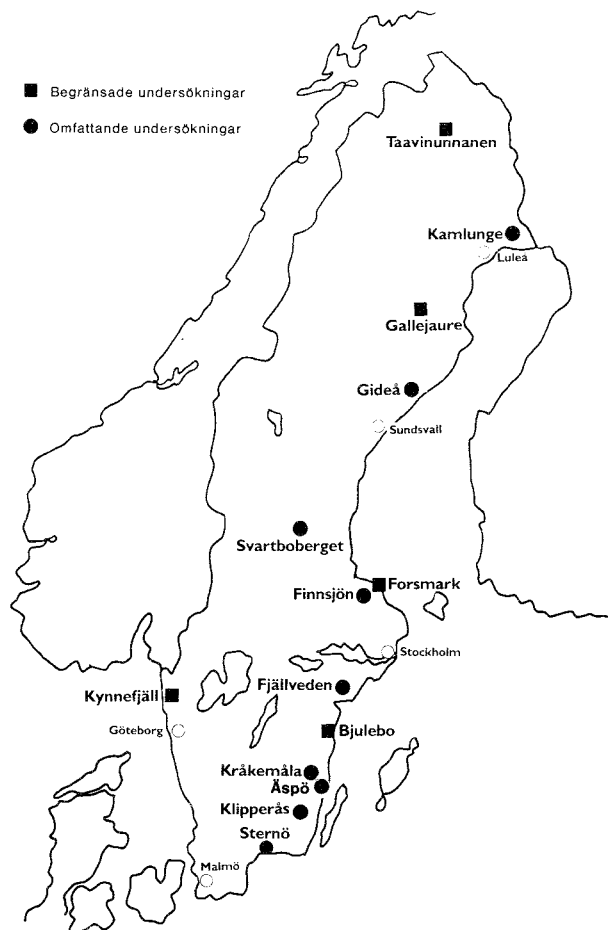
Lokaliseringen av ett förvar för använt bränsle och annat långlivat avfall är programmets nyckelfrågor.

Inventering av potentiella lokaliseringar för ett geologiskt slutförvar startades i Sverige i mitten av 70-talet. Under åren därefter har sammanlagt cirka 1000 lokaliseringar registrerats. Flera av dessa platser visas i Figur 7-1. Mätningar i djupa borrhål ned till 600 – 1000 meter har utförts vid ett tiotal av dessa platser. Experiment och undersökningar har också utförts i Stripagruvan sedan 1977. Dessa studier har lett till slutsatsen att det finns många platser i Sverige, där de geologiska förhållandena är lämpliga för ett slutförvar för använt kärnbränsle.

Under 1990-talet är huvudmålet för aktiviteterna som avser slutförvaring av använt bränsle att karakterisera två platser med sådan detaljeringsgrad att det är möjligt att lämna in en ansökan om lokaliseringstillstånd år 2003 och att sedan starta byggnadsarbeten år 2010. Detaljerad karakterisering av en anläggningsplats väntas ta omkring 5 – 6 år.

För att innehålla denna tidplan för forskningen under 1990-talet har följande delmål identifierats för forsknings- och utvecklingsinsatserna:

- Att ta fram ett program för förundersökningar i början av 1990-talet.
- Att genomföra en säkerhetsanalys, SKB 91, fram till 1991.
- Att förfina och verifiera metodologin och utveckla ett program för detaljerad karakterisering av alternativa platser fram till mitten av 1990-talet.
- Att genomföra studier av alternativa konstruktionsprinciper.
- Att välja konstruktionsprincip för slutförvaret som bas för en detaljerad berggrundskarakterisering och optimering fram till 1995.
- Att förfina och i olika skalor testa metoder och modeller som beskriver grundvattnets strömning och transport av lösta ämnen i omgivande berg. I rimlig utsträckning validerade modeller bör finnas tillgängliga innan man börjar optimeringen till specifika platser i slutet av 1990-talet.



Figur 7-1. Platser där SKB har utfört geologiska undersökningar av varierande omfattning.

7.3 FORSKNINGSVERKSAMHETEN

7.3.1 Tekniska barriärer och slutförvarskonstruktioner

Under senare år har i jämförelse med KBS-3 två principiellt olika slutförvarsalternativ studerats nämligen "WP-Cave" och "Djupa borrhål". En jämförelse mellan WP-Cave och KBS-3 har slutförts. Resultaten visar att:

- båda koncepten kan ge acceptabel säkerhet,
- utnyttjande av WP-Caves potential kräver avsevärda utvecklingsinsatser på områden där förståelse och dataunderlag idag är ofullständigt,
- de högre temperaturer som WP-Cave förutsätter medför via osäkerheter i data och dominerande processer en ökad osäkerhet i de beräknade konsekvenserna,
- båda förvararna kan realiseras med normal anpassning av idag existerande teknik,
- man kan inte idag säga om det är lättare att finna en lämplig plats för den ena eller andra utformningen,
- byggandet av WP-Cave-förvar för det svenska behovet skulle bli avsevärt dyrare än ett KBS-3-förvar.

Slutsatsen härav är att studierna av WP-Cave som ett sammanhållet system ej kommer att fortsättas.

En preliminär studie av förvarskonceptet Very Deep Hole (VDH) har fortsatt. Erfarenheterna från det djupa hålet i Gravberg och andra djupa hål i kristallint berg har beaktats. Referenskonstruktionen har borrhål med 4 000 m djup och 0,8 m större diameter. För 7 800 ton använt bränsle skulle krävas 35 sådana deponeringshål. I Gravberg påträffades vatten med 15% salthalt i hålet. Så höga salthalter kan ha en positiv inverkan på den geologiska barriärens inneslutningsegenskaper i detta koncept. Om avfallet har måttlig värmegenerering tyder utförda analyser på att drivkraften från värmeutvecklingen inte räcker för att driva upp vatten till markytan.

Studierna av använt kärnbränsle inkluderar karakterisering av bränsle, bränslekorrosion och modellkonstruktion. Under 1989 har hittills framkomna resultat sammanfattats i en teknisk rapport. I rapporten poängteras samstämmigheten i resultat erhållna av olika grupper i Sverige och på annat håll. För BWR- och PWR-bränsle med hög utbränning uppnås mättnad av uran i syntetiskt grundvatten på nivån några få ppm, medan plutonium tycks nå mättnad vid en koncentration på några tiotals ppb. Insatserna vad gäller modellkonstruktion för använt bränsle koncentreras på oxiderande upplösning. Anledningen är att det trots de reducerande förhållanden, som kan förväntas i djupt granitiskt grundvatten, kan föreligga oxiderande betingelser lokalt, beroende på alfaradiolys.

Experiment med utsläpp och migration av vissa fissionsprodukter och aktinider från använt bränsle i kontakt med hårt kompakterad bentonit har inletts. Resultaten från de första testerna efter 101 och 386 dygns kontakttid tyder som väntat på hög rörlighet för cesium. Aktiniderna har mycket låg rörlighet. Efter ett år hade plutonium diffunderat mindre än 0,5 mm från bränslet. Mycket lite teknetium hade i samtliga fall läckt ut från proverna, vilket tyder på att teknetium föreligger som Tc(IV) eller i lägre valenstillstånd.

Undersökningarna på koppar har under 1987 koncentrerats till krypningsstudier. Försöket fortsätter under 1990.

Sedan 1986 deltar SKB i EUREKA-projektet, som har till mål att utveckla en metod för elektronstrålesvetsning av tjockväggiga metallkomponenter utan vakuum. Projektet leds av Welding Institute i Storbritannien. Första steget har nu slutförts och en svetsningsstation på 500 m³ har byggts upp komplett med 10 t travers för hantering av tunga komponenter. Kraftförsörjning och styrsystem för svetshuvudet kommer att tas i drift under 1990.

Ett prov av bentonit (MX80) har tagits ut från den franska anläggningen POSEIDON vid Saclay efter cirka ett års exponering för intensiv gammastrålning. Undersökning av de fysikaliska egenskaperna fortsätter på de bestrålade proverna.

7.3.2 Geovetenskap

Den geovetenskapliga forskningen har i stor utsträckning varit knuten till några stora projekt, som ger tillfälle till samverkan mellan olika specialdiscipliner. De viktigaste projekten är:

- Det internationella Stripa-projektet.
- Det planerade berglaboratoriet – Äspölaboratoriet.
- Studier av sprickzon vid Finnsjön.
- Studier av postglaciala rörelser vid Lansjärv.

7.3.3 Stripa-projektet

Programmet för karakterisering och validering av anläggningsplatser baseras på idén om iterativa cykler med faserna datainsamling, prediktering och validering. Programmet indelas därför i fem steg enligt följande:

Steg	Benämning	Period	Typ av arbete	Cykel
I	Preliminär plats-karakterisering	86 – 88	Datainsamling	Första
II	Preliminär prediktering	87 – 88	Prediktering	Första
III	Detaljerad karakterisering och preliminär validering	88 – 89	Validering datainsamling	Första/ andra
IV	Detaljerad prediktering	89 – 90	Prediktering	Andra
V	Detaljerad validering	90 – 91	Validering	Andra

Arbetsprogrammet inkluderar ett antal olika metoder som tillhör ämnesområdena strukturgeologi, geologi, geofysik, kemisk hydrogeologi och modellering. Dessa har kombinerats på ett sådant sätt att prediktering kan göras och därefter valideras. "Cykeln" i programmet indikerar två perioder av modellering, under vilka förutsägelser kan göras. Dessa båda perioder är mycket olika. Under den första (steg II), konstrueras en principmodell som är väsentligen geometrisk och som har preliminära värden på viktiga egenskaper. Modellen ger i detta steg preliminära geometriska förutsägelser. Under den andra perioden (steg IV) ingår i modellen detaljerade data om egenskaperna och förutsägelser om tillflöden till en provtunnel.

Steg III har som synes två funktioner, där data insamlade under detta steg i programmet jämförs med preliminära förutsägelser från arbetet under steg II. Dessa data utgör också basen för detaljerade predikteringar under steg IV. Steg I och II avslutades under 1988. Datainsamlingen under steg III avslutades under 1989 och analys av dessa data pågår.

Nära anknutet till programmet är den fortsatta utvecklingen av

- Högupplösande och riktade radarantennar.
- Förbättrade metoder för högupplösande seismisk borrhålsmätning.
- Modeller för sprickmönster.
- Experiment med kanalbildning.

Experimenten med kanalbildning avslutades under 1989 och resultaten publicerades under första halvåret 1990.

Bergtättningsförsök inom Stripa-projektet inkluderar arbete inom fyra storskaliga in-situ-försök i Stripa, liksom laboratoriestudier av den långsiktiga fysikaliska och kemiska stabiliteten hos cement och bentonitbaserade injekteringsmaterial. Programmet innehåller också teoretisk studie av livslängden på cementbaserade injekteringsmedel.

Stripa-projektet avses avslutas under 1991 och efter denna tidpunkt kommer karakteriserings- och valideringsarbete att vidareutvecklas under byggandet av Äspölaboratoriet. Arbetet kan här utföras i en helt ostörd bergvolym.

7.3.4 Äspölaboratoriet

Ett relativt detaljerat program för Äspölaboratoriet presenterades i en underlagsrapport till FoU-program 1989.

Följande tre huvudmål har ställts upp:

- Att pröva kvalitet och lämplighet för olika metoder att karakterisera det omgivande berget med avseende på betingelser som är viktiga för ett slutförvar.
- Att förfina och demonstrera metoder att anpassa ett slutförvar till lokala egenskaper hos berget i samband med planering och anläggningsarbeten.
- Att samla material och data av betydelse för slutförvarets säkerhet och för konfidensnivån vad gäller kvaliteten på säkerhetsanalysen.

Det sistnämnda målet är gemensamt för SKBs hela FoU-program.

För att innehålla den totala tidplanen för SKBs forskningsarbete har delmål ställts upp för aktiviteten vid Äspölaboratoriet.

Förundersökningarna under 1988 samt resultat från flera djupa kärnborrhål har utvärderats och rapporterats. Resultaten visar att målområdet Äspö, en liten ö norr om CLAB-anläggningen, är en lämplig plats för laboratoriet. Undersökningarna har sedan fortsatt med ytterligare borrhning och mätning. En väsentlig del av undersökningarna går ut på att teoretiskt relatera resultatet till olika skalor. Dessa beskrivningar utgör underlag för olika numeriska modeller som tillämpas inom projektet, t ex sprickflödesmodeller. Före starten av anläggningsarbetena, som är planerade till hösten 1990, kommer förutsägelser att göras av de förändringar som kommer att inträffa under byggandet av laboratoriet.

Tunnelarbetena beräknas starta under hösten 1990 för att nå djupet 500 m under 1994. Tillstånd från berörda myndigheter väntas under sommaren 1990. I augusti 1989 bestämde regeringen att det för Äspölaboratoriet erfordras tillstånd enligt miljöskyddslagen. I samband med detta beslöt SKB om vissa layoutändringar för laboratoriet, varigenom miljöpåverkan reduceras. Regeringens tillstånd gavs i april 1990.

Under anläggningsfasen kommer undersökningen att utföras för validering av de prognoser enligt predikteringsmodellerna som gjorts under förundersökningsfasen. Dessutom kommer data att samlas för fortsatt förbättring av tidigare prognoser. Undersökningarna skall utföras både från tillfartstunneln och i hål som borrar från markytan.

7.3.5 Sprickzonprojektet

Grundvattenströmningen i kristallint berg är koncentrerad till zoner med en ökad frekvens av vattenförande sprickor, som står i förbindelse med varandra. Dessa sprickzoner har mycket högre hydraulisk konduktivitet än den omgivande bergmassan. Eventuella läckage av radionuklider från ett underjordiskt förvar upp till biosfären kommer därför att ske företrädesvis via sådana sprickzoner.

Sprickzonprojektet startades år 1984. Målsättningen för undersökningen var att fastställa viktiga karakteristika med avseende på migration av radionuklider i stora sprickzoner. Under projektets inledande skede identifierades en lämplig subhorisontell sprickzon vid undersökningsplatsen Finnsjön. Denna zon har blivit grundligt karakteriserad med geologiska, geofysikaliska, geohydrologiska och hydrokemiska undersökningsmetoder från markytan och via ett stort antal borrhål.

Under tredje fasen av sprickzonprojektet inkluderades ett hydrologiskt interferensförsök och två separata spårämnesförsök. Det ena av dessa var ett radiellt konvergeringsförsök och det andra ett dipolförsök.

Baserat på de mycket omfattande undersökningarna före spårämnesexperimenten försökte man förutsäga resultaten av varje nytt spårämnesförsök med ledning av de föregående. I allmänhet är resultaten av försöken i god överensstämmelse med förutsägelseerna. Spårämnesförsöken har visat att grundvattenflödet i den kraftigt vattenförande zonen kan modellbeskrivas som ett skiktat poröst medium. Den vertikala ledningsförmågan är flera storleksordningar lägre än den horisontella.

Under 1989 utfördes dipolvarianten av spårämnesförsöken. Vatten pumpades ut från den övre, starkt vattenledande delen av sprickzonen i ett borrhål och tillbaka i ett annat borrhål 150 m bort. 16 olika kortlivade radionuklider användes som spårämnen, tillsammans med stabila sådana. Användningen av radioaktiva isotoper var framgångsrik och man planerar att tillämpa metoden även i framtiden.

7.3.6 Lansjärvstudien

År 1986 påbörjades en omfattande undersökning av förmodade postglaciala förkastningar i Lansjärvområdet i norra Sverige. Syftet med studierna vid Lansjärv var att:

- Utröna mekanismerna som orsakat de nuvarande branterna.
- Klarlägga omfattningen och samtida sprickbildning.
- Klarlägga omfattningen av pågående rörelser.

De tvärvetenskapliga undersökningarna utfördes 1986 – 1988 och resultaten har publicerats i en sammanfattningsrapport 1989. Allmänna slutsatser är följande:

- De postglaciala rörelserna i Lansjärv anses ha utlösts primärt genom reaktivering av existerande sprickor och förkastningar.
- Förkastningarnas utbredning motsvarar effekten av tektoniska rörelser hos kontinentplattorna.
- Postglaciala strukturer i norra Fennoskandia är framträdande tektoniska särdrag, som bildats i sen tid i berggrunden och som karakteriseras av ett relativt stort antal regionala skärzoner med orientering NW-SE och N-S. Området har en allmänt låg relief och den nuvarande landhöjningshastigheten är relativt hög.
- Orienteringen av äldre svaghetszoner i norra Fennoskandia gynnar postglaciala förkastningar (PGF) i form av språng- och överskjutningsförkastningar.
- Reaktiverade PGF i Lansjärv har skett genom tektoniska rörelser, som kan ha utlösts i samband med isavsmältningen.
- Den hydrauliska konduktiviteten i kärnborrade hål vid Lansjärv avviker inte signifikant från uppmätta värden i ett stort antal andra borrhål i svenskt urberg.
- Man bedömer att rörelsezoner i det studerade skiktet av berget kan undvikas genom lämplig layout av förvaret. Det har inte varit möjligt att urskilja några effekter av sista istiden på större djup än 300 m, eftersom de förhållandena är resultatet av ackumulerade störningar som har ägt rum i berget under många hundra miljoner år och ett flertal istider.

Undersökningarna vid Lansjärv planeras bli avslutade under 1990 efter vissa kompletterande fältarbeten.

7.3.7 Kemi

Kemiska försök med radionuklider har utförts i syfte att bestämma löslighet och speciering av aktinider och relevanta fissionsprodukter i grundvattnet, nuklidernas diffusion och sorption i granitiskt berg och i tekniska barriärmaterial som bentonitlera och betong. Tillsatser i bentoniten (gettermaterial) har provats i syfte att öka retentionen av radionuklider i återfyllningen.

Inverkan av organiska grundvattenkomponenter, såsom humus- och fulvosyra, på radionuklidernas migration har testats. Detta gäller även oorganiska kolloidala partiklar och mikrober i grundvattnet.

Man kan dra slutsatsen att grundvattnets strömningsförhållanden i kombination med den kemiska karaktären hos de lösta radionukliderna har stor betydelse för retentionen av dessa nuklider. Koncentrationen för mobila aggregat och kontaktytan med berget utefter strömningsvägarna är nyckelfaktorer vid bedömning av bergets barriärfunktion med avseende på migration av radionuklider. De kemiska undersökningarna är inriktade på detta mål.

7.3.8 Biosfären

En undersökning beträffande naturlig åldring av ekosystem har slutförts. De naturliga förändringarna inträffade när landhöjningen orsakade brackvattenvikar, som så småningom avsnördes från havet och gradvis utvecklades till sjöar och slutligen till jordbruksmark. Processerna har studerats i kustområdena utefter Östersjön. Överföringen av nuklider från grundvatten till människan påverkas som väntat i hög grad av den primära recipienten. En typisk biosfär av den typ som SKB använt i tidigare säkerhetsstudier med ett litet lantbrukshushåll med brunn för dricksvatten, sjö för fiske och både husdjursuppfödning och sädesodling, tycks ge en rimlig övre uppskattning av doserna till en hypotetisk kritisk grupp, som är exponerad för radionuklider i grundvattnet.

7.3.9 Säkerhetsanalys

Inom området säkerhetsanalys är den mest intressanta utvecklingen starten av en ny omfattande säkerhetsanalys benämnd SKB 91. Huvudsyftet är att bedöma inverkan av de viktigaste geologiska parametrarna och strukturerna och deras variation när det gäller skyddsfunktion-

nen hos ett förvar. Som referensfall används den principiella utformningen i KBS-3 med Finnsjön som lokalisering. Variationen hos de geologiska parametrarna hämtas från den databas som samlats av SKB vid typområdena under 1980-talet. Studien kommer att rapporteras i slutet av 1991. Den kommer också att bilda basen för fortsatta säkerhetsanalyser för specifika lokaliseringar av ett slutförvar liksom för alternativa konstruktioner utöver KBS-3.

Ett projekt har genomförts tillsammans med Statens Kärnkraftinspektion (SKI) avseende identifiering av scenarier. Den tillämpade metoden kommer att tillämpas ytterligare i samband med SKB 91.

7.3.10 Naturliga analogier

Studium av naturliga analogier är ett viktigt komplement till laboratorie- och in-situförsök över radionuklidernas beteende och deras transport i geosfären. SKB deltar i flera studier inom detta område. Poços de Caldas-projektet startade 1986 på två lokaler i Brasilien, belägna nära varandra. Projektet stöds av organisationer i fyra länder utanför Brasilien. Under 1989 slutfördes allt fältarbete och insatserna övergick till laboratorieanalyser, utvärdering och resultatrapportering. Projektet kommer att avslutas under 1990.

Under 1989 gick SKB också in i projektet vid Cigar Lake, som leds av AECL i Kanada. Cigar Lake är en mycket rik uranmalm, som ligger på 450 m djup i norra Saskatchewan i Kanada. Fyndigheten har flera mycket intressanta egenskaper i analogi med ett slutförvar för använt bränsle. Projektet startar med en preliminär fas till maj 1990 och planeras därefter fortsätta med en huvudfas på två år.

8 KOSTNADSBERÄKNINGAR

8.1 PLAN-89

I enlighet med svensk lag skall alla kostnader för hantering och slutförvar av radioaktivt avfall inkluderande kostnaderna för rivning av kärnkraftstationerna betalas av ägarna till kärnkraftverken. För att säkerställa att tillräckliga medel finns tillgängliga i framtiden skall ägarna leverera in en särskild avgift till statens kärnbränslenämnd. Avgiftens storlek uttryckt i öre per kilowattimme fastställs årligen av regeringen.

Underlaget för avgiftsberäkningar utgörs av en kostnads kalkyl som SKB utför och varje år per den 1 juli inlämnar till statens kärnbränslenämnd. Kärnbränslenämnden granskar sedan beräkningarna och ger ett förslag till avgift till regeringen som sedan senast i december fastställer avgiften för kommande år.

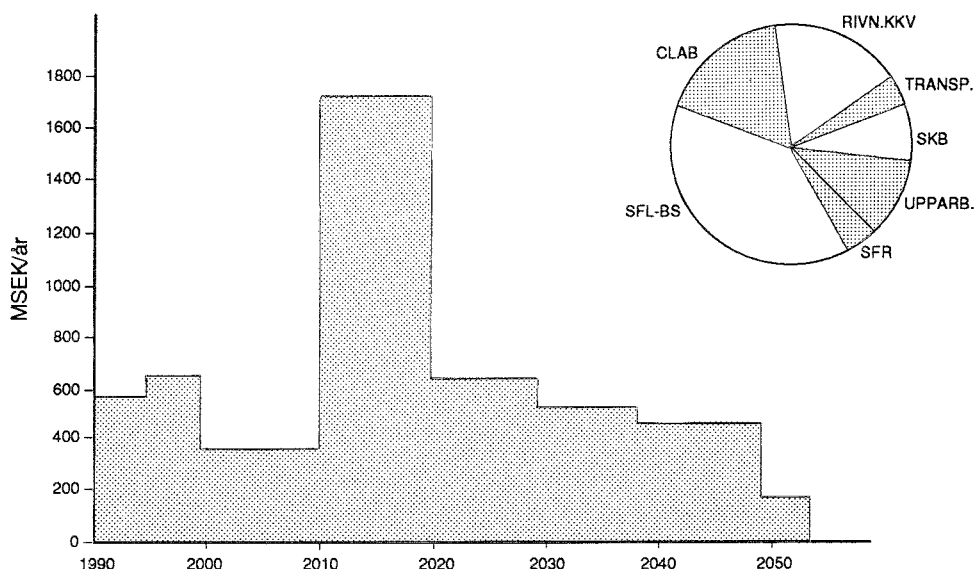
Kostnads kalkylen baseras på det hanteringssystem och det scenario som beskrivits i kapitel 1. Kostnadsberäkningarna inkluderar kostnaderna för byggande, drift och rivning av alla nödvändiga anläggningar och tillhörande utrustning. Dessa är:

- Transportsystem
- Mellanlager för använt kärnbränsle, CLAB
- Inkapslingsstation för använt kärnbränsle
- Anläggning för slutförvaring av använt kärnbränsle och annat långlivat avfall
- Anläggning för slutförvaring av reaktoravfall och rivningsavfall, SFR.

Vidare inkluderas kostnader för forskning och utveckling, för kvarvarande upparbetningskontrakt, och för rivning av kärnkraftstationerna.

Enligt den i juni 1989 till kärnbränslenämnden inlämnade kostnads kalkylen – Plan 89 – utgör de uppskattade framtida kostnaderna från och med 1990 ca 43 miljarder kronor (i prisnivå januari 1989). Till och med år 1989 beräknas ca 7,4 miljarder kronor ha förbrukats. Den totala kostnaden för slutdelen av kärnbränslecykeln i Sverige är sålunda ca 50 miljarder kronor. Värdet av den nukleärt producerade elektriciteten är drygt 600 miljarder kronor.

De totala utgifterna kommer att bli utspridda över en period om mer än 70 år. Figur 8-1 visar en grov bild av kostnadsfördelningen i framtiden.



Figur 8-1. Framtida kostnader för hanteringen av det radioaktiva avfallet samt fördelning på olika anläggningar.

Med en uppskattad 99 upparolningskostnader av CLAB för sig och kostnader av ca 100 miljoner för järn- och stål.

Transporter	10%
Mellankulning av svetsade kärnkraftverk	20-30%
Lokalslag och stiftföreläring av användar kända bränslen och lämpligt avfall	30-35%
Slutförvaring av reaktortankar och avfall från rivning av kärnkraftstakningar	40%
Rivning av kärnkraftstakningar	10-15%
Diverse inkluderande forskning och utveckling, allmän försöksverksamhet	10%

Kostnadsberäkningarna har baserats på preliminära utformningar av de olika utrustningarna som kommer att utföras i framtiden. För detta arbete är också en del av de tekniska utredningarna utförda av CLAB och STB av stor betydelse.

8.2 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK

Som framgår av ovanstående tabell utgör den förmåda rivningen av kärnkraftverken en relativt betydande del av den totala avfallskostnaden. Som underlag för beräkningarna av rivningskostnaden ligger omfattande studier som är specifika för de svenska kärnkraftverken. Dessa har kompletterats med de erfarenheter från verkliga rivningsarbeten som finns i utvärlden. Från detta arbete kan följande slutsatser dras.

När ett kärnkraftverk tas ur drift är delar av det radioaktiva nedslagsområdet. Detta innebär att rivningen måste genomföras på ett kontrollerat sätt med vederbörlig hänsyn till behov av strålskyddsåtgärder utöver konventionellt arbetarskydd. Vidare behöver vissa delar av rivningsavfallet tas om hand och slutdeponeras som radioaktivt avfall.

Ett flertal mindre forskningsreaktorer och några små kärnkraftverk har redan rivits på flera håll i världen. Nu pågår rivningen av några halvstora kärnkraftverk, t ex i Japan, USA, Västtyskland och Storbritannien. Några fullstora verk har ännu inte någonting varit i drift och rivits.

Erfarenheterna av rivning i Sverige är begränsade till rivningen av forskningsreaktorn R1 i Stockholm och några mindre anläggningar i Studsvik.

De genomförda rivningarna och ett flertal studier visar att metoderna för att riva kärnkraftverken är tillgängliga idag. Huvuddelen av den utrustning, som behövs för rivningen finns redan tillgänglig och används rutinnässigt vid underhåll och ombyggnader på de svenska kärnkraftverken. Endast för rivning av reaktortanken och dess interna delar, samt för rivning av betongskyddet närmast reaktortanken behövs metoder som ännu ej använts i Sverige. Erfarenheter från användning av sådana metoder erhålles vid de ovan nämnda pågående rivningsprojekten. Svensk kraftindustri har god insyn i dessa projekt genom en samarbetsprogram som organiserats i OECD/NEAs regi och där Sverige genom Svensk Kärnbränslehantering, SKB, sköter programkoordineringen.

Tillvägagångssättet för att riva de svenska kärnkraftverken har beskrivits i en rapport från SKB, "Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk" från maj 1978. Den totala tiden för att riva ett block beräknas till ca fem år från det att rivningen inleds. Kostnaden för att riva ett block är beroende av blockets typ och storlek. Den varierar mellan 400 och 700 MSEK (1986 års penningvärde). Härtill kommer kostnaden för att ta hand om och deponera det radioaktiva avfallet, ca 50 MSEK per reaktorblock.

Finansieringen av den kommande rivningen lagas som en del i den större avvikelsen för att ta hand om det använda bränslet och förordas i riksbanken.

Tidpunkten för när ett kärnkraftverk skall rivas bestäms av ett flertal olika faktorer. Den viktigaste är vilken annan verksamhet som planeras på platsen, samt tillgången på personal och god anläggningsskämmedom. Även strålskyddsaspekter och samhället allmänna synpunkter kan komma att påverka tidpunkten.

I den nämnda rapporten, visas att en rivning kan inledas ca ett år efter att det sista reaktorblocket har stängts av vid ett kärnkraftverk. Som ett alternativ visas även att det är möjligt att lägga anläggningen i malpåse under 30 – 50 år innan det egentliga rivningsarbetet inleds. Den tidiga rivningen förordas med hänsyn främst till tillgången på personal med anläggningskännedom. Vid en senarelagd rivning erhålles en lägre strålningsnivå, vilket ger vissa förenklingar av rivningsarbetet.

Denna planering påverkas ej av riksdagens beslut i juni 1988 om riktlinjer för inledningen av kärnkraftavvecklingen, vilka innebär att en första reaktor skall tas ur drift år 1995 och en andra år 1996, en i Barsebäcksverket och en i Ringhalsverket. De två reaktorer som kan bli aktuella för en förtida avveckling är sammanbyggda med reaktorer som kommer att fortsätta att vara i drift. Av säkerhetsskäl är det därför klart olämpligt att påbörja rivningen av dem innan de övriga reaktorerna tagits ur drift.

När rivningsarbetena skall genomföras kommer det att vara rationellt att ha en gemensam planering för hela landet. Härigenom erhålles fördelar i form av rationell utnyttjning av specialutrustning och specialutbildad personal, samt goda möjligheter till erfarenhetsåterföring.

Utgångspunkten för planeringen av den framtida rivningen är således att denna kommer att påbörjas tidigast år 2010. Beroende på vilken framtida användning som planeras för kraftverksläget, t ex ifall området kommer att användas för annan kraftproduktion, kan det även finnas motiv för att starta själva rivningsarbetet senare.

Vid beräkningen av vilken avgift som skall tas ut för att finansiera den framtida rivningen har dock antagits att rivningen påbörjas snarast efter år 2010. Härigenom förvissas man sig om att tillräckligt mycket pengar avsätts.

8.3 AVGIFT

Eftersom kostnaderna för de olika kärnkraftverken inte är helt lika tillämpas från och med 1987 separata avgifter. I genomsnitt är avgiften under 1989 och 1990 1,9 öre/kWh och uppdelat på kärnkraftverken

Barsebäck	2,2 öre/kWh
Ringhals	1,9 öre/kWh
Forsmark	1,9 öre/kWh
Oskarshamn	1,7 öre/kWh

Detta motsvarar en total kostnad för de svenska kärnkraftföretagen om ca 1,3 miljarder kronor per år. Avgiften inbetalas till statens kärnbränslenämnd och sätts in på konto i riksbanken, ett för varje kraftföretag. De inbetalade avgifterna administreras av nämnden, som också utbetalar medel till SKB för användning inom området.

Sammanlagt har kärnbränslenämnden till och med 1989 tillförts 12 747 miljoner kronor varav drygt 2 200 miljoner kronor utgör räntor. Under samma tid har till ersättningar m m åtgått 6 562 miljoner kronor, varför behållningen vid årsskiftet 1989–90 utgjorde 6 185 miljoner kronor.

KÄRNBRÄNSLECYKELNS OCH SLUTSTEGENS KOSTNADER

Kostnaderna för försörjningen med kärnbränsle inträffar tidsmässigt i anslutning till motsvarande elproduktion. Naturligt uran köps 1 à 2 år innan motsvarande färdigt kärnbränsle sätts in i en reaktor. Detta kärnbränsle ger därefter elenergi under ca 5 år. Kostnaderna för försörjningen med råvaror och tjänster för kärnbränslet kan därmed relateras till motsvarande produktion av elektricitet.

Kostnader för kärnbränsle varierar givetvis med kommersiella villkor i olika kontrakt och därmed också för olika kraftföretag. Under 1989 har kostnader för färdigt kärnbränsle i Sverige i medeltal uppgått till 2,8 öre/kWh.

Tabell 9-1 visar en uppdelning av kostnaderna per kilowattimme samt den totala kärnbränslekostnaden för 1989 års elproduktion med kärnkraft, som uppgick till 62,7 TWh.

Tabell 9-1. Kostnader för försörjning med kärnbränsle 1989.

	Öre per kWh Totalt	Miljoner kronor
Natururan	0,8	500
Konvertering	0,1	60
Isotopanrikning	0,9	560
Bränsletillverkning	0,9	560
Beredskapslager	0,1	60
Total bränsleförsörjning	2,8	1 740

Under de senaste åren har kostnaderna sjunkit för färdigt kärnbränsle, vilket beror på att såväl uran som anrikningstjänster blivit billigare. God tillgång på uran från fyndigheter med relativt höga halter har lett till sjunkande priser, framför allt på den sk spot-marknaden för omedelbara köp. Konkurrens mellan leverantörer av anrikningstjänster från USA, Europa och Sovjetunionen har lett till en mera rationell drift av befintliga anläggningar samtidigt som ny teknik introduceras – och detta leder till lägre priser. Nya typer av kärnbränsle har utvecklats som ger mera el per kilo uran och därmed lägre total bränslekostnad. Figur 9-1 visar utvecklingen av kostnaderna i medeltal för färdigt kärnbränsle till Sverige under de senaste åren.

För slutstegen är kostnadernas fördelning i tiden annorlunda. Flera av de nödvändiga åtgärderna pågår visserligen, andra är i ett inledande skede, men slutförvaringen av högaktiva och långlivade avfall kommer ej att ske förrän långt (ca 40 år) efter det att motsvarande elproduktion förevarit.

Enligt den sk finansieringslagen skall, för att säkerställa att medel i framtiden kommer att finnas tillgängliga, kärnkraftproducenterna inbetala en avgift till den ansvariga myndigheten, statens kärnbränslenämnd. Denna avgift avser kostnaderna för slutdelen av kärnbränslecykeln inklusive rivningskostnader för avställda anläggningar och fastställs årligen av regeringen. Basen härför utgörs av de årliga kostnadsberäkningar som utförs av SKB och inges till kärnbränslenämnden. Avgiften var för 1989 i genomsnitt oförändrad, 1,9 öre per kärnkraftgenererad kWh, men har differentierats för de olika kärnkraftstationerna (se avsnitt 8.2). Avgiften för 1990 utgår också oförändrad.

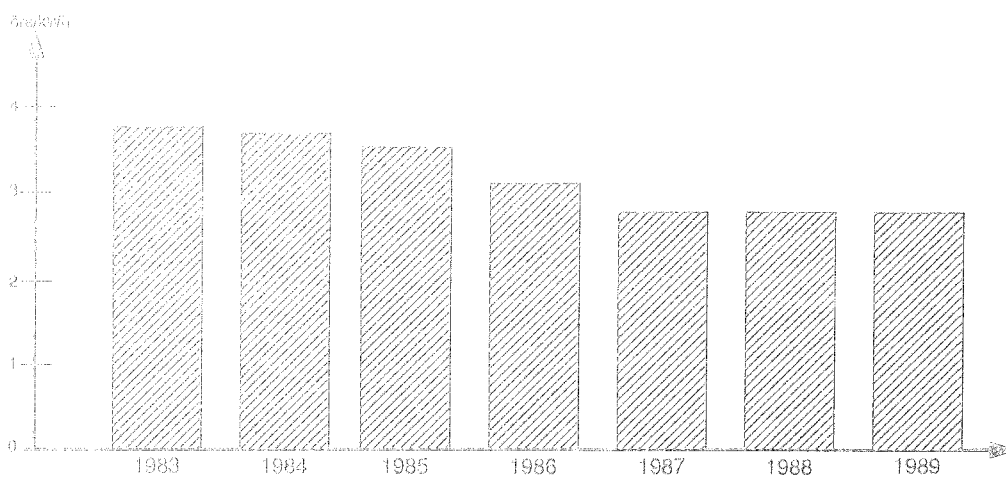
Kostnaderna för låg- och medelaktivt sk reaktoravfall som väsentligen uppstår under produktionsperioden för motsvarande kärnkraft faller utanför finansieringslagen och täcks

genom de stora ökningarna av kärnkraftproducenterna, vilket avsåts 0,1 öre per kärnkraftgenererad kWh.

Den totala kostnadsbelägen för kärnbränslet inklusive rivning blir då för år 1989

Förbrukning inklusive beredningskostnader	2,3 öre/kWh
+ Rivning inklusive rivning 1,9 + 0,1	2,0 öre/kWh
Sammanlagt	4,8 öre/kWh

Av detta utgör kostnader för rivning ca 0,4 öre/kWh.



Figur 9-1. Kostnader för färdigt kärnbränsle.

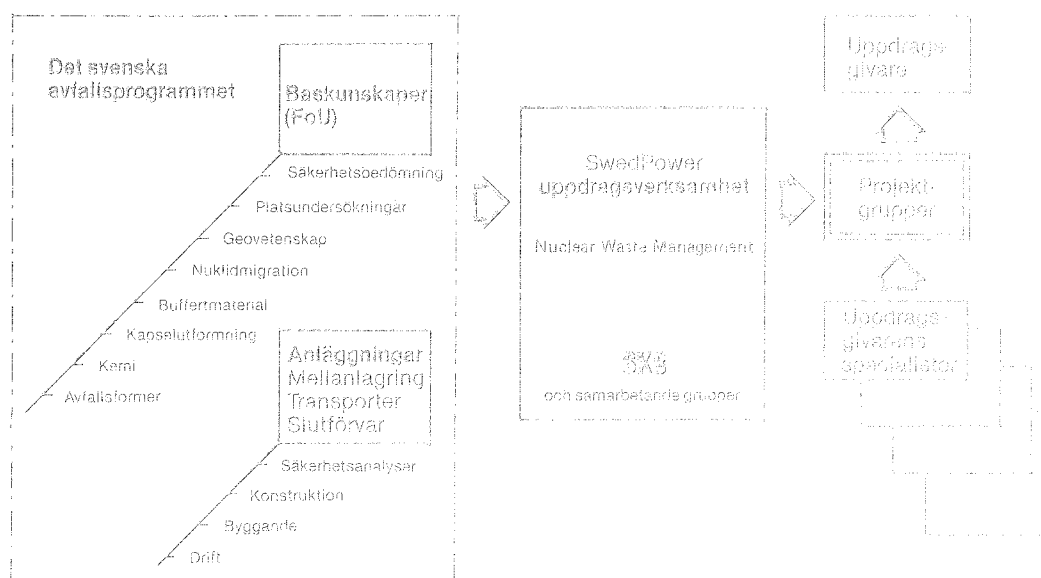
10 UPPDRAGSVERKSAMHET

Erfarenheter och know-how vunnna i arbetet med det svenska programmet för hanteringen av kärnavfall under SKB:s ledning är tillgängliga internationellt på uppdragsbasis. Den verksamhet har marknadsförts och samordnats genom SwedPower som i stort sett sammanfattar erfarenheter som SKB och marknadsför erfarenheter och know-how inom hela avfallområdet. Den grundläggande affärsidén är att kommersiellt erbjuda erfarenheter och know-how från den svenska kraftindustrin.

För varje uppdrag tillsätts en projektgrupp med en projektledare. I vissa projekt låter kunden egen personal ingå i projektgrupperna. Bland periodens uppdrag kan nämnas:

- geovetenskapliga borrhålsmätningar för
 - * TVO i Finland
 - * NAGRA i Schweiz
- övergripande plan för slutförvaring av använt bränsle i Taiwan,
- studien över gasbildning, gastransport samt kontourers egenskaper vid det planerade slutlagret för lågaktivt avfall i Japan,
- försäljning av borrhålsradarutrustning till Japan,
- granskning av TVO:s slutförvar för låg- och medelaktivt avfall i Olkiluoto i Finland,
- i slutet av 1989 träffades avtal med den koreanska organisationen KARIKI om genomförande av en förstudie för ett slutförvar för låg- och medelaktivt avfall.

Den totala omfattningen av uppdragsverksamheten under 1989 har varit ca 10 miljoner kronor.



Figur 10-1. Organisation av uppdragsverksamheten.

11 INFORMATION

11.1 ALLMÄNT

Sveriges system för att hantera och slutförvara kärnkraftens avfall, liksom radioaktivt avfall från sjukvård, industri och forskning, är utformat, planerat och konstruerat för att tillgodose mycket höga krav med hänsyn till säkerhet och omgivningspåverkan. Systemet bygger på användning av känd teknik och det är utformat så att inte vare sig ekonomisk eller annan börda lägges på kommande generationer.

Information till samhället och allmänheten är en integrerad och utomordentligt viktig del av det totala avfallsprogrammet. Målsättningen för SKB är att öppet redovisa och aktivt sprida information om företagets verksamhet, både på lokalt plan i samband med exempelvis specifika bergundersökningar och på nationell nivå när det gäller övergripande frågor.

Syftet med informationsarbetet är att ge berörda medborgare möjlighet att själva bilda sig en uppfattning om avfallsfrågorna och kvaliteten på lösningarna.

11.2 INFORMATIONSVERKSAMHET

Alltsedan SKB 1977 inledde sin forsknings- och utvecklingsverksamhet har samhället och allmänheten informerats om det pågående arbetet. En särskild informationsavdelning tillkom 1985 för att sprida allmän information om SKB och hålla fortlöpande kontakt med massmedier och samhälle. Sedan 1986 finns också publikationen SKB-nytt som regelbundet når inte bara anställda, utan även den stora kretsen vetenskapsmän, forskare och konsulter som arbetar för SKB.

Under 1989 prövades några nya grepp för informationsverksamheten. I en trycksak — Rösterna om svenskt kärnavfall — fick ett antal olika personer, inte bara SKB-företrädare, i intervjuer ge sin syn på avfallshanteringen utan de traditionella tekniska detaljerna. Två mobila utställningar har testats under året, dels ombord på SKB:s fartyg M/S Sigyn som under sommaren besökte fyra hamnar längs Östersjökusten och dels med en specialbyggd långtradartrailer som under hösten besökte 17 orter i Mellansverige. Utfallet blev i båda fallen mycket gott och har lett till beslut om fortsättning i större skala.

Som tidigare har ett stort antal svenska och utländska besökare mottagits vid alla befintliga anläggningar (CLAB, SFR, Stripa och Sigyn). Under året har de olika platsernas permanenta utställningar uppdaterats. SFR och CLAB har dessutom försetts med TV-kamror och monitorer för att möjliggöra för besökarna att följa verksamheten utan att beträda sk kontrollerat område.

Under perioden 1 juli 1988 — 31 dec 1989 har SKB medverkat vid offentliga informationsmöten i kommuner där SKB bedriver forskningsverksamhet. Vid dessa möten, liksom i ett antal längre radio- och TV-program under året, har VD och företagsledningen medverkat.

Nya trycksaker, filmer och videokassetter har producerats. Tillgängligt material listas nedan.

	Beställn nr	Språkversioner utöver svenska
Trycksaker		
Röster om svenskt kärnavfall	C 10 949 025	
Kärnavfall – faktafolder	C 12 949 025 C 12 E 922 010	engelsk
Nuclear Waste Management in Sweden – faktafolder i samarbete med OECD/NEA	S 99 909 025 X 99 E 842 020 X 99 F 842 010 D 99 939 010	engelsk fransk tysk
Om kärnbränsleförsörjning		
Transporter av radioaktivt avfall		engelsk
Slutförvar för radioaktivt driftavfall – SFR	C002 817 025 C003 E 818 025	engelsk
Centralt mellanlager för använt kärnbränsle – CLAB		engelsk
M/S Sigyn		engelsk
Underjordiskt berglaboratorium	C33 815 010 C33 E 834 010	engelsk
Stripa – en gruva för forskning	C 75 004 005	engelsk
Berggrundsundersökningar		
Mobilt laboratorium		
Forskning om kärnkraftavfallet		
Filmer		
Bergsäker forskning		
SFR – Slutförvar för radioaktivt driftavfall		
CLAB in action		engelsk, fransk
Videokassetter		
SFR – Slutförvar för radioaktivt driftavfall	C 1001 835	engelsk
Det använda kärnbränslets väg	C 1003 615	engelsk
Kärnbränslet och avfallet	C 1004 704	engelsk
Så fungerar CLAB	C 1002 614	engelsk/fransk
Stripaprojektet	C 1005 950	engelsk