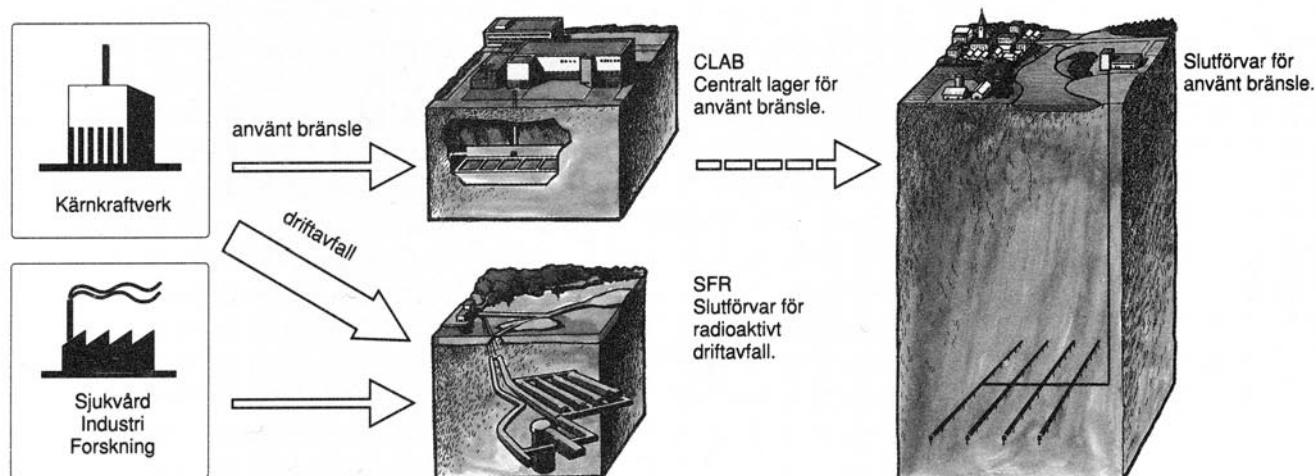


Kärnbränsle - hantering och försörjning i Sverige

Jan - Dec 1990



SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

BOX 5864 S-102 48 STOCKHOLM

TEL. 08-665 28 00 TELEX 13108 SKB TELEFAX 08-661 57 19

Kärnbränsle – hantering och försörjning i Sverige

Redogörelse över det aktuella läget beträffande kärnbränsle samt verksamheten inom Svensk Kärnbränslehantering AB under tiden januari – december 1990.

Rapport till miljödepartementet juli 1991

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 för utveckling och verksamhet under år 1990.

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 kärnkraftprogrammet 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, en central mellanlagringsanläggning (CLAB) för använt bränsle vid Oskarshamn och en anläggning för slutförvaring av låg- och medelaktivt reaktoravfall, SFR, i Forsmark.

En mer detaljerad redogörelse för bl a forsknings- och utvecklingsverksamheten under år 1990 ges i SKB Annual Report 1990 (på engelska), SKB Technical Report 90-46.

Stockholm juli 1991

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 1990 | 29 |
| 7.1 Allmänt | |
| 7.2 FoU-program 89 | |
| 7.3 Studier över slutförvarsutformning | |
| 7.4 Säkerhetsanalyser | |
| 7.5 Avfallsform | |
| 7.6 Tekniska barriärer | |
| 7.7 Geovetenskap | |
| 7.8 Kemi | |
| 7.9 Stripa-projektet | |
| 7.10 Äspölaboratoriet | |
| 7.11 Studier av naturliga analogier | |
| 7.12 Biosfärstudier | |

| | Sida | |
|-----------|---|-----------|
| 8 | KOSTNADSBERÄKNINGAR | 35 |
| 8.1 | Plan-90 | |
| 8.2 | Rivning av kärnkraftverk | |
| 8.3 | Avgift | |
| 9 | KÄRNBRÄNSLECYKELNS OCH SLUTSTEGENS KOSTNADER | 38 |
| 10 | UPPDRAGSVERKSAMHET | 40 |
| 11 | INFORMATION | 42 |
| 11.1 | Allmänt | |
| 11.2 | Informationsverksamhet | |

1 ALLMÄN BAKGRUND OCH SAMMANFATTNING

1.1 DET SVENSKA KÄRNKRAFTPROGRAMMET

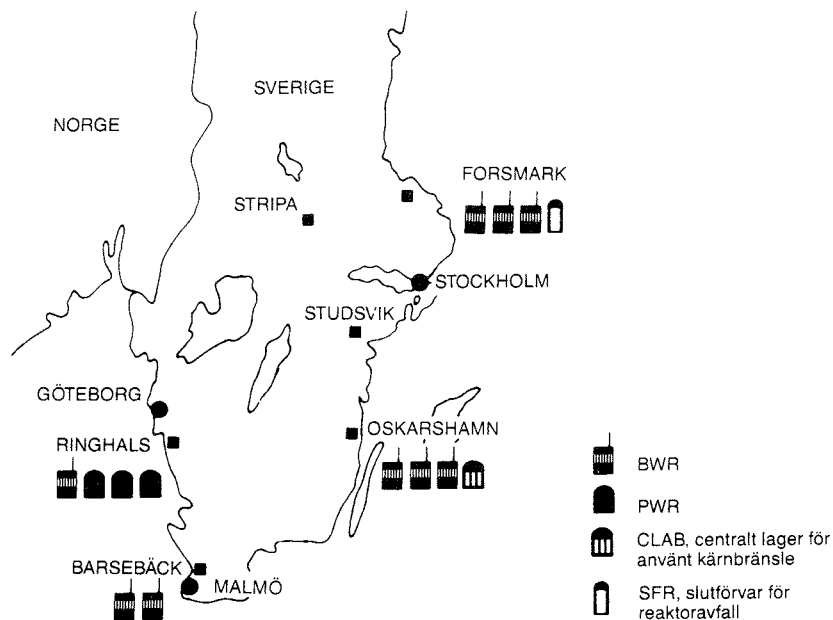
Det svenska kärnkraftsprogrammet omfattar 12 reaktorer vid 4 kärnkraftstationer och med en sammanlagd nettoeffekt av 9 970 MW el. Huvuddata för de 12 enheterna visas i Figur 1-1. Under 1990 svarade kärnkraften för 65,3 miljarder kWh, vilket motsvarar ca 45% av den samlade svenska elproduktionen. Viss neddragning 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 1990 TWh | Energi tillgänglighet 1990 % | | | | | | |
|--------------|-------|------------------------------|------------|-----------------------|--|------------|-----|------|------|-----|------|
| Oskarshamn 1 | BWR* | 440 | 1972 | 2,5 | 64,9 | | | | | | |
| Oskarshamn 2 | BWR | 600 | 1974 | 4,1 | 88,5 | | | | | | |
| Oskarshamn 3 | BWR | 1160 | 1985 | 7,6 | 85,5 | | | | | | |
| Barsebäck 1 | BWR | 600 | 1975 | 4,3 | 95,2 | | | | | | |
| Barsebäck 2 | BWR | 600 | 1977 | 4,2 | 88,2 | | | | | | |
| Ringhals 1 | BWR | 790 | 1976 | 4,6 | 77,6 | | | | | | |
| Ringhals 2 | PWR** | 850 | 1975 | 5,1 | 71,5 | | | | | | |
| Ringhals 3 | PWR | 920 | 1981 | 5,9 | 76,5 | | | | | | |
| Ringhals 4 | PWR | 920 | 1983 | 6,5 | 90,7 | | | | | | |
| Forsmark 1 | BWR | 970 | 1980 | 6,3 | 88,1 | | | | | | |
| Forsmark 2 | BWR | 970 | 1981 | 6,4 | 91,2 </tr <tr> <td>Forsmark 3</td> <td>BWR</td> <td>1150</td> <td>1985</td> <td>7,9</td> <td>92,2</td> </tr> | Forsmark 3 | BWR | 1150 | 1985 | 7,9 | 92,2 |
| Forsmark 3 | BWR | 1150 | 1985 | 7,9 | 92,2 | | | | | | |

* BWR = kokvattenreaktor

** PWR = tryckvattenreaktor



Figur 1-1. Det svenska kärnkraftsprogrammet.

1.2 ORGANISATION OCH GÄLLANDE LAGAR

Kärnkraftstationerna ägs av följande fyra företag

- Statens Vattenfallsverk (SV) äger Ringhals kraftstation.
- Sydsvenska Värmekraftaktiebolaget (SVAB), som är ett helägt dotterbolag till Sydkraft AB, äger Barsebäcks kraftstation.
- OKG AB äger Oskarshamns kraftstation. Sydkraft är den största enskilda aktieägaren i OKG.
- Forsmark Kraftgrupp AB (FKA) äger Forsmarks kraftstation. Vattenfall har 74,5% av aktierna i FKA.

Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB) har bildats av dessa fyra företag. SKB har till uppgift att utveckla, planera, bygga och driva anläggningar och system för hantering och deponering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftstationerna.

SKB svarar vidare för det allsidiga forsknings- och utvecklingsprogram som åvilar kärnkraftföretagen enligt lag. SKB hanterar också frågor beträffande uranprospektering, beredskapslagring av uran samt anrikning och upparbetning. SKB biträder på begäran sina ägare i frågor rörande urananskaffning.

SKB har totalt ca 60 anställda. Huvuddelen av arbetet läggs ut på andra organisationer och konsulter. Totalt är externt ca 500 personer engagerade i kärnbränslehanteringen, varav drygt 200 i forskningsverksamheten.

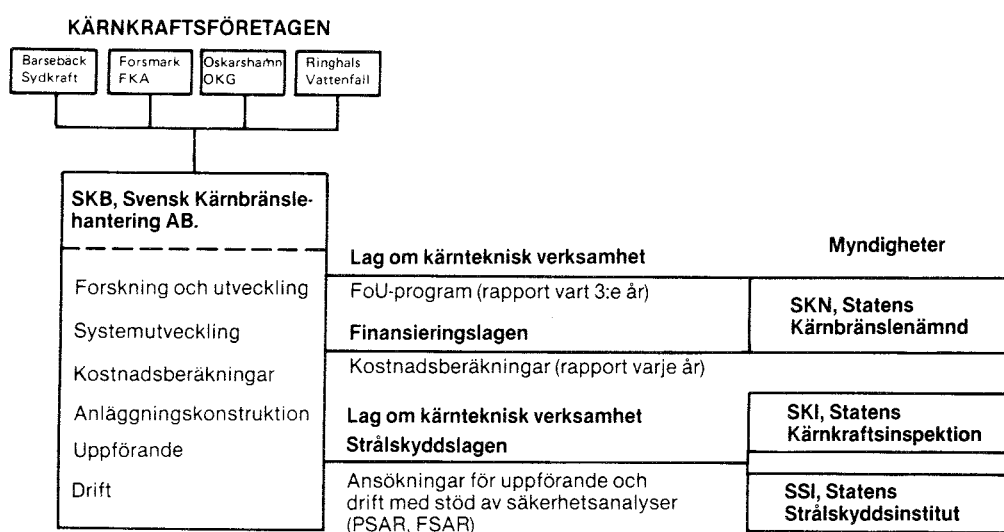
SKBs huvudsakliga verksamhet är hanteringen av kärnkraftavfallet. Denna verksamhet regleras av olika lagar och övervakas av flera myndigheter. Figur 1-2 ger en allmän översikt härav.

De tre viktigaste lagarna är följande:

- Lag om kärnteknisk verksamhet (SFS 1984:3 med ändring SFS 1986:1260, SFS 1987:3, SFS 1988:223, SFS 1989:323 och SFS 1990:238).
- Lag om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle (SFS 1981:669 med ändring SFS 1984:5 och SFS 1986:601).
- Strålskyddslagen (SFS 1988:220 med ändring SFS 1990:236).

De övervakande myndigheterna är statens kärnkraftinspektion, statens strålskyddsinstitut och statens kärnbränslenämnd.

Lagen om kärnteknisk verksamhet lägger det primära ansvaret för säkerheten på ägaren av en kärnteknisk anläggning. Ägaren av en sådan anläggning är sålunda ansvarig för säkerheten vid konstruktion, byggande och drift. Ägaren är också ansvarig för hanteringen och den slutliga deponeringen av det radioaktiva avfallet, för rivningen av stationen och för det erforderliga forsknings- och utvecklingsarbetet. Enligt lagen skall ett allsidigt forsknings- och



Figur 1-2. Den legala ramen för SKBs verksamhet.

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 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 elenergin mängden och har under 1990 varit och utgår 1991 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.

Enligt särskild lag om finansiering av hanteringen av visst radioaktivt avfall m m (SFS 1988:1597) betalar också innehavaren av en kärnkraftstation en särskild avgift om 0,1 öre per kWh till statens kärnbränslenämnd. Den hantering som avses finansieras med dessa medel utgör viss verksamhet vid Studsvik AB och definieras närmare i lagen.

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 | KVANTITET |
|---|---|---|--|------------------------|
| 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. | 1 500 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 5 000 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 tidigt finns ett uppdragskontrakt mellan OKG och BNFL i Storbritannien om 140 ton. Denna kvantitet använt bränsle har tidigare skickats till BNFL.

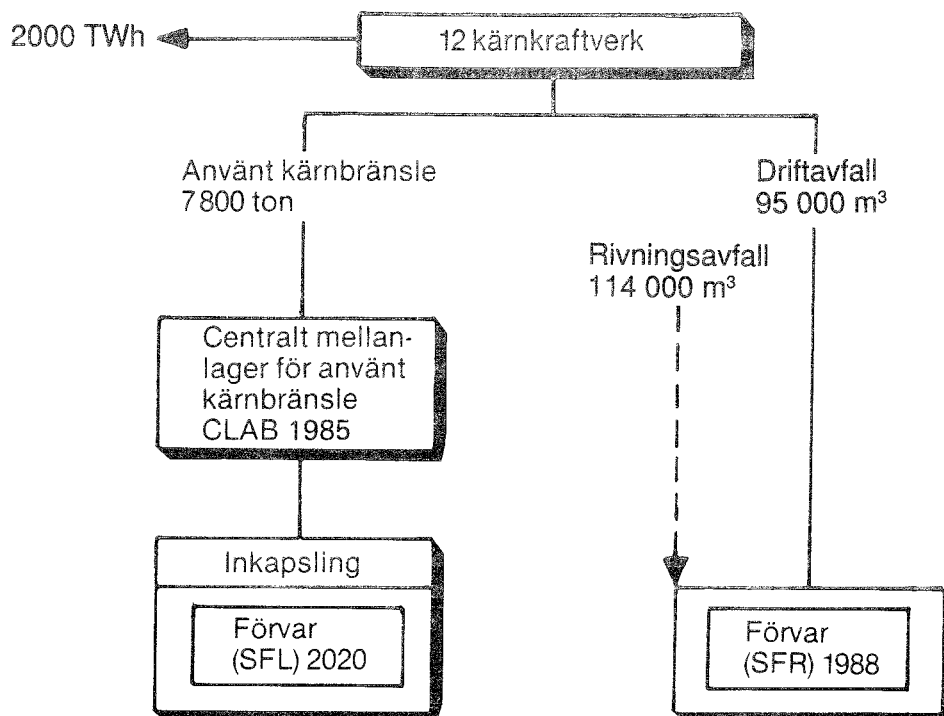
De uppdragskontrakt som tecknats med COGEMA i Frankrike har avvecklats på olika sätt och rättigheten till uppdragskontraktstjänsterna övertagits av andra kundföretag till COGEMA företrädesvis tyska kraftföretag.

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 1990 till kärnbränslenämnden inlämnade kostnadsberäkningen – Plan-90 – utgör den totala kostnaden för slutdelen av kärnbränslecykeln i Sverige ca 53 miljarder kronor i prisnivå 1990, varav ca 7,8 miljarder kronor beräknas ha disponerats tom 1990.

Den totala kostnadsbilden för kärnbränslet i Sverige (inkl slutsteg och rivning av kärnkraftstationerna) var för 1990

| | |
|----------------------------------|--------------|
| Försörjning inkl beredskapslager | 2,7 öre/kWhe |
| Slutsteg inkl rivning | 2,0 öre/kWhe |
| Summa | 4,7 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. SKB 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.

Programmet har genomförts under ledning av SKBs avdelning för forskning och utveckling. Avdelningens personalstyrka uppgick under 1990 till 23 personer. Omkring 250 vetenskapsmän, ingenjörer, specialister och tekniker har varit engagerade genom avtal med universitet, tekniska institutioner, forskningslaboratorier, konsultföretag och industrier. Resultaten har redovisats i 45 tekniska rapporter i SKBs serie TR, ett stort antal lägesrapporter

och arbetsrapporter, samt i form av bidrag vid flera internationella konferenser och artiklar i vetenskapliga tidskrifter.

Kostnaderna för forskning och utveckling inom SKBs budget för 1990 uppgick till 126,1 MSEK, jämfört med 117,7 MSEK för 1989. Ökningen beror på byggnadsstarten för Åspölaboratoriet.

SKB är även ledande part i det internationella Stripa-projektet och Poços de Caldas-projektet. Kostnaderna för dessa projekt var 30,2 MSEK, varav 10,7 MSEK utgjorde SKBs bidrag och 19,5 MSEK bidrag från deltagare utanför Sverige. Den totala omsättningen inom FoU-avdelningen var således 145,6 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. Reaktorernas 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 därutöver variera beroende på en rad faktorer, vilket innebär att planeringen av försörjningen måste vara flexibel.

Natururanbehovet för tioårsperioden 1990 t o m 1999 är 14 900 ton. Vid slutet av år 1990 hade de svenska kraftföretagen ingående lager och kontakt för tillförsel av 11 000 ton under denna period. Huvuddelen av tillförseln baseras på långsiktiga kontrakt. Under 1990 gjordes en del spotköp, eftersom priserna var låga på spotmarknaden.

Natururan levereras till Sverige i huvudsak från Kanada och Australien, men även från Niger och USA. Kanada och Australien svarar för ca 40% vardera av framtida leveranser enligt nu befintliga kontrakt.

Prospektering

I vissa delar av den prekambriiska 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 per kg innebär, att urandelen av kärnbränslet kostar ca 3 öre/kWh.

Tabell 2-1 ger OECD-IAEAs sammanställning av urantillgångar i olika kategorier.

Tabell 2-1. Urantillgångar enligt OECD-IAEA.

| Kategori | Tillgångar Ton U | Kostnad SEK/kg |
|---|------------------------|-------------------|
| Utvärderade (Reasonably Ass. 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 | |

I Tabell 2-1 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 är kända tillgångar enligt Tabell 2-1, ca 3 400 000 ton uran, jämförs med konsumtionen år 1989 (ca 41 500 ton), räcker tillgångarna längre än 80 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 500 år. 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 35 600 ton år 1989, vilket är ungefär samma som produktionen 1988. Produktionen 1990 uppskattas bli något lägre än produktionen år 1989.

Urankonsumtionen i världen beräknas till ca 41 500 ton under år 1989 och 41 900 ton under år 1990.

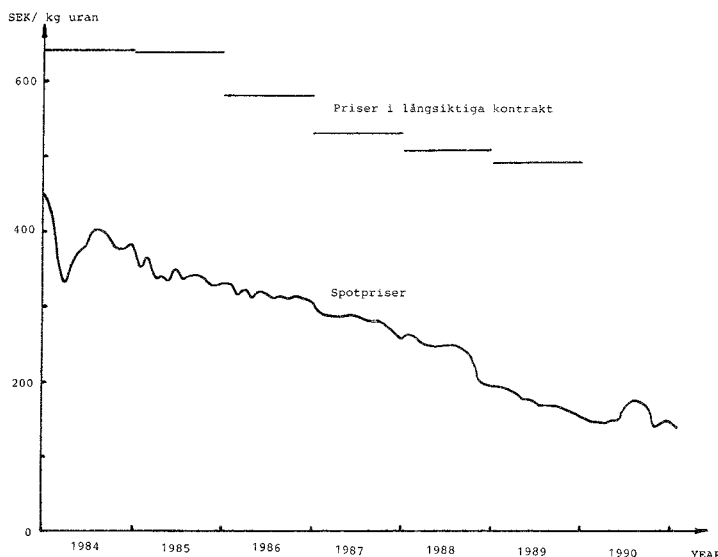
År 1990 är därmed det sjätte året, då konsumtionen av uran översteg produktionen. Detta utgör för närvarande ett problem, eftersom det finns ca 120 000 ton uran i lager i världen. Dessutom täcks en del av urankonsumtionen i västvärlden genom import från östländer, där betydande lager finns i Sovjetunionen.

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

Marknad och priser

Under 1990 levererades ca 25% av allt uran enligt spotköp, medan huvuddelen, ca 75%, levererades enligt långsiktiga kontrakt.

Figur 2-1 visar att priserna för spotköp räknat i svenska kronor var fortsatt låga under 1990. Priserna enligt långsiktiga kontrakt varierar på olika villkor. Medelpriserna under perioden



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

1984-1989 för leveranser till EG för sådana kontrakt var, som Figur 2-1 visar, högre än spotpriserna under samma år.

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 ca 56 000 ton uran per år, medan behovet f n 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 fr o m 1984.

För perioden 1990-1999 kommer huvuddelen av leveranserna till Sverige att ske från EURODIF 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 under 1988 från Kina (mindre kvantitet).

Med flera 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 anrikningenheter och Portsmouth i Ohio, med en nominell årskapacitet av 7,9 miljoner anrikningenheter. Anläggningen i Oak Ridge med en årskapacitet av 7,7 miljoner anrikningenheter 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" nära staden Sverdlovsk, 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 anrikningenheter 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 3,0 miljoner anrikningenheter per år.

Japan

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

2.3.3 Marknad

Den nuvarande totala anrikningskapaciteten kan uppskattas till omkring 33 miljoner anrikningenheter 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 24 miljoner anrikningenheter under 1990.

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.

Sovjetunionen har under de senaste åren ökat exporten av anrikat uran och har under år 1990 även offererat natururan.

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 ^{*)} | US\$/ Anrikn.enhet | SEK/ Anrikn.enhet |
|------------------|-----------------------|----------------------|
| 1984 | 138,65 | 1 152 |
| 1985 | 135 | 1 145 |
| 1986 | 125 | 888 |
| 1987 | 119 | 750 |
| 1988 | 117 | 719 |
| 1989 | 117 | 753 |
| 1990 | 117,85 | 698 |

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

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 7% av det totala behovet. Priset på spotmarknaden var US\$ 51 per anrikningsenhet vid utgången av år 1990, vilket motsvarade 285 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 2-2. Tillverkare av bränsleelement under perioden 1990-1993.

| | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
|--------------|------|------|------|------|
| Barsebäck 1 | ANF | ANF | ANF | ANF |
| Barsebäck 2 | ABB | ABB | ABB | ABB |
| Oskarshamn 1 | SIE | SIE | ABB | ABB |
| Oskarshamn 2 | ABB | ABB | ABB | ABB |
| Oskarshamn 3 | ABB | ABB | ABB | ABB |
| Ringhals 1 | ABB | ABB | ABB | ABB |
| Ringhals 2 | SIE | SIE | SIE | SIE |
| Ringhals 3 | FRA | FRA | FRA | FRA |
| Ringhals 4 | FRA | FRA | FRA | FRA |
| Forsmark 1 | ABB | ABB | SIE | SIE |
| Forsmark 2 | ABB | ABB | ABB | ABB |
| Forsmark 3 | ABB | ABB | ABB | ABB |

ABB = ABB Atom, bränslefabrik i Västerås.

ANF = Advanced Nuclear Fuels, bränslefabriker i USA och Tyskland.

SIE = Siemens, bränslefabrik i Tyskland.

FRA = FRAGEMMA, 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 1990 till ca 300 ton UO₂ för kärnbränsle för kokarreaktorer och tryckvattenreaktorer. Av denna produktion exporterades ca 100 ton till Finland, Belgien, Västtyskland, Schweiz och USA.

Det nya bränsleutförandet SVEA, där bränslestavarna fördelas i fyra grupper om 4 x 4 eller 5 x 5 stavar, åtskilda av ett vattenkors i zirkaloy, är nu det dominerande bränslet i svenska kokarreaktorer. Alla ABB Atoms leveranser av bränsle till kokarreaktorer under 1990 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 anrikat 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

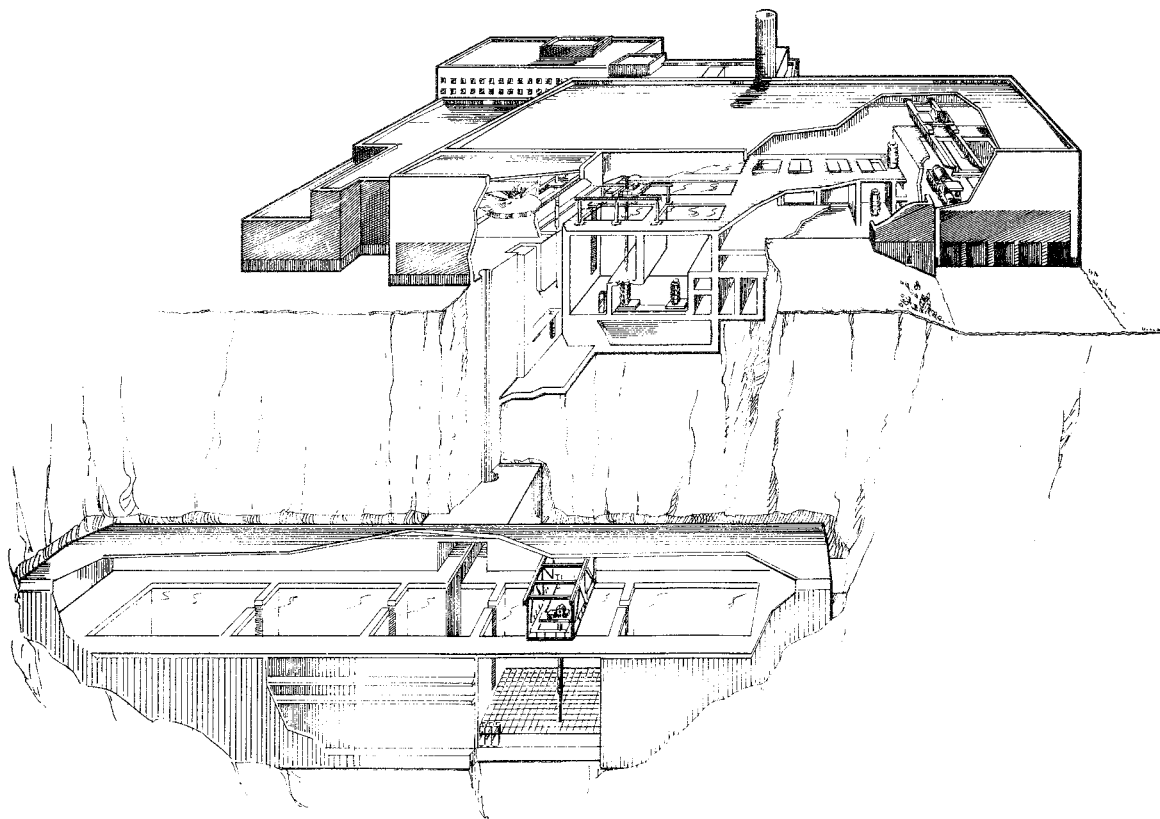
Den svenska mellanlagringsanläggningen för använt bränsle, CLAB, som är belägen på Simpevarps-halvön i anslutning till Oskarshamns kärnkraftstation togs i drift den 11 juli 1985 och invigdes den 29 april 1986.

Anläggningen består av 5 underjordiska lagringsbassänger för ursprungligen totalt 3 000 ton uran. Mottagningsbyggnad, 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. 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 berggrum 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 i löpande penningvärde 1980-1985. Driftkostnaderna uppgår till ca 70 miljoner kronor per år.



Figur 3-1. CLAB-anläggningen. Principskiss.

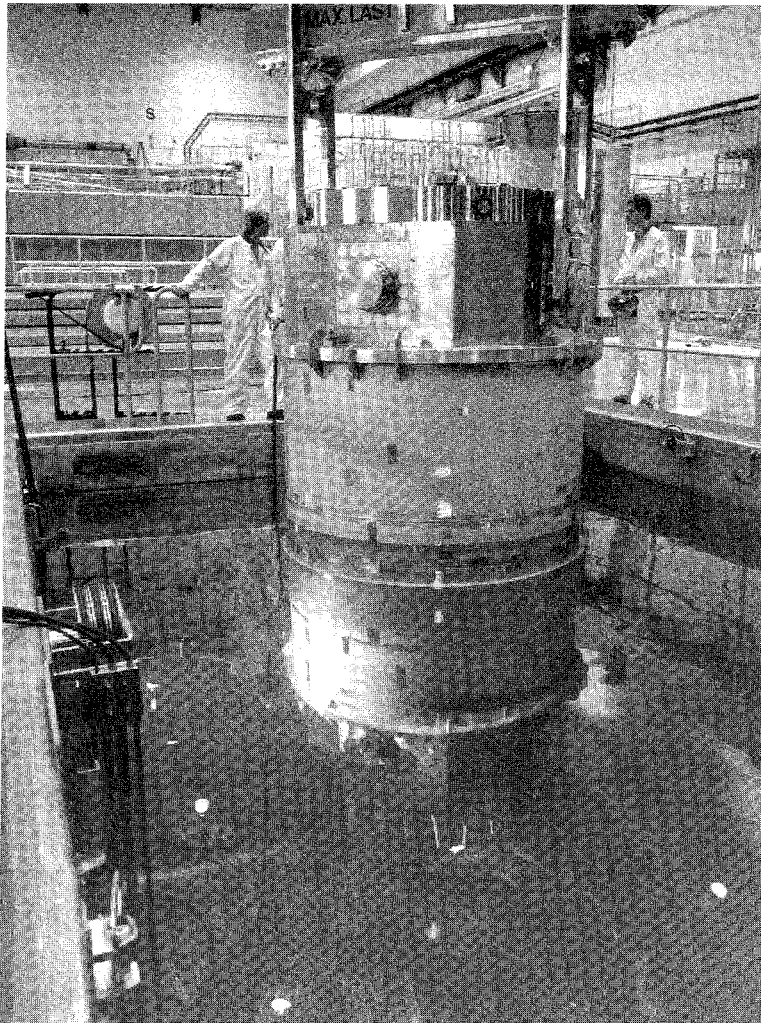


Figure 3-2. En transportbehållare med påsatt skyddsmantel sänks ned i en urlastningsbassäng.

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 1990 hade sammanlagt 1 350 ton använt bränsle och en viss mängd hårdkomponenter tagits emot.

Under 1987 och 1988 genomfördes transporter 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 som lagrats i Studsvik har fortsatt. Totalt har 217 element överförts från Studsvik till CLAB, samt 9 kapslar innehållande bränslerester.

Drifterfarenheterna har fortsatt varit goda och mottagningen av bränsle under året har skett helt enligt plan. Doserna till personalen är fortsatt låga och uppgick under 1990 till ca 40% av vad som beräknades i den slutliga säkerhetsrapporten.

Utsläpp av radioaktivitet till omgivningen har under de fem första årens drift utgjort omkring 0,01% av tillåtet utsläpp vilket är försumbart.

Driftskostnaderna har reducerats successivt genom förbättringar och rationaliseringar och uppgick 1990 till ca 75% av 1986 års kostnader i reala termer.

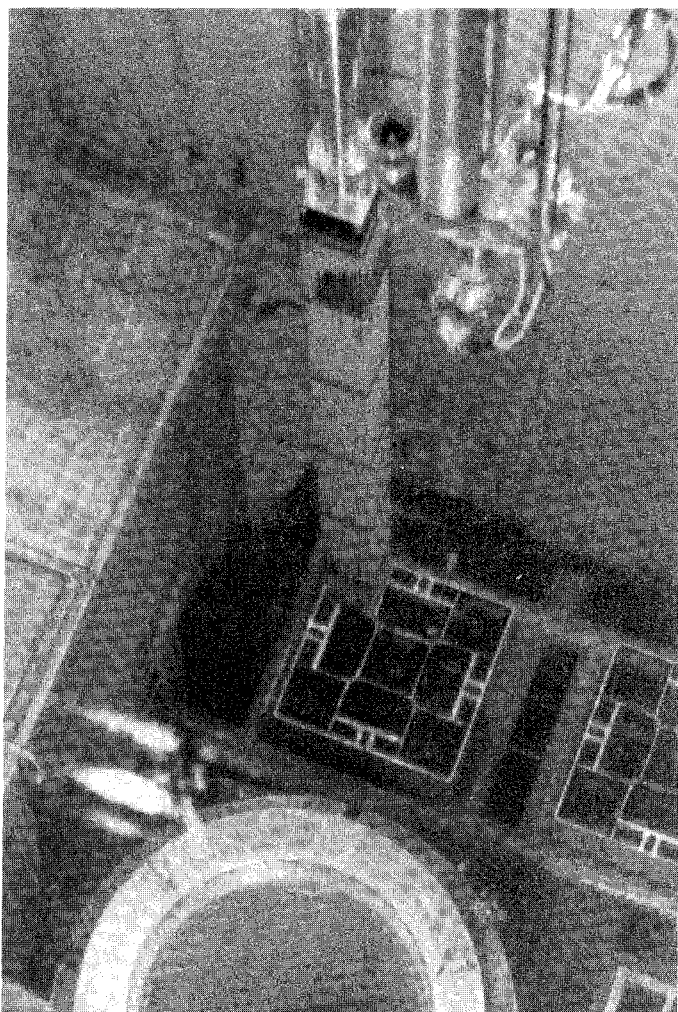


Figure 3-3. Ett bränsleelement sänks ned i en bränslekassett i en mottagningsbassäng.

Under året har ombyggnad av delar av hanteringsutrustningen i anläggningen utförts med anledning av att de nya kassetterna med större lagringskapacitet skall införas. Omfattande prov har utförts med en prototyp av dessa kassetter med lyckat resultat.

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:

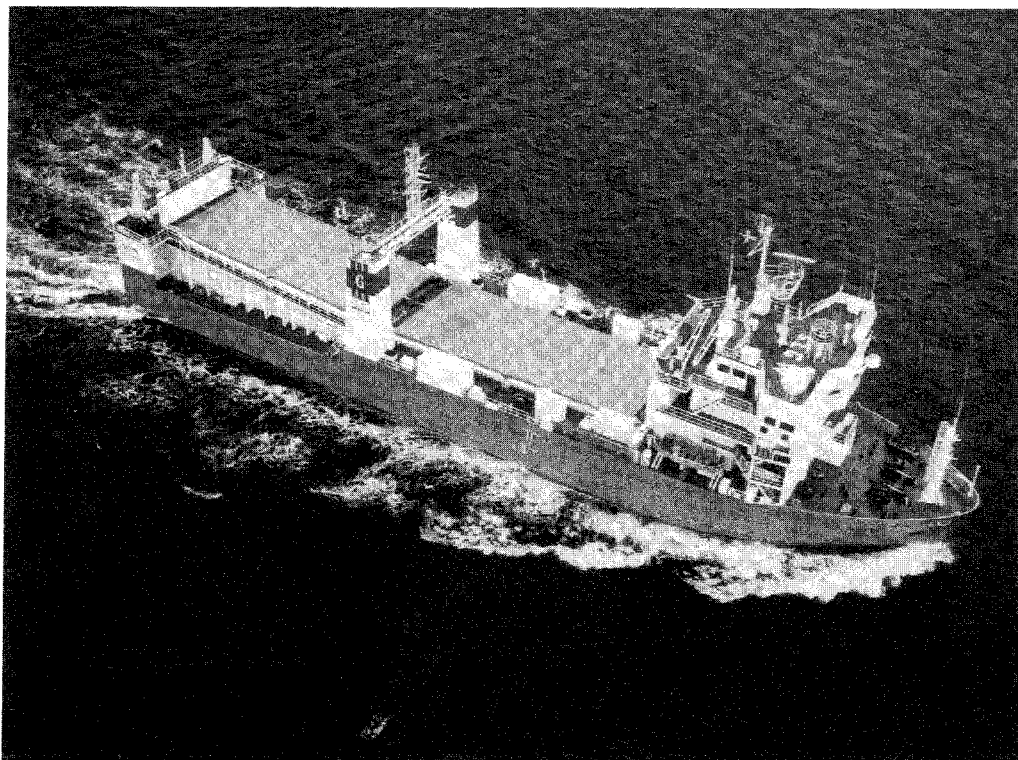
- 1 st specialkonstruerat ro-ro/lo-lo fartyg M/S Sigyn
- 10 st transportbehållare för använt bränsle (BTB)
- 2 st transportbehållare för använda hårdkomponenter
- 12 st lastbärare för transportbehållare
- 5 st specialfordon
- 27 st transportbehållare för låg- och medelaktivt avfall (ATB)

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

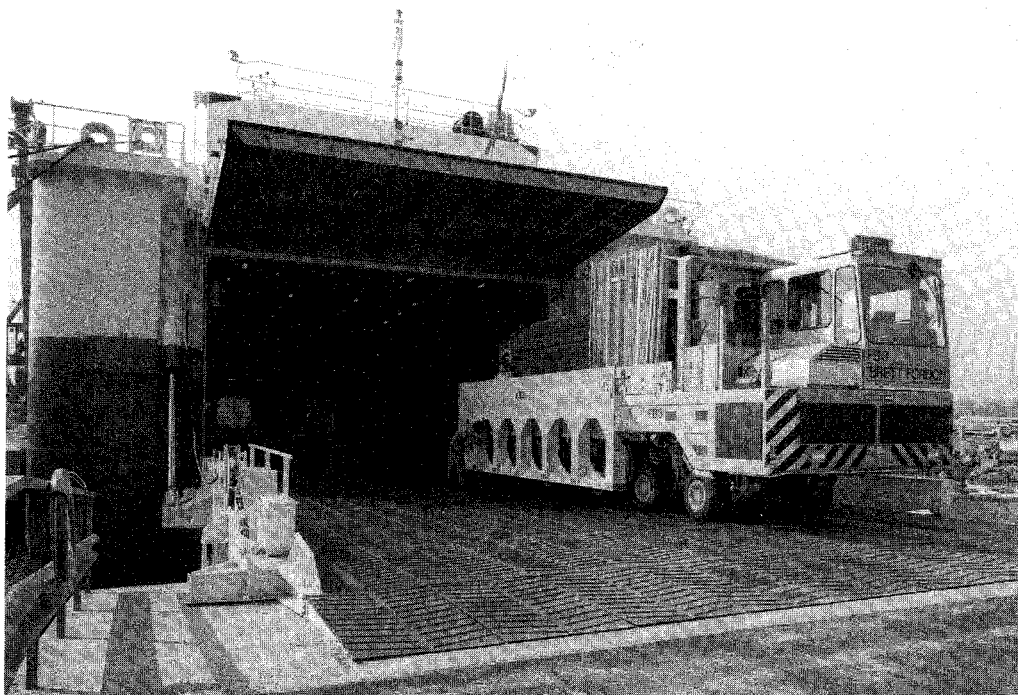
Sedan juli 1985 används systemet för transporter av använt bränsle från de svenska kärnkraftverken till CLAB i Oskarshamn. I och med att slutförvaret för radioaktiv driftavfall, SFR, togs i drift 1988 utförs även reguljära transporter med låg- och medelaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken och Studsvik till SFR.

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

Den årliga kostnaden är ca 15 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

Under 1990 har Sigyn varit till sjöss i ca 120 dygn och seglat ca 34 000 distansminuter. Transporter med använt bränsle och låg- och medelaktivt avfall har fungerat bra och utan störningar. Totalt har under året 89 transportbehållare med använt bränsle, 2 med hårdkomponenter, 93 med medelaktivt avfall samt 48 containrar med lågaktivt avfall transporterats från kärnkraftverken (och Studsvik) till CLAB och SFR.

Under sommaren 1990 genomförde M/S Sigyn en utställningsresa som visade det svenska hanteringssystemet för radioaktivt avfall, längs den svenska kusten från Göteborg till Luleå med stort intresse från allmänheten (ca 60 000 besökare).

Liksom tidigare år har inga mätbara stråldoser utöver bakgrundsstrålningen registrerats för besättningen på Sigyn.

5 SLUTFÖRVAR — SFR

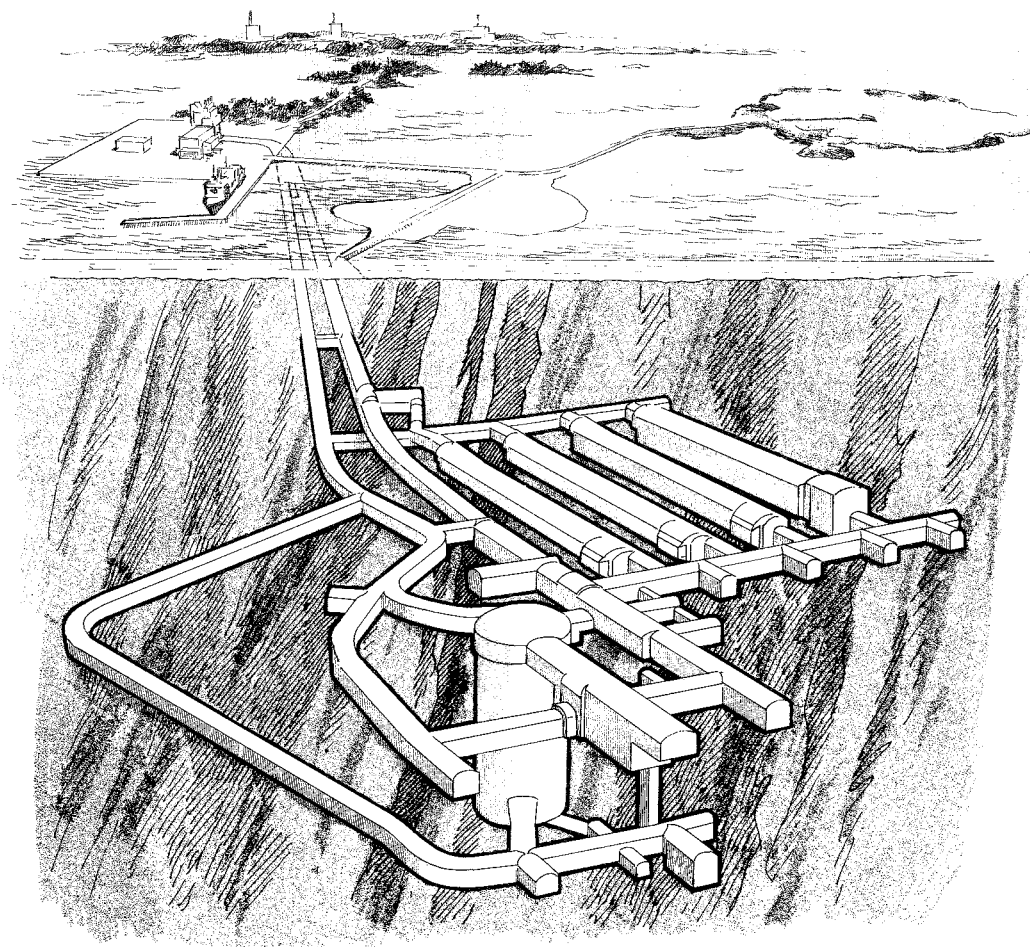
5.1 ALLMÄNT

I slutet av april 1988 deponerades det första avfallet i slutförvaret för radioaktivt driftavfall, SFR1, vid Forsmarks kärnkraftstation. Förvaringen sker i berggrum under Östersjön med en bergtäckning av 60 m från berggrummens 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 berggrum och ett 70 m högt cylindriskt berggrum, en silo (Figur 5-1). En framtida utbyggnad förutses dels för radioaktivt driftavfall och dels i ett senare skede för avfall från rivning av kärnkraftverken. För rivningsavfallet fordras ett utökad regeringstillstånd.

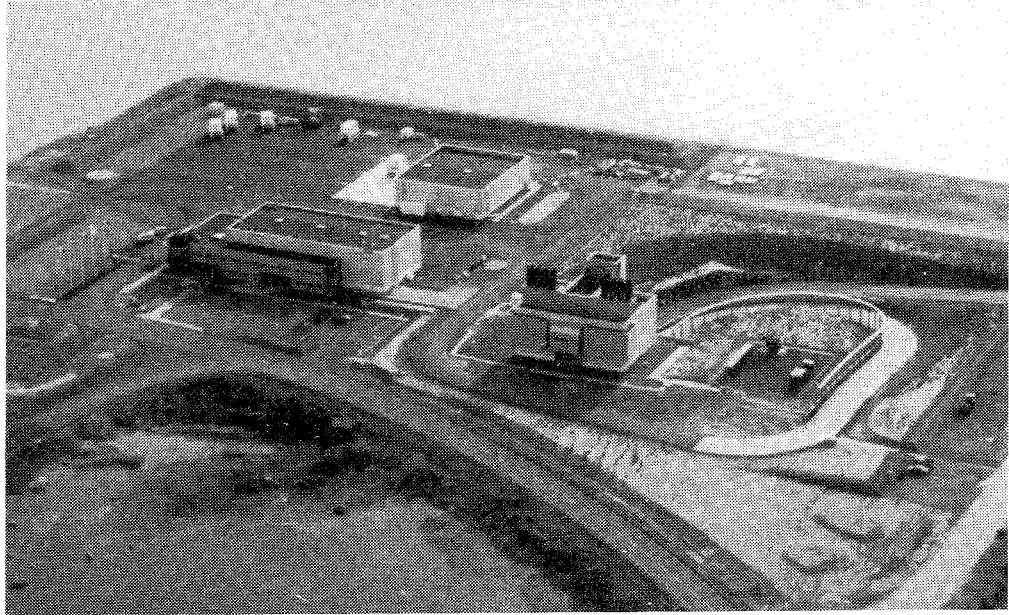
Byggnadsarbetet påbörjades sommaren 1983 och avslutades under vintern 1987/88. Efter driftsättning och provning av anläggningen överlämnades den till driftorganisationen i april 1988 varvid deponering påbörjades i bergsalarna. I början av 1989 påbörjades i begränsad omfattning deponering av betongkokiller i silodelen. Totalt hade vid årsskiftet 90/91 ~6 000 m³ deponerats i SFR.

Anläggningen visas från luften i Figur 5-2.

Den totala kostnaden för den första uppförandefasen är 740 miljoner kronor. Driftkostnaden uppgår till ca 25 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 kärnkraftsreaktorerna 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 driftavfall från det svenska programmet till och med år 2010 beräknas till ca 90 000 m³.

Allt avfall behandlas eller förpackas vid kraftstationerna eller vid forskningsstationen Studsvik. Jonbytarmassor som klassificeras som medelaktivt avfall ingjuts i antingen cement eller bitumen. Om så erfordras kan avfall från underhållsarbete också behandlas på detta sätt. Dessa kategorier kräver strålskydd under hantering och transport. Lågaktivt avfall, främst sopor och skrot, 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 SFR1 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.

Försöksprogrammet fortsätter under hela driftperioden. Avsikten är att ge ytterligare underlag för framtida säkerhetsanalyser.

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 några tusen 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 från och med 2500 år efter förvarets förslutning.

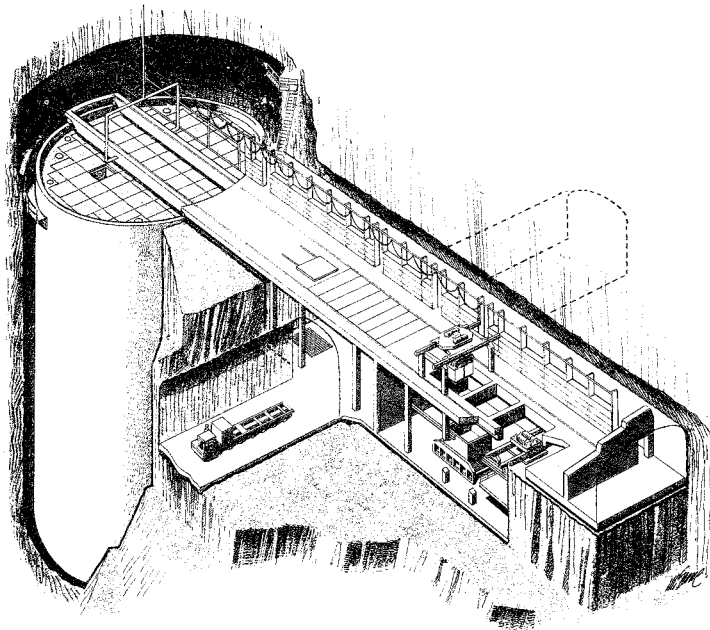
Nuklidinventariet har baserats på prognoser över de avfallsmängder som kommer att deponeras i SFR. På basis av mängden avfall av olika kategorier har även mängden nuklider av olika slag kunnat uppskattas för de olika förvarsdelarna. Denna uppskattning ger vid handen att omkring 90% av aktiviteten kommer 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.

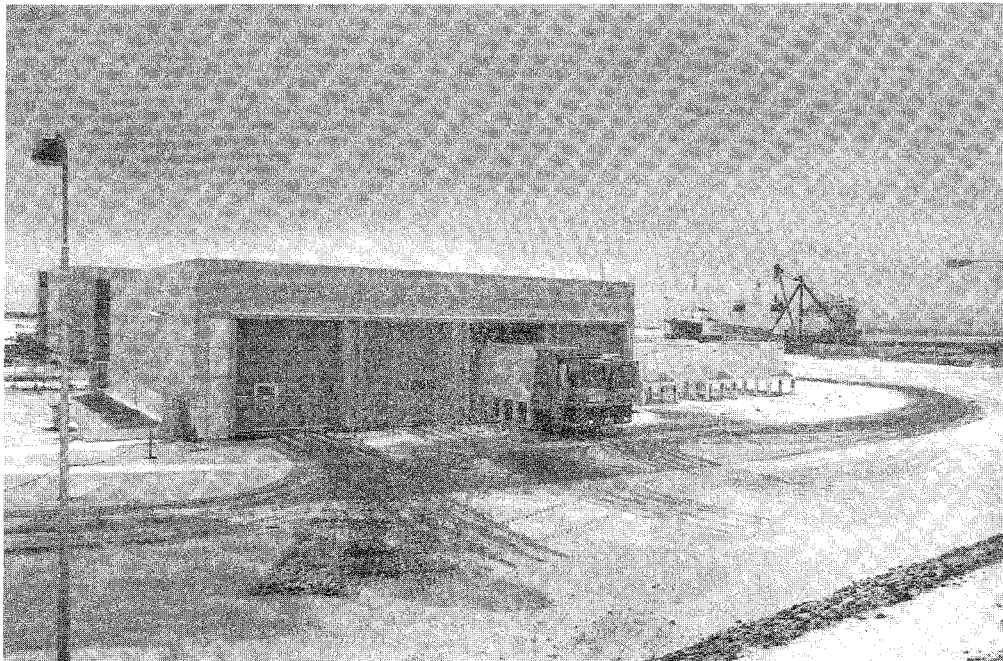
5.4 DRIFTERFARENHETER

Anläggningen har under de första driftåren uppvisat god funktions- och driftsäkerhet och har infriat uppställda förväntningar. Mycket låga stråldoser har registrerats till driftpersonalen. Praktiskt taget inga radioaktiva utsläpp till luft eller vatten har registrerats.

Utöver den normala driftverksamheten har vissa kompletteringar och modifieringar genomförts sedan idrifttagningen.



Figur 5-3. Förvaringsilo med fjärrstyrd hantering av avfallsbehållarna.



Figur 5-4. En transport har kommit 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. Detta MOX-bränsle har transporterats till CLAB.

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 upparbetning försålts 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 1990

7.1 ALLMÄNT

Enligt kärntekniklagen (SFS 1984:3) måste ägarna till svenska kärnkraftverk gemensamt ställa upp ett allsidigt program för forskning och utveckling samt andra åtgärder, som erfordras för att på ett säkert sätt ta hand om allt radioaktivt avfall från de nukleära anläggningarna.

De svenska kärnkraftföretagen har uppdragit åt Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, att utarbeta det program som lagen föreskriver. Programmet skall inges vart tredje år till Statens Kärnbränslenämnd, med början år 1986. Det andra programmet i ordningen insändes av SKB till Statens Kärnbränslenämnd, SKN, i september 1989.

Det arbete som utförts under 1990 har i stort följt programmet från 1989. I detta kapitel beskrivs några huvudpunkter beträffande resultaten under 1990.

7.2 FOU-PROGRAM 89

Det andra FoU-programmet enligt kärntekniklagen ingavs till SKN den 27 september 1989. SKN sände därefter ut programmet på en stor remissomgång, som omfattade cirka 50 organisationer i Sverige. Dessa organisationer inkluderade universitet och andra akademiska institutioner, ett flertal centrala och lokala myndigheter, de stora statliga forskningsorganisationerna och ledande miljöskyddsgrupper. SKN fick in yttranden från ett 30-tal organisationer.

Baserat på dessa remissvar och på intern granskning utarbetade SKN en utvärderingsrapport, som ingavs till regeringen i slutet av mars 1990.

SKNs kommentarer beträffande tidsplanen för arbetet under 1990 inkluderade några nya förslag, som avvek från det program som presenterats av SKB. Några myndigheter och andra granskare, samt SKB, fick därför möjlighet att yttra sig om dessa nya förslag, innan regeringen fattade sitt beslut i december 1990. Regeringen beslöt i december 1990 att FoU-program 89 skulle läggas till handlingarna (M90/1165/6 Dossie 6242). Härmed är kärntekniklagens krav uppfyllda. I beslutet betonas vikten av att resultaten från såväl egen som utländsk forskning om alternativa hanterings- och förvaringsmetoder redovisas och följs upp. Beslutet ger också vägledning rörande vilka rekommendationer av teknisk natur från myndigheter och remissorgan som speciellt bör beaktas. Regeringen konstaterar vidare att SKBs val av platser lämpliga för ett slutförvar kommer att granskas i anslutning till att SKB ansöker om tillstånd för detaljundersökning av två sådana platser enligt lagen (1987:12) om hushållning med naturresurser m m, miljöskyddslagen (1969:387) och plan- och bygglagen (1987:383). Regeringen erinrar också om tillämpningen av naturresurslagen för sk undantagsärenden.

7.3 STUDIER ÖVER SLUTFÖRVARSAUTFORMNING

Metoden enligt KBS-3, publicerad 1983, utgör referensutförande beträffande deponering av använt kärnbränsle, och ligger till grund för SKBs olika FoU-aktiviteter och andra studier. KBS-3 har varit utsatt för en ingående utvärdering och befunnits godtagbar med avseende på säkerhet och strålskydd. Denna metod låg till grund för regeringens starttillstånd för reaktorerna nummer 11 och 12 i det svenska kärnkraftprogrammet.

Utöver KBS-3 har flera andra metoder för deponering av använt kärnbränsle i djupa bergförvar studerats eller är föremål för studier. WP-Cave utvärderades under perioden 1986-1988. Under 1987-1989 utvecklades en metod med deponering i mycket djupa borrhål, mellan 2 och 4 km. Dessa studier har redovisats i SKBs årsrapporter.

Under 1990 definierades metoden med deponering i mycket långa hål. Principen liknar det schweiziska NAGRAs "Projekt Gewähr", publicerat 1985, även om detta utvecklats för deponering av förglasat högaktivt avfall från upparbetning.

Pågående studier och utvecklingsinsatser avseende alternativa slutförvarsutföranden har sedan slutet av 1990 samordnats i ett projekt benämnt "Projekt alternativa systemstudier",

PASS. Huvudsyftet med PASS är att till mitten av 1992 kunna utvärdera och rangordna de olika alternativ som studerats. Utvärderingen avser huvudsakligen teknisk utförbarhet, säkerhet på lång sikt och under drift, samt differenser i kostnader.

De metoder som ingår i PASS är KBS-3, mycket långa hål och mycket djupa hål. För varje metod utvärderas några alternativa kapselutföranden. Av speciellt intresse utöver kopparkapseln av typ KBS-3 är kapslar utförda med stål för mekanisk kraftupptagning och med koppar som utvändigt korrosionsskydd. Denna typ av kapslar utvecklas och studeras i samarbete med TVO i Finland. Också några andra studier inom PASS utförs tillsammans med TVO.

7.4 SÄKERHETSANALYSER

En ny detaljerad, integrerad säkerhetsanalys, SKB 91, beträffande slutförvaring av använt kärnbränsle, är under arbete sedan 1989. Huvudsyftet med detta projekt är att bidra till underlaget för val av lokalisering.

Referensplatsen för studierna är Finnsjön, där en stor geologisk databas samlats sedan slutet av 1970-talet. Allmänt sett tycks de geologiska förhållandena i Finnsjön-området något mindre gynnsamma än de lokaliseringar som utvärderats för KBS-3. Detta har ansetts som en fördel vid utvärdering av betydelsen av platsberoende data för slutförvarets säkerhet. En del av SKB 91-studien kommer att utgöras av variationsanalyser, speciellt beträffande geologiska data som kännetecknar en lokalisering. För sådana variationsanalyser kommer man att utnyttja erfarenheter från de omkring tio platser som undersökts i Sverige under slutet av 1970-talet och under 1980-talet.

I SKB 91 har referensförvaret ett utförande enligt KBS-3. Under 1990 har man definierat huvuddelarna av de olika principiella och numeriska modeller som skall användas i SKB 91. I jämförelse med de modeller som används i KBS-3 (publicerad 1983) ingår omfattande nya utvecklingsresultat och nya data avseende alla aspekter av analyserna. Speciellt har ett särskilt glaciationsscenario utvecklats under 1990 i samarbete med TVO i Finland.

Säkerhetsanalysen SKB 91 beräknas bli slutförd och redovisad under 1991. Den kommer emellertid att bilda underlag för framtida säkerhetsutvärderingar av olika alternativ, olika lokaliseringar, prioriteringar i kommande FoU-arbeten etc under 1990-talet.

Parallellt med SKB 91 pågår inom säkerhetsanalysområdet flera andra viktiga utvecklingsinsatser beträffande metodutveckling.

7.5 AVFALLSFORM

SKBs studier beträffande avfallsformer koncentreras för närvarande på egenskaperna hos använt kärnbränsle i slutförvaringsmiljö. Arbetet med att utveckla kunskaper om dessa egenskaper startade i början av 1980-talet och har nu producerat en omfattande databas. Denna utgör underlaget för den teoretiska och numeriska modellen för korrosion av använt bränsle, som utvecklats för användning i studien SKB 91.

7.6 TEKNISKA BARRIÄRER

Arbete med kapslarna har koncentrerats på utföranden med koppar som utvändigt korrosionsskydd. Som nämnts ovan har man studerat en ny princip, nämligen en avancerad kallbearbetad kapsel (ACP). Denna princip har ursprungligen föreslagits av TVO i Finland.

Som hjälp till SKB vid utvärdering av olika kapselutföranden har man bildat en referensgrupp för mekanisk integritet hos kapslar. Gruppen kommer också att ge råd beträffande framtida program för utveckling av kapslar.

Studierna av krypning hos kopparkapslar fortsätter. Orsaken till den försprödning som observerats i vissa experiment är inte fullt klara, men den antas vara en effekt av hög temperatur.

Korrosionsstudierna beträffande kolstål har koncentrerats på anaerob (väteproducerande) korrosion. Resultaten från sådana studier kan ha stor betydelse vid utvärdering av vissa haverifall för kompositkapslar (stål + koppar).

En utvärdering av närzonsprestanda hos ACP-kapseln har utförts i samarbete med TVO. De viktigaste slutsatserna är att de inre processerna inte kan orsaka brott på kapseln under de förutsedda förhållandena och att yttre processer som kan påverka kapslarna är ytterst långsamma. Livslängden på kapslarna kan därför uppgå till flera miljoner år.

Uppvärmningsförsöket i Stripa på kraftigt kompakterad smektitisk fransk lera avslutades i september 1990. Försöket har pågått i fyra år med temperaturer upp till 170°C i leran.

Resultaten har nu utvärderats i samband med utvärderingen av gammastrålningseffekten på fransk lera (och på bentonitlera MX-80) vid experiment i Saclay, Frankrike.

7.7 GEOVETENSKAP

SKBs geovetenskapliga program är i stor utsträckning organiserat inom projekt som Stripa-projektet och Äspölaboratoriet. Programmet inkluderar också separata forsknings- och utvecklingsinsatser såsom studier av grundvattenrörelser, urbergets stabilitet, glaciation och istidsscenarier samt utveckling och förbättring av instrument och metoder för mätning av viktiga egenskaper och parametrar i urberg. Arbetet är koncentrerat på kristallint berg som utgör den skandinaviska skölden och som täcker större delen av Sverige.

Under 1990-talet har studierna av grundvattenrörelser inkluderat ett brett spektrum av uppgifter relaterade till numerisk modellering av grundvattenflöden. Modellerna under utveckling har tillämpats på experimenten i Stripa, Äspö och Finnsjön. Spår försök med ej sorberande radioaktiva spårämnen som tidigare utförts vid Finnsjön har avrapporterats. En första serie experiment med radioaktiva spårämnen har också genomförts vid Äspö.

År 1986 startade SKB en tvärvetenskaplig studie av postglaciala förkastningar i Lansjärvområdet i norra Sverige. En del resultat har rapporterats tidigare och under sommaren 1990 utfördes en del kompletterande undersökningar. Huvudsyftet med dessa arbeten var att utföra en detaljerad studie av urberget utefter två grävda schakt med 50 m inbördes avstånd tvärs en förkastningsbrant. Studien inkluderade petrologi, strukturegenskaper och sprickfyllnader. Lansjärv-projektet avslutas med en vetenskaplig exkursion sommaren 1991.

I ett samarbete mellan TVO och SKB har vetenskapsmän från de båda länderna utarbetat ett framtida istidsscenario. Detta baseras på sammanställning av nuvarande kunskaper om tidigare glaciationer som inträffat i bl a Nordeuropa. Av dessa erfarenheter framgår att istiderna är korrelerade till små periodiska variationer i de parametrar som beskriver jordens bana runt solen – Milankovitch's orbitalparametrar. Enligt scenariet börjar klimatet bli kallare cirka 5000 år framåt i tiden och förblir kallt under en lång period, över 100 000 år, innan nästa varma period inträffar. Klimatet förväntas variera avsevärt även under den kalla perioden, med nedisningsmaxima efter cirka 20 000, 60 000 och 100 000 år. Istidsscenarier kommer att bli ett av scenarierna som skall utvärderas inom säkerhetsanalysen SKB 91. De tidsmässiga detaljerna hos scenariet påverkar inte den totala säkerhetsanalysen.

Insatser har också gjorts för att modellbeskriva effekterna av en tjock inlandsis på ett hypotetiskt slutförvar vid Finnsjön.

Som förberedelse för den kommande lokaliseringsproceduren har man startat en granskning av tidigare samlade fältdata från testplatserna som undersökts sedan 1977. Syftet är att strukturera och sammanfatta dessa data på ett konsistent sätt med hänsyn till resultat från den senaste forskningen. Databasen från testplatserna utgör ett viktigt underlag vid lokaliseringen.

7.8 KEMI

Kemiprogrammet omfattar geokemi, radionuklidkemi och transport av lösta ämnen (radioaktiva och andra) i grundvatten.

Studien av grundvattenkemin vid Äspö har fortsatt. Nya data bekräftar den tidigare observerade tendensen av ökad salthalt mot djupet. Vatten från djupa nivåer utgör blandningar av olika ålder. Utvärderingen av data fortsätter.

Studien av grundvatten och mineral från tre olika sprickzoner i Klipperås visar att K_d -värdena som härleds från dessa fältdata avseende torium och sällsynta jordartsmetaller är två till tre storleksordningar högre än de som erhålls från laboratoriemätningar. För uran överensstämmer K_d -

värdena från fält- och laboratoriedata. Fördelningskoefficienten K_d är ett mått på bergets upptagning av radionuklider från vattnet. Ett högt K_d -värde indikerar en avsevärd retention av radionukliderna, jämfört med vattentransport.

Arbetet med att etablera en konsistent, utvärderad och högkvalitativ termodynamisk databas för de viktiga radionukliderna i det långlivade radioaktiva avfallet fortsätter i internationellt samarbete. Experiment med uran, torium och teknetium har utförts och utvärderats. SKB stöder även internationella insatser som organiseras av NEA i syfte att samla och utvärdera data.

CHEMVAL-projektet styrs av CEC och har syftet att validera geokemiska dataprogram. SKB deltar aktivt i detta projekt.

Studier av organiska komplex, kolloider och mikro-organismer i djupgrundvatten fortsätter. Försök med upptagning av prometium i *Shewanella*-bakterier har avrapporterats.

SKB deltar i det internationella INTRAVAL-projektet, som siktar på validering av modeller för lösta ämnens transport med grundvatten. In-situexperiment vid Stripa och Finnsjön ingår bland annat i detta projekt. Beslut har nyligen tagits om en etapp två av projektet.

7.9 STRIPA-PROJEKTET

Det internationella Stripa-projektet genomförs med stöd från OECD Nuclear Energy Agency (NEA). Ledningen har anförtrots åt FoU-avdelningen vid Svensk Kärnbränslehantering AB (SKB). Projektet befinner sig nu i slutet av tredje etappen (fas 3), där sju länder deltar, nämligen Kanada, Finland, Frankrike, Japan, Sverige, Schweiz och USA. Forskningsaktiviteterna under fas 3 grupperas under två rubriker:

- Sprickflöden och nuklidtransport vid platskaraktärisering och validering (SCV) är det viktigaste delprojektet. SCV-studien är inriktad på validering och diagnostisering av tekniker och arbetssätt som utvecklats och används för platskaraktärisering. I nära relation till SCV-studien utvecklas högupplösande och riktade radarantennar, förbättrade metoder för högupplösande seismisk borrhålsloggning samt modellering av sprickmönster.
- Tätning av grundvattnets flödesvägar, där huvudsyftet är att identifiera lämpliga injektionsmedel och -metoder för långsiktig tätning av grundvattnets flödesvägar i Stripagranit.

Huvudexperimentet inom SCV-projektet består i att prediktera fördelningen av vattenflödet till en potentiell tunnel, att driva tunneln, mäta tillflödena och jämföra med förutsägelsen. Som stöd för huvudexperimentet utförs ett antal hjälpexperiment såsom utvärdering av kanalbildning, småskaliga hydrogeologiska effekter av tunneldrivningen samt spår försök i anslutning till sprickzoner.

Femårsprogrammet för SCV-projektet (1986-1991) innehåller två cykler med datasamling, prediktering och validering enligt följande:

| Etapp | Etappbenämning | Period | Typ av arbete | Cykel |
|-------|--|--------|----------------------------|----------|
| I | Preliminär platskaraktärisering | 86-88 | datasamling | } första |
| II | Preliminär prediktering | 87-88 | prediktering | |
| III | Detaljerad karakterisering och preliminär validering | 88-89 | validering/ datasamling | } andra |
| IV | Detaljerad prediktering | 89-90 | prediktering | |
| V | Detaljerad utvärdering | 90-92 | validering | |

Ett steg IV avslutades under 1990 och ett steg V pågår för närvarande. Sista steget inkluderar ett spårprov som startades under andra halvåret 1990.

Predikteringarna utförs parallellt av fyra modelleringsgrupper, som använder en rad data-program baserade på senaste utveckling inom modellering av sprickflöden.

Den allmänna målsättningen för bergtätningsförsöken är att identifiera lämpliga typer av injekteringsmaterial och -metoder för tätning av fina bergsprickor i slutförvar. Injekteringsmaterialen måste vara tillräckligt resistent mot erosion och kemiskt stabila, så att de bibehåller sin funktion under lång tid. En del av projektet ägnas därför åt test av kandidatmaterial inte enbart med avseende på initial tätningsförmåga utan också beträffande deras potential att motstå slutförvarsmiljön.

Stripa-projektet kommer att avslutas i och med slutförandet av fas 3. Alla experiment i gruvan kommer att vara klara vid tidpunkten 30 juni 1991, varefter gruvan kommer att stängas. Rapportering av resultat fortsätter under hela 1991 och vid mitten av 1992 kommer två omfattande översiktsrapporter om hela Stripa-projektet att ges ut. Ett avslutande Stripa-symposium planeras till hösten 1992.

7.10 ÄSPÖLABORATORIET

Planeringsarbetet för Äspölaboratoriet startade 1986. Området kring Oskarshamns kärnkraftverk valdes från början ut som ett intressant område. År 1988 valdes södra delen av ön Äspö, 2 km norr om kraftverket, som kandidatplats för laboratoriet. Platsens lämplighet bekräftades genom ytterligare borrhningar och ytundersökningar, som också gav data för projektering av tillfartstunneln. Ansökningshandlingar för att anlägga laboratoriet lämnades in under 1988.

Regeringen gav tillstånd enligt naturskyddslagen i april 1990. Ytterligare tillstånd som krävdes erhöles från Oskarshamns kommun enligt plan- och byggnadslagen samt från vattendomstolen enligt vattenlagen.

Sedan dessa tillstånd erhållits kunde man starta drivning av tillfartstunneln i oktober, endast två månader senare än ursprungligt förutsetts enligt tidplanen från 1987.

Efter utvärdering av sex konkurrerande anbud valdes som huvudentreprenör för anläggningsarbetena Siab, som är Sveriges tredje största byggnadsföretag. Siab etablerade sig snabbt på platsen efter semesterperioden i augusti. Parallellt anordnade SKB ett platskontor vid Äspö, med totalansvar för det dagliga arbetet på platsen. Vid detta kontor finns en expertgrupp som svarar för den vetenskapliga dokumentationen av tunneln, utför speciella undersökningar och övervakar utrustningen för loggning av borrhål etc.

Stora insatser har gjorts för att i detalj planera integreringen av datasamlingen vid tillfartstunnelns front och från den fortskridande drivningen. Den första sträckan på 800 m av tunneln betraktas som en teststräcka, avsedd för finslipning av arbetsmetoder och i andra avseenden.

Före starten av anläggningsarbetena genomfördes ett flertal kompletterande fältundersökningar under 1990. Bland de mera intressanta märks borrhning av ett lutande kärnborrhål längs en del av den planerade dragningen av en tillfartsramp från Simpevarp till Äspö. Borrhålet är 400 m långt och ger viktig information om bergförhållandena längs den planerade rampen. Ytterligare ett stort experiment var en andra långtidsprovpumpning (LPT2). I detta ingick ett spårprov med radioaktiva spårämnen.

Betydande insatser har ägnats åt utvärdering av resultat från förundersökningsfasen och prediktering av observationer och händelser under anläggning av laboratoriet. Denna prediktering, som kommer att publiceras vid mitten av 1991, innefattar beskrivningar, modeller eller förutsägelser beträffande geologiska, geohydrologiska och geokemiska förhållanden, data, parametrar och/eller förändringar i olika skala. Dessa varierar från full lokaliseringskala via 50 m-skala till typiskt 5 m-skala. Tonvikten läggs på att kvantitativt och kvalitativt prediktera sådana data eller parametrar som kan mätas eller observeras under anläggningsfasen.

Vid slutet av året hade tunneln drivits till en längd av 260 m.

7.11 STUDIER AV NATURLIGA ANALOGIER

Studier av naturliga analogier är ett viktigt hjälpmedel för att i viss utsträckning validera våra modeller med avseende på långsiktiga processer. SKB har under 1990 deltagit i tre sådana studier, nämligen Poços de Caldas-projektet, Cigar Lake-projektet samt de nyligen påbörjade studierna vid Oklo.

Poços de Caldas-projektet startade 1986 och avslutades under 1990. Här samarbetade SKB i Sverige, NAGRA i Schweiz, DoE i Storbritannien, DOE i USA och de brasilianska värdorganisationerna CNEN, Urânio do Brasil samt universiteten i Rio de Janeiro och São Paulo. SKB svarade för projektledningen.

Projektet avslutades officiellt med ett seminarium i samband med ett möte med CECs arbetsgrupp för naturliga analogier i Pitlochry, Skottland, i juni 1990. Resultat har erhållits beträffande geokemiska modeller, kolloider, modellering av redoxfront och hydrotermalt inducerad transport.

Cigar Lake-projektet är ett samarbete mellan AECL i Kanada och SKB för undersökning av vissa egenskaper hos en höghaltig uranmalm vid Cigar Lake i norra Saskatchewan. Första etappen startade 1989 och avrapporterades i april 1990. Baserat på dessa resultat har man kommit överens om att fortsätta med en andra etapp på två år. Huvudsyftet är att beskriva och modellera samspelet mellan vatten och mineral i malmkroppen och att spåra grundämnenas migration runt denna. Grundvattnet vid Cigar Lake liknar vatten som påträffats vid SKBs platsstudier. År 1990 har man i första hand arbetat med fältmätningar, provtagning, laboratorieanalyser och hydrogeologisk modellering.

De nya studierna vid Oklo leds av CEA i Frankrike och stöds av CEC inom dess nya 4-åriga forskningsprogram. Genom vår bilaterala överenskommelse med CEC (och med CEA) har det varit möjligt för SKB att gå in som extern part. Oklo är en urangruva i Gabon i Afrika, där flera så kallade naturliga reaktorzoner har påträffats. Naturlig kritikalitet rådde under mer än 100 000 år för cirka 2 miljarder år sedan. Trots de mycket långa tidsperioderna har reaktorzonerna bevarats mycket väl och inte mycket av det material som deltagit i reaktionerna har spritts ut.

7.12 BIOSFÄRSTUDIER

Även om syftet med deponering av radioaktivt avfall är att isolera de radioaktiva ämnena från biosfären så länge de kan betraktas som farliga, är studier av vissa biosfäreegenskaper viktiga för utformning av en säkerhetsanalys över det långsiktiga beteendet hos ett slutförvar. Dessa studier är inriktade på modellering av radionuklidtransport.

Under 1990 slutfördes (det första) BIOMOVs-projektet och avrapporterades. Projektet har letts av SSI (Statens strålskyddsinstitut) och har haft brett internationellt deltagande. BIOPATH-modellen, som används av SKB, var en av de program som var med i jämförelsen av olika modeller. Projektets allmänna slutsats var att det föreligger stora skillnader mellan resultat från olika modellkonstruktörer, även när de använder samma principiella modell. Det finns därför stort utrymme för förbättringar när det gäller modeller. I vissa fall är de troligen överdrivet konservativa, exempelvis orsakat av brist på experimentella data.

Studierna av migration hos radionuklider från Chernobyl-nedfall vid testplatserna Finnsjön och Gideå har fortsatt.

8 KOSTNADSBERÄKNINGAR

8.1 PLAN-90

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 kostnadskalkyl 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.

Kostnadskalkylen 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 ekonomiska åtaganden enligt uppdragskontrakt, och för rivning av kärnkraftstationerna.

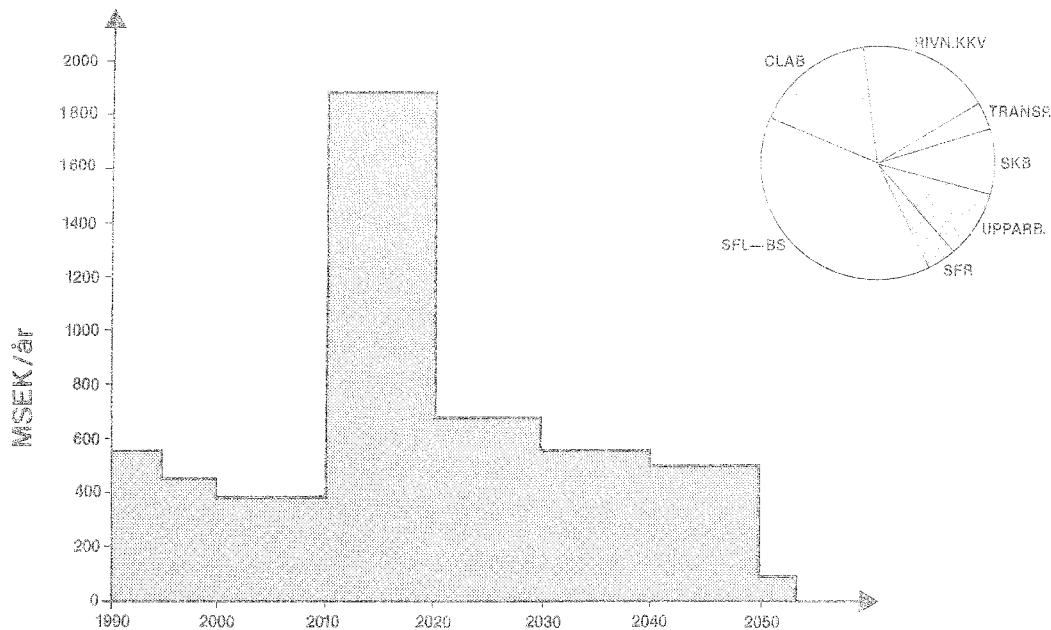
Enligt den i juni 1990 till kärnbränslenämnden inlämnade kostnadskalkylen -- Plan 90 -- utgör de uppskattade framtida kostnaderna från och med 1991 ca 45 miljarder kronor (i prisnivå januari 1990). Till och med år 1990 har ca 7,8 miljarder kronor förbrukats. Den totala kostnaden för slutdelen av kärnbränslecykeln i Sverige är sålunda ca 53 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.

Kostnaderna fördelar sig grovt enligt följande

| | |
|--|-----|
| Transporter | 8% |
| Mellanlagring av använt kärnbränsle | 21% |
| Inkapsling och slutförvaring av använt kärnbränsle och långlivat avfall | 39% |
| Slutförvaring av reaktoravfall och avfall från rivning av kärnkraftstationer | 4% |
| Rivning av kärnkraftstationer | 19% |
| Diverse inkluderande forskning och utveckling, allmän försöksverksamhet | 9% |

Kostnadsberäkningarna har baserats på preliminär utformning av de olika anläggningar som kommer att erfordras i framtiden. För detta arbete är också erfarenheterna från byggandet av CLAB och SFR av stor betydelse.



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

8.2 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK

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

När ett kärnkraftverk tas ur drift är delar av det radioaktivt nedsmutsat. 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 tagits ur drift och rivits.

Erfarenheterna av rivning i Sverige är begränsade till rivningen av forskningsreaktorn RI 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 rutinmässigt 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 ett 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 1986. 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 410 och 760

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 ingår som en del i den större avgiften för att ta hand om det använda bränslet m m och fonderas i riksbanken.

Tidpunkten för när ett kärnkraftverk skall rivnas bestäms av ett flertal olika faktorer. De viktigaste är vilken annan verksamhet som planeras på platsen, samt tillgången på personal med god anläggningskännedom. Även strålskyddsaspekter och inte minst allmänna politiska aspekter 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.

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 1990 och 1991 1,9 öre/kWh och uppdaterat 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 till kärnbränslenämnden till och med 1990 i avgifter erlagts 11 740 miljoner kronor. Härtill kommer i huvudsak räntor om nära 3 100 miljoner kronor. I ersättningar till kärnkraftföretagen har utbetalats 6 980 miljoner kronor (480 miljoner kronor 1990). Fonderade medel per årsskiftet 1990/91 var 7 757 miljoner kronor.

9 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 1990 har kostnader för färdigt kärnbränsle i Sverige i medeltal uppgått till 2,7 öre/kWh.

Tabell 9-1 visar en uppdelning av kostnaderna per kilowattimme samt den totala kärnbränslekostnaden för 1990 års elproduktion med kärnkraft, som uppgick till 65,3 TWh.

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

| | Öre per kWh Totalt | Miljoner kronor |
|---------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Natururan | 0,7 | 460 |
| Konvertering | 0,1 | 70 |
| Isotopanrikning | 0,9 | 590 |
| Bränsletillverkning | 0,9 | 590 |
| Beredskapslager | 0,1 | 70 |
| Total bränsleförsörjning | 2,7 | 1 780 |

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 1990 i genomsnitt oförändrad, 1,9 öre per kärnkraftgenererad kWh, men har differentierats för de olika kärnkraftstationerna (se avsnitt 8.2). Avgiften för 1991 utgår också oförändrad.

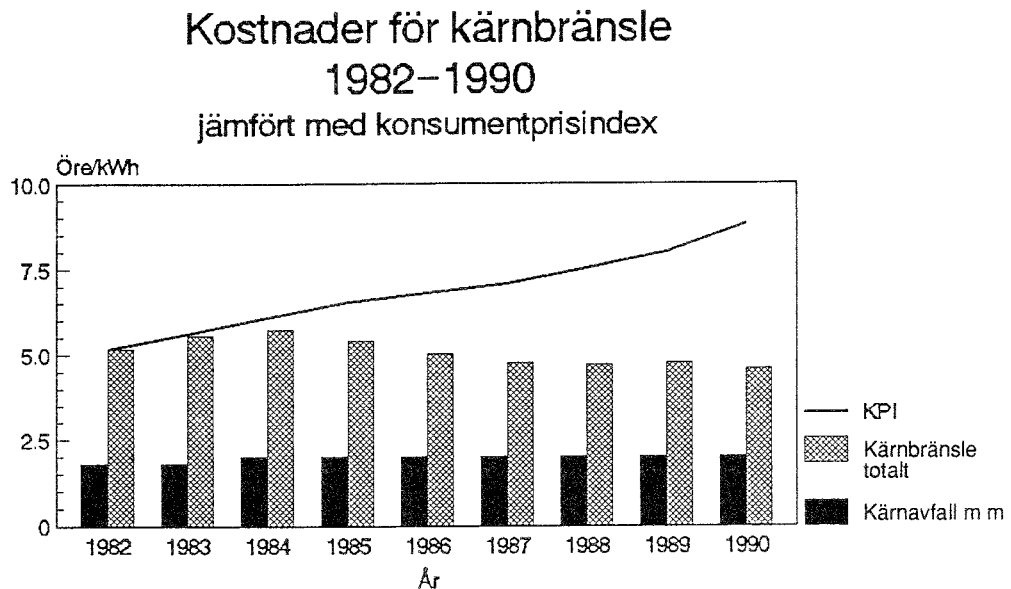
Kostnaderna för låg- och medelaktivt sk reaktoravfall som väsentligen uppstår under produktionsperioden för motsvarande kärnkraft faller utanför finansieringslagen och täcks genom interna avsättningar av kärnkraftproducenterna. F n avsätts 0,12 öre per kärnkraftgenererad kWh.

Den totala kostnadsbilden för kärnbränslet inklusive slutsteg och rivning blir då för år 1990

| | |
|---|---------------------|
| – Försörjning inklusive beredskapslager | 2,7 öre/kWhe |
| – Slutsteg inklusive rivning 1,9 + 0,12 | <u>2,0 öre/kWhe</u> |
| Summa | 4,7 öre/kWhe |

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

Figur 9-1. Kostnader för kärnbränsle 1982-1990 jämfört med konsumentprisindex.



10 UPPDRAGSVERKSAMHET

Det internationella intresset för svenskt kunnande inom avfallsområdet fortsätter att öka. Detta märks bl a på besöksintresset av våra anläggningar samt för den ökande omfattningen inom SKB's uppdragsverksamhet. Under 1990 har affärsområdet omfattat fjorton uppdrag. Följande länder har berörts: Finland, Västtyskland, Spanien, Japan, Taiwan, Korea och Australien. Bland periodens uppdrag kan nämnas:

Finland

- Geovetenskapliga borrhålmätningar.

Västtyskland

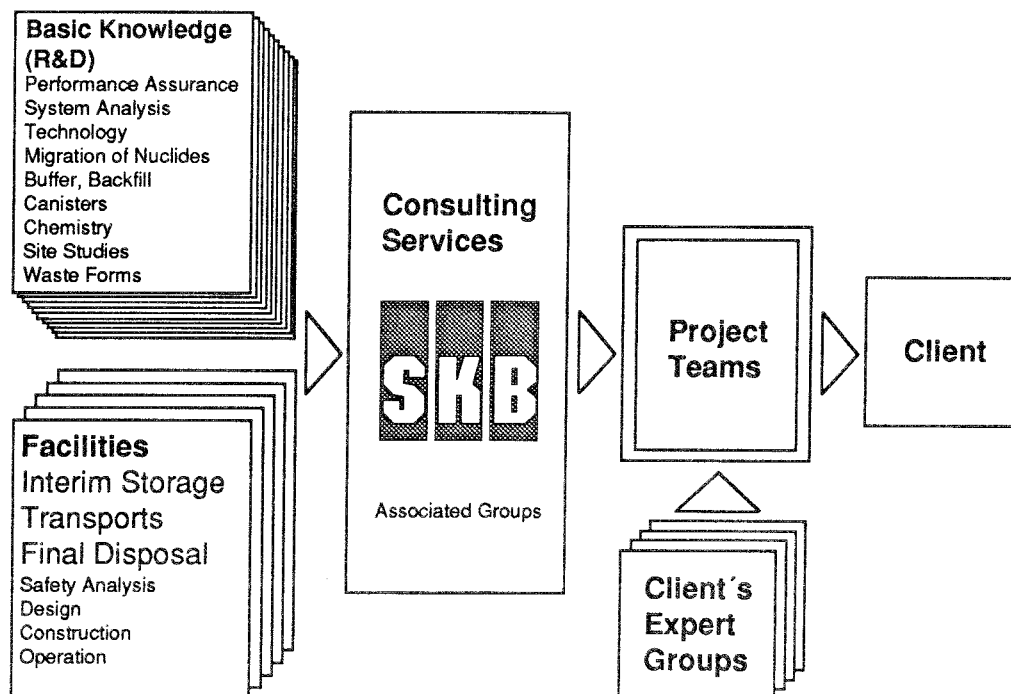
- Kunskapsöverföring samt utbildning av personal för ett mobilt nedkylningssystem av transportbehållare för använt kärnbränsle.

Spanien

- Förstudie över ett slutlager för högaktivt avfall i kristallint berg.

Japan

- Studier över gasbildning, gastransport samt bentoniters egenskaper vid det planerade slutlagret för lågaktivt avfall i Japan.
- Överföring av svenskt kunnande för sjötransporter av låg- och medelaktivt avfall.
- Hydrogeologiska mätningar i ett 1000 m djupt borrhål med SKB's sk multivagn i närheten av Nagoya.



Figur 10-1. Organisation av uppdragsverksamheten.

Taiwan

- Övergripande plan för slutförvaring av använt bränsle i Taiwan. Planen omfattade kompetensuppbyggnad, program för forskning inom olika områden, platsundersökningar och platsval liksom synpunkter på regelsystem, organisationsfrågor och informationsinsatser.

Korea

- Förstudie av ett bergrumsförlagt slutförvar för låg- och medelaktivt avfall.

Australien

- Förstudie över alternativa bränslecykelscenarios samt kostnadsberäkningar.

Den totala omfattningen av uppdragsverksamheten under 1990 har varit ca 10 miljoner kronor.

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 platsundersökningar 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 når inte bara anställda, utan även den stora krets vetenskapsmän, forskare och konsulter som arbetar för SKB. SKB-nytt utkom med sju nummer under 1990.

Turnerande utställningar besökte under 1990 drygt 70 olika platser Sverige runt och hade 96 000 besökare. Den specialbyggda långtradaren rullade från april till oktober och M/S Sigyn var i verksamhet under sommaren längs den svenska kusten från Lysekil till Luleå. Som tidigare ordnades på varje plats separata visningar för lokalpolitiker, föreningar, skolor och lokalpress.

Under 1990 prövades också annonsering i ett begränsat antal tidningar och tidskrifter med beslutsfattare och opinionsbildare som målgrupp. Tre olika annonser berättade om några för en större allmänhet okända fakta kring radioaktivt avfall, exempelvis existensen av naturliga analogier.

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 och förberedelser börjat för att förse det blivande Äspölaboratoriet med en utställningsnisch.

Under 1990 har SKB medverkat vid olika offentliga informationsmöten i kommuner där SKB bedriver verksamhet. Vid dessa möten, liksom i ett antal radio- och TV-program under året, har VD och företagsledningen medverkat.

Nya trycksaker och videokassetter har producerats under året, bland annat den fortsättningsvis årligen utgivna Verksamheten. Tillgängligt material listas nedan.

| | Beställn nr | Språkversioner utöver svenska |
|--|--|----------------------------------|
| Trycksaker | | |
| Röster om svenskt kärnavfall | C 10 949 025 | |
| Sveriges radioaktiva avfall – faktafolder | C 12 037 025 C 12 E 022 010 | engelsk |
| Hantering av radioaktivt avfall – 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 |
| Transporter av radioaktivt avfall | H 23 119 025 | |
| Slutförvar för radioaktivt driftavfall – SFR | C 002 817 025 C 003 E 818 025 | engelsk |
| Centralt mellanlager för använt kärnbränsle – CLAB | H 22 119 025 | |
| Stripa – en berganläggning för forskning om förvaring av kärnavfall | C 75 004 005 | engelsk |
| Kärnbränsle | C 31 037 030 | |
| Vad du behöver veta | C 938 025 | |
| Videokassetter | | |
| SFR – Slutförvar för radioaktivt driftavfall | C 1001 835 | engelsk, tysk |
| 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 |
| ”Dom får inte sabotera min framtid ...” | C 01 043 050 | |