

# Plan 99

## Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Juni 1999

**Svensk kärnbränslehantering AB**  
Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 5864  
SE-102 40 Stockholm Sweden  
Tel 08-459 84 00  
+46 8 459 84 00  
Fax 08-661 57 19  
+46 8 661 57 19



# **Plan 99**

## **Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter**

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Juni 1999

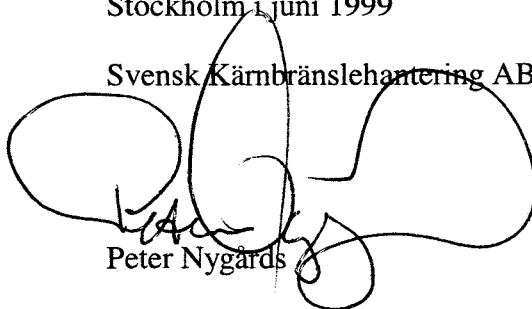
## FÖRORD

Enligt "lag om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m" (1992:1537) åligger det reaktorinnehavarna att upprätta en beräkning av kostnaderna för samtliga åtgärder som behövs för att omhänderta i reaktorer använd kärnbränsle och radioaktivt avfall som härrör från detta samt avveckla och riva reaktoranläggningarna. Kostnadsredovisningen skall årligen insändas till regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer. SKB upprättar på uppdrag av kraftföretagen denna kostnadsberäkning.

Föreliggande rapport, som är den artonde årliga redovisningen, ger en uppdaterad sammanställning av erforderliga kostnader.

Stockholm i juni 1999

Svensk Kärnbränslehantering AB

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of several large loops and flourishes, positioned over the printed name Peter Nygårds.

Peter Nygårds

VD

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>iii</b>
<b>1.</b>	<b>FÖRUTSÄTTNINGAR</b>	<b>1</b>
1.1	ALLMÄNT	1
1.2	BERÄKNINGSALTERNATIV	3
1.3	ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER	3
1.4	PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGSSYSTEMET	6
<b>2.</b>	<b>ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM I BASSCENARIOT</b>	<b>7</b>
2.1	ALLMÄNT	7
2.2	FORSKNING, UTVECKLING OCH DEMONSTRATION	8
2.3	TRANSPORTSYSTEM	10
2.4	CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB	12
2.5	KAPSELFABRIK	14
2.6	INKAPSLINGSANLÄGGNING FÖR ANVÄNT BRÄNSLE	15
2.7	DJUPFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL	17
2.8	SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR	22
2.9	RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK	25
<b>3.</b>	<b>BERÄKNINGSMETODIK</b>	<b>26</b>
3.1	ÖVERSIKT	26
3.2	BERÄKNING AV REFERENSKOSTNAD	28
3.3	VARIATIONER I BASSCENARIOT	29
<b>4.</b>	<b>KOSTNADSREDOVISNING</b>	<b>32</b>
4.1	ALLMÄNT	32
4.2	AVGIFTSUNDERLAG - BASSCENARIO	32
4.3	UNDERLAG FÖR GRUNDBELOPP	36
4.4	VARIATIONER I DRIFTFÖRHÅLLANDEN	36
4.5	TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER	38
<b>5.</b>	<b>UNDERLAG FÖR TILLÄGGSBELOPP</b>	<b>39</b>
	<b>REFERENSER</b>	<b>42</b>

## SAMMANFATTNING

De företag som innehar kärnkraftverk är ansvariga för att vidta de åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnreaktorerna. De viktigaste åtgärderna är att planera, bygga och driva de anläggningar och system som behövs, samt att bedriva därtill kopplad forskning och utveckling. Kraftföretagen har givit SKB i uppgift att genomföra detta arbete.

I denna rapport presenteras en beräkning över kostnaderna för att genomföra samtliga dessa åtgärder. Beräkningarna baseras på den plan för hantering och slutförvaring av de radioaktiva restprodukterna, som utarbetats av SKB och som beskrivs i rapporten.

Följande anläggningar och system är i drift:

- Transportsystem för radioaktiva restprodukter
- Centralt mellanlager för använt bränsle, CLAB
- Slutförvar för radioaktivt driftavfall, SFR 1

Senare planeras även:

- Kapselabrik
- Inkapslingsanläggning för använt bränsle
- Djupförvar för använt bränsle och annat långlivat avfall
- Slutförvar för rivningsavfall

I kostnadsberäkningarna ingår även kostnader för forskning, utveckling och demonstration, samt för att avveckla och riva reaktoranläggningarna m m.

Denna rapport baseras på den föreslagna inriktningen av verksamheten som presenterats i SKB:s FUD-program 95 och 98. Inriktningen överensstämmer i stort med underlaget för föregående års rapport. SKB föreslår att djupförvaringen genomförs stegvis. Den inleds med ett första steg då ca 400 kapslar deponeras. Därefter sker en utvärdering och förnyad licensiering innan anläggningen byggs ut i full skala.

Vid årsskiftet 1995/96 infördes vissa ändringar i finansieringslagen som påverkar de beräkningar som redovisas i denna rapport. Den viktigaste är att reaktornnehavarna utöver att betala avgifter även skall ställa säkerheter för kvarvarande kostnader. Härigenom kan avgiften baseras på en trolig kostnad för att ta hand om avfallet. Denna inkluderar osäkerheter och variationer som är normala för denna typ av projekt. Kostnadsökningar till följd av större förändringar, störningar etc kan i stället täckas genom de ställda säkerheterna.

Som underlag för att fastställa avgift och bedöma behovet av säkerheter skall tre typer av belopp redovisas:

- **belopp för avgiftsunderlag** som skall innefatta samtliga kostnader för att ta hand om det använda bränslet m m från 25 års drift av reaktorerna, samt för att avveckla och riva reaktorerna och genomföra erforderlig forskning och utveckling. Om en reaktor drivits mer än 25 år skall kostnaderna inkludera bränsle m m som använts till och med det år avgiften skall gälla för (dvs år 2000). I årets kalkyl gäller detta för Barsebäck I, Oskarshamn I och II, Ringhals II.
- **grundbelopp** som skall innefatta motsvarande kostnader för att ta hand om det bränsle som använts till och med det år då beräkningen görs (dvs år 1999), samt kostnaderna för att avveckla och riva reaktorerna.
- **tilläggsbelopp** som innefattar skäliga tillkommande kostnader som beror på oplanerade händelser.

Grundbeloppet och tilläggsbeloppet skall användas för att bedöma behovet av säkerheter för att täcka dels avgiftsbortfallet vid förtida avställning av reaktorerna, dels kostnadsökningar till följd av framtida oplanerade händelser.

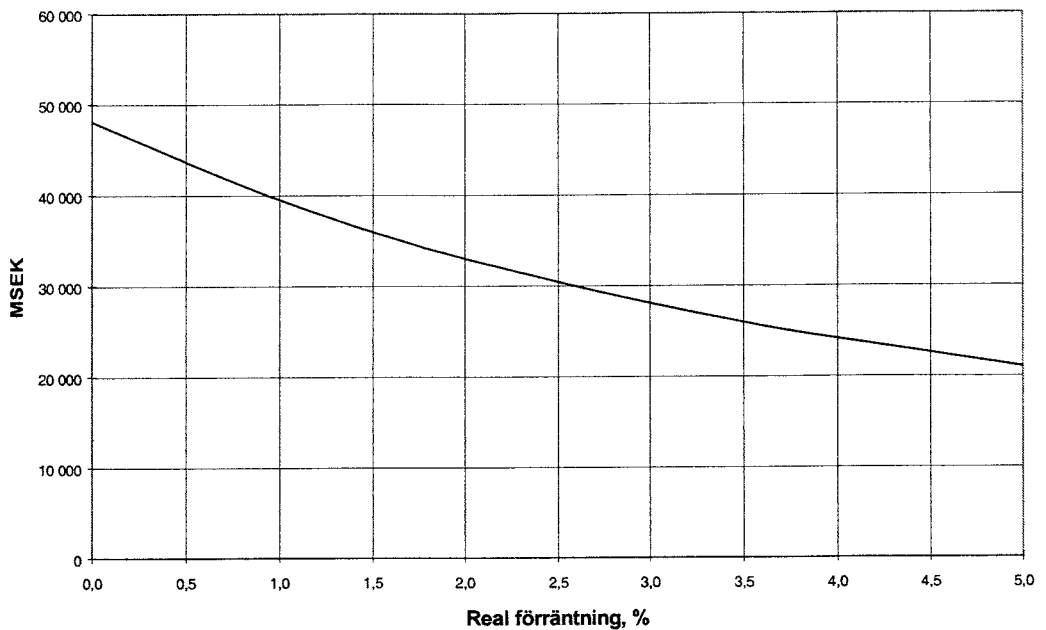
**Avgiftsunderlaget** har baserats på ett basscenario som beskriver de åtgärder, anläggningar etc som behövs för att ta hand om det använda bränslet och riva kärnkraftverken. Detta innehåller i sig med nödvändighet osäkerheter. För att ta hänsyn till dessa osäkerheter tillämpas en beräkningsmetodik där osäkerheterna hanteras genom en statistisk sammanvägning av deras påverkan på kostnaderna.

I basscenariot tas således hänsyn till osäkerheter, variationer och störningar som kan anses vara normala för ett projekt. Eftersom flera variationer påverkar tidsplanen har kostnaderna beräknats dels i fast penningvärde (januari 1999), dels som nuvärden med olika antaganden om framtida realförräntning.

De framtida kostnaderna presenteras som en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet en kostnad kommer att innehållas. I redovisningen av den troliga kostnaden används den kostnad som enligt beräkningen har lika stor sannolikhet att överskridas som att underskridas.

Avgiftsunderlagsbeloppet (inklusive vissa kostnader som ligger utanför finansieringslagen), i prisnivå januari 1999, för det svenska avfallssystemet från och med år 2000 har beräknats till 48,1 miljarder kronor. Kostnaderna gäller för det avfall som erhålls från 25 års drift (samt tillkommande år då en reaktor överskridit 25 år) av alla svenska reaktorer. De utfaller under ca 50 års tid fram till mitten av 2000-talet. Tyngdpunkten för kostnaderna ligger dock under de närmaste 30 åren. I Figur 1.1 visas nuvärdet av kostnaderna vid olika realförräntning.

T o m år 1999 beräknas 12,9 miljarder kronor i löpande penningvärde ha lagts ner.



**Figur 1.1** Nuvärdet (MSEK) av avgiftsunderlagsbeloppet från och med år 2000 vid olika real förräntning (Prisnivå januari 1999)

**Grundbeloppet**, som anger kostnaden för att ta hand om det avfall, som producerats till och med år 1999 är ca 0,7 miljarder kronor lägre än avgiftsunderlaget (odiskonterat).

**Tilläggsbeloppet** som skall ge en bedömning av risken för oplanerade kostnadsökningar har beräknats med samma statistiska metodik som avgiftsunderlaget. Vid beräkning av underlag för tilläggsbeloppet har hänsyn tagits till större variationer än i basscenariot avseende koncept, lokalisering, tidsplan, kostnadsdata samt störningar. Resultatet erhålls som en statistisk fördelning av de totala kostnaderna som anger med vilken sannolikhet en totalkostnad kommer att innehållas.

Vid sidan av den kalkyl som behandlats ovan, och som är baserad på avfallsmängder vid drift av reaktorerna i 25 år, ges exempel på effekten av utsträckta drifttider. Sålunda redovisas även kostnader baserade på avfallsmängder vid drift av reaktorerna i 40 år.

**ANVÄNDA FÖRKORTNINGAR**

BWR	kokarreaktor (ABB-Atom)
CLAB	centralt lager för använt bränsle
FUD	forskning, utveckling och demonstration
kkv	kärnkraftverk
PWR	tryckvattenreaktor (Westinghouse)
SFR 1	slutförvar för radioaktivt driftavfall
SFR 3	slutförvar för rivningsavfall
SKB	Svensk Kärnbränslehantering AB
SKI	Statens kärnkraftsinspektion



# 1. FÖRUTSÄTTNINGAR

## 1.1 ALLMÄNT

SKB upprättar varje år, på uppdrag av de kraftföretag som innehar kärnkraftverk, en beräkning över kostnaderna för samtliga åtgärder som behövs för att omhänderta använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnkraftverken. Kostnadsberäkningen redovisas till statens kärnkraftsinspektion (SKI) som har att föreslå regeringen dels den avgift för omhändertagande av kärnkraftens radioaktiva restprodukter, som skall uttas på kärnkraftproducerad el, dels de belopp för vilka reaktorinnehavarna ska ställa säkerheter.

Vid årsskiftet 1995/96 infördes vissa ändringar i finansieringslagen som påverkar de beräkningar som redovisas i denna rapport. Den viktigaste är att reaktorinnehavarna skall ställa säkerheter för kvarvarande kostnader. Härigenom kan avgiften baseras på en trolig kostnad för att ta hand om avfallet. Denna inkluderar osäkerheter och variationer som är normala för denna typ av projekt. Kostnadsökningar till följd av större förändringar, störningar etc kan i stället täckas genom de ställda säkerheterna.

Som underlag för att fastställa avgift och bedöma behovet av säkerheter skall tre typer av belopp redovisas:

- **belopp för avgiftsunderlag** som skall innefatta samtliga kostnader för att ta hand om det använda bränslet m m från 25 års drift av reaktorerna, samt för att avveckla och riva reaktorerna och genomföra erforderlig forskning och utveckling. Om en reaktor drivits mer än 25 år skall kostnaderna inkludera bränsle m m som använts till och med det år avgiften skall gälla för (dvs år 2000). I årets kalkyl gäller detta för Barsebäck I, Oskarshamn I och II, Ringhals II
- **grundbelopp** som skall innefatta motsvarande kostnader för att ta hand om det bränsle som använts till och med det år då beräkningen görs (dvs 1999), samt kostnaderna för att avveckla och riva reaktorerna.
- **tilläggsbelopp** som innefattar skäliga tillkommande kostnader som beror på oplanerade händelser.

Grundbeloppet och tilläggsbeloppet skall användas för att bedöma behovet av säkerheter för att täcka avgiftsbortfallet vid avställning av reaktorerna innan de drivits i 25 år, respektive kostnadsökningar till följd av framtida oplanerade händelser.

**Avgiftsunderlaget** har baserats på ett basscenario som beskriver de åtgärder, anläggningar etc som behövs för att ta hand om det använda bränslet

och riva kärnkraftverken. I basscenariot tas hänsyn till normala osäkerheter, variationer och störningar för ett projekt.

Basscenariot har baserats på KBS-3-metoden (Ref. 1) vilken granskats i samband med laddningsansökan för Forsmark 3 och Oskarshamn 3. KBS-3 har befunnits uppfylla högt ställda krav vad gäller säkerhet och strålskydd. Hänsyn har också tagits till de resultat som successivt framkommit i SKB:s forskning och utveckling och som presenterats i SKB:s senaste program för forskning, utveckling och demonstration, FUD 98 (Ref. 2). Den inriktning och tidsplanestrategi för den fortsatta verksamheten som anges i FUD 98 ligger likaså till grund för basscenariot.

För att inkludera inverkan av variationer och osäkerheter i kostnadsberäkningarna tillämpas en beräkningsmetodik som hanterar osäkerheterna genom en statistisk sammanvägning av deras påverkan på kostnaderna. Metodiken beskrivs närmare i kapitel 3.

I kapitel 2 ges en presentation av basscenariot och de variationer och osäkerheter som vägs in vid beräkningen av avgiftsunderlaget.

**Grundbeloppet**, som anger de totala kostnaderna för att ta hand om de avfallsmängder som uppkommer vid reaktordrift t o m år 1999 och för att riva kärnkraftverken, har beräknats utifrån kostnaderna för basscenariot. Fyra beräkningar har utförts, en för varje reaktorstation. Som underlag för beräkningen har antagits en samtidig avställning av alla block på respektive plats. Detta innebär att mängden avfall som skall tas om hand minskar och att avställningsdriften förlängs i förhållande till basscenariot.

**Tilläggsbeloppet** som skall ge en bedömning av risken för oplanerade kostnadsökningar har beräknats med samma statistiska metodik som avgiftsunderlaget. Vid beräkning av tilläggsbeloppet skall ingå kostnader för mindre sannolika men inte orimliga händelser som ger kostnadsförändringar. Hänsyn tas därvid även till större variationer, exempelvis i koncept, lokalisering, tidsplan och kostnadsdata samt störningar av olika slag. Resultatet erhålls som en statistisk fördelning av de totala kostnaderna som anger med vilken sannolikhet en viss totalkostnad kommer att innehållas.

Finansieringslagen behandlar endast de kostnader som är hänförliga till omhändertagande av använt kärnbränsle samt till avveckling och rivning av reaktoranläggningarna. I SKB:s plan för avfallshanteringen har utrymme även beretts för driftavfallet från kärnkraftverken samt för övrigt radioaktivt avfall som erhålls i Sverige, främst från Studsvik. Det senare utgör endast några få procent av den totala avfallsvolymen.

## 1.2 BERÄKNINGSALTERNATIV

För att dimensionera slutförvar och transportsystem måste vissa antaganden göras beträffande driftförhållandena för kärnkraftblocken. Mängden använt bränsle och radioaktivt avfall som skall tas om hand bestäms bland annat av hur länge och vid vilken effekt reaktorerna drivs, samt deras utnyttjningsfaktorer.

Beräkningarna för avgiftsunderlaget skall enligt finansieringslagen göras för fallet att reaktorerna drivs i 25 år, dock minst t o m det första år beräkningarna avser, dvs i årets beräkningar t o m år 2000 (det senare villkoret gäller för närvarande Barsebäck I, Oskarshamn I och II, Ringhals II). Detta utgör den skintjänandetiden med avseende på fonduppbyggnaden. För att belysa hur systemet påverkas av förlängda drifttider redovisas i rapporten även en kostnadsberäkning för fallet att alla reaktorer drivs i 40 år.

Som underlag för beräkningen av grundbeloppen har antagits en avställning av alla block på en plats vid beräkningsperiodens början. För årets rapport innebär detta drift t o m 1999-12-31.

Utifrån reaktoreernas drifttider beräknas avfallsmängder och därigenom investeringar och drifttider för avfallssystemets anläggningar. Avfallsmängder för respektive alternativ redovisas översiktligt i följande avsnitt samt mer detaljerat i **Bilaga 1**.

I denna rapport antas att starttidpunkten för inkapsling och deponering liksom förutsättningar i övrigt är lika för de olika alternativen. Detta medför att drifttiden för transportsystemet, CLAB, inkapslingsanläggningen och djupförvaret bestäms av totala antalet kapslar som skall deponeras i respektive alternativ.

Storleken på lagringskapaciteten i CLAB påverkas också av mängden bränsle i de olika alternativen. SFR 1 förutsätts drivas så länge reaktorerna är i drift. För SFR 3 påverkas inte avfallsvolymer och drifttiden av olika alternativ utan driften förskjuts endast i tiden beroende på när reaktorerna rivs.

## 1.3 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER

Energiproduktionen i de svenska kärnkraftverken var under 1998 totalt 70 TWh, vilket motsvarar en genomsnittlig energiutnyttjningsfaktor på 80 %. Under 1997 var energiutnyttjningsfaktorn 76% och under 1996 var den 81 %. Vid beräkning av förväntad framtida energiproduktion används utnyttjningsfaktorn 80 % för såväl BWR som PWR. Denna utnyttjningsfaktor motsvarar kraftföretagens bästa bedömning och överensstämmer med deras redovisning till energikommissionen. Den tar även hänsyn till förväntade framtida renoveringsarbeten samt eventuella framtida störningar i driften.

Inom basscenariot varieras<sup>1</sup> utbränningsgraden för bränslet från framtida elproduktion för BWR mellan 38 och 55 MWd/kgU. Motsvarande för PWR är mellan 41 och 60 MWd/kgU.

Vid drift av samtliga reaktorer i 25 år, dock minst t o m år 2000, erhålls för basscenariot en total bränsleförbrukning på mellan 6 100 och 6 500 ton uran beroende på antagen framtida utbränningsgrad. Den totala elproduktionen för basscenariot har beräknats till ca 1 660 TWh. Elproduktion och bränsleförbrukning per reaktorblock har sammanställts i Tabell 1.1. Denna tabell gäller vid en framtida utnyttjningsfaktor på 80 % för samtliga reaktorer och en framtida medelutbränningsgrad på 42 MWd/kgU för BWR samt 44 MWd/kgU för PWR.

**Tabell 1.1** Elproduktion (netto) och bränsleförbrukning vid drift av samtliga kärnkraftverk i 25 år (Barsebäck I, Oskarshamn I och II, Ringhals II till och med år 2000)

Reaktor samt datum för kommersiell drift	Termisk effekt MW	Nettoeffekt MW	Energiproduktion TWh			Bränsleförbrukning ton uran	
			t o m 1998	fr o m 1999 (årligen)	Totalt	Uttaget t o m 1998	Totalt
B1 1975-07-01	1 800	600	90,8	4,2	99	352	460
B2 1977-07-01	1 800	600	84,9	4,2	100	307	440
R1 1976-01-01	2 500	830	103,3	5,8	115	326	490
R2 1975-05-01	2 570	870	110,2	6,1	122	331	440
R3 1981-09-09	2 780	920	99,0	6,5	149	280	500
R4 1983-11-21	2 780	920	96,5	6,5	160	282	540
O1 1972-02-06	1 375	440	62,5	3,1	69	266	370
O2 1974-12-15	1 800	600	93,7	4,2	102	339	470
O3 1985-08-15	3 300	1 160	110,4	8,1	205	308	730
F1 1980-12-10	2 930	970	121,0	6,8	168	394	660
F2 1981-07-07	2 930	970	117,0	6,8	168	368	650
F3 1985-08-22	3 300	1 160	112,4	8,1	207	311	720
BWR totalt	21 735	7 330	896	51,4	1 233	2 971	4 980
PWR totalt	8 130	2 710	306	19,0	431	893	1 480
Samtliga totalt	29 865	10 040	1 202	70,4	1 664	3 864	6 460

<sup>1</sup> Det ska framhållas att den specificering, numeriskt eller på annat sätt, som görs för variationer som omnämns i rapporten är att hänföra till en bedömd sannolikhet för utfall, vanligtvis 1:10. Vid den statistiska bearbetningen som ingår i beräkningsprocessen kommer utfallet därför i viss utsträckning att underskrida respektive överskrida de här angivna min- och maxvärdena.

Utnyttjningsfaktorn varierar ej i basscenariot eftersom en sådan variation påverkar både avfallsmängder och elproduktion, dvs såväl kostnads- som intäktssidan. En separat beräkning där den framtida utnyttjningsfaktorn antagits till 70 % redovisas därför i avsnitt 4.4.

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB och därefter direktdeponeras. Utöver det bränsle som anges i Tabell 1.1 tillkommer ca 20 ton bränsle från Ågesta samt 23 ton Mox-bränsle med tyskt ursprung. Det senare bränslet ersätter 57 ton svenskt bränsle som tidigare levererats till Cogema. 1989 överlät SKB rätten till upparbetning hos Cogema till åtta tyska företag. 140 ton bränsle har även sänts till BNFL för upparbetning, varifrån inget avfall återsänds. Detta ger, vid framtida driftförhållanden enligt Tabell 1.1, dvs 25 års drift, dock minst t o m år 2000, en slutförvarsmängd på ca 6 300 ton uran.

Vid 40 års drift ökar mängden bränsle som skall slutförvaras till ca 9 300 ton uran och den totala elproduktionen till 2 700 TWh.

Utöver använt bränsle ger det svenska kärnkraftsprogrammet upphov till låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken, CLAB och inkapslingsanläggningen. När anläggningarna rivs uppkommer rivningsavfall. I Tabell 1.2 anges beräknade avfallsmängder om alla reaktorer drivs i 25 år, dock minst t o m år 2000. Avfallsmängderna redovisas i detalj i Bilaga 1. Aktivitetsinnehållet i de olika avfallstyperna är mycket olika. Kravet på hantering och slutförvaring blir därför beroende av avfallstyp.

**Tabell 1.2** Huvudtyper av radioaktiva restprodukter att deponera

Produkt	Huvudsakligt ursprung	Enhet	Antal enheter	Volym i slutlager m <sup>3</sup>
Använt bränsle		kapslar	3 100	12 800
Alfa-kontaminerat avfall	Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	fat och kokiller	2 800	1 700
Hårdkomponenter	Reaktordelar	kokiller	1 400	9 500
Låg- och medelaktivt avfall	Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	fat och kokiller	48 000	76 400
Rivningsavfall	Från rivning av kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	främst 20 m <sup>3</sup> ISO-cont	8 200	155 300
Total mängd ca			63 500	255 700

## 1.4 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGSSYSTEMET

I denna rapport har som grund för tidsplanen och utformningen av avfallshanteringssystemet antagits att:

- Kortlivat avfall skall deponeras i SFR snarast efter att det erhålls.
- Använt bränsle mellanlagras i CLAB innan det placeras i djupförvar. Därigenom begränsas värmeutvecklingen i djupförvaret. Tiden för mellanlagring är i basscenariot ca 35 år. Inverkan av variationer med ca 30 respektive 45 års mellanlagring studeras också.
- Övrigt långlivat avfall deponeras i anslutning till djupförvaret för använt bränsle.
- Rivning av de tolv reaktorerna är förlagd till en tidpunkt som är realistisk med hänsyn till drifttider för reaktorerna, iordningställande av anläggningar för avfallshantering samt tillståndsfrågor och metodutveckling.

Inkapslingsanläggningen antas i basscenariot bli placerad vid CLAB och djupförvaret för använt bränsle och övrigt långlivat avfall antas bli placerat i norra Sverige, i inlandet alternativt vid kusten. Transporterna av avfallet antas ske med fartyg till närmaste hamn. Eventuella transporter från hamnen antas ske med järnväg.

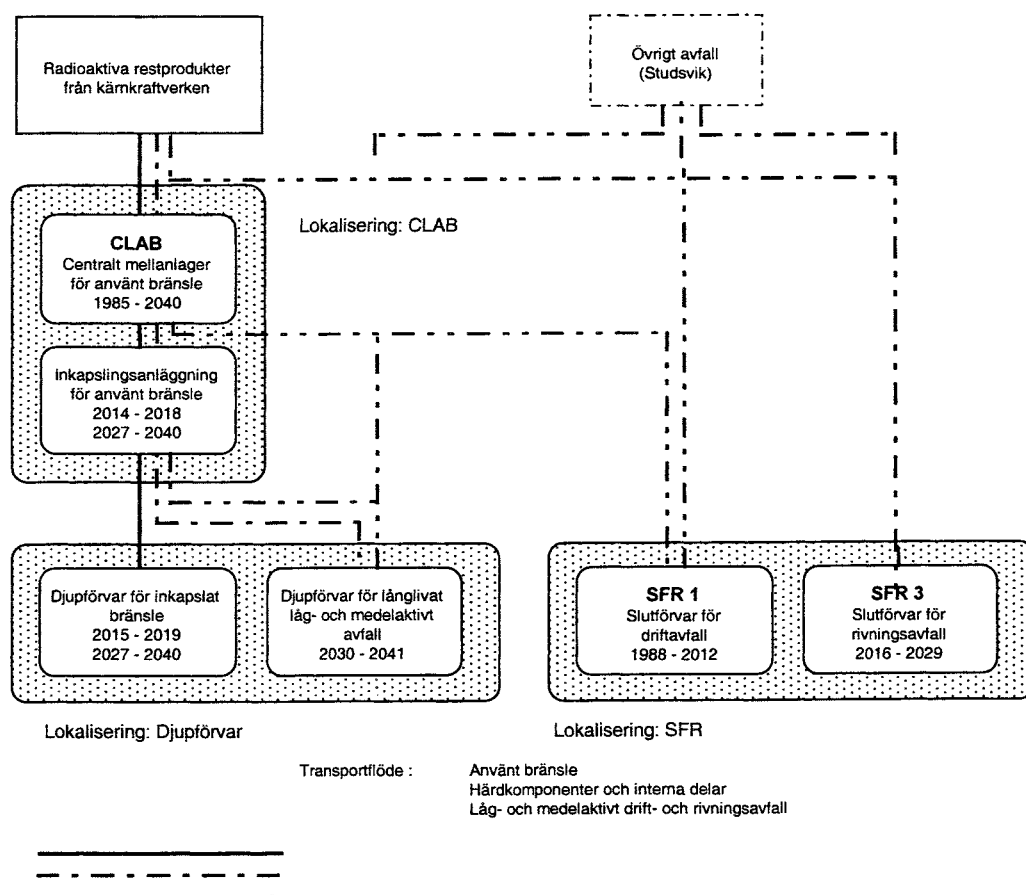
I SKB:s senast framlagda program för forskning, utveckling och demonstration, FUD 98, föreslår SKB, liksom tidigare i FUD 95 och FUD 92, att djupförvaringen genomförs stegvis. Djupförvaringen inleds med ett första steg då 400 kapslar deponeras. Därefter sker en utvärdering och förnyad licensiering innan beslut fattas om att bygga ut anläggningen i full skala. Basscenariot baseras på denna i FUD 98 föreslagna strategi. Vid beräkning av tilläggsbeloppet studeras även inverkan av att bränslet återtas efter första steget och deponeras på annan plats.

## 2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM I BASSCENARIOT

### 2.1 ALLMÄNT

Det avfallshanteringssystem som har legat till grund för beräkningen av beloppet för avgiftsunderlag benämns basscenario. Här tas hänsyn till normala osäkerheter, variationer och störningar för ett projekt. Vid beräkningen av avgiftsunderlaget vägs variationernas inverkan på kostnaderna samman statistiskt. Basscenariot är baserat på alternativet drift av reaktorerna i 25 år, dock minst t o m år 2000.

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av de anläggningar, system och åtgärder som ingår i basscenariot. Deras funktion och utformning beskrivs kortfattat och de variationer som studerats och som påverkat utformning, personalbehov eller andra kostnadsposter berörs översiktligt.



**Figur 2.1** Plan över hanteringen av kärnkraftens restprodukter (angivna drifttider gäller för basscenariot utan störningar)

Flera av variationerna inom basscenariot påverkar flera anläggningar inom avfallssystemet. Deras påverkan på respektive anläggning beskrivs också nedan. En mer utförlig beskrivning av variationerna återfinns i kapitel 3.

I FUD 98 presenterades program och planer för insatser vad gäller kapsel, inkapslingsanläggning och djupförvar. Baserat på detta underlag har översiktliga tidsplaner för framtida anläggningar upprättats till grund för kostnadsberäkningarna. De innebär att inkapslingsanläggning och djupförvar skall byggas så att deponering av inkapslat bränsle kan börja tidigast år 2010. Den verkliga starttidpunkten är beroende av hur lång tid arbetet med lokalisering av djupförvaret kommer att ta. I basscenariot tas hänsyn till variationer i starttidpunkten mellan 2010 och 2025 med 2015 som referens.

I Figur 2.1 visas vilka anläggningar som ingår i basscenariot och hur avfallshanteringen planeras ske, samt anläggningarnas drifttider för det valda referensfallet (dvs utan hänsyn till variationer). Några av anläggningarna är i drift, vilket ger ett gott underlag för kostnadsberäkningarna. För övriga anläggningar har den slutliga utformningen ännu inte valts. Som underlag för kostnadsberäkningarna har emellertid en möjlig avfallshandling beskrivits samt layoutritningar och personalplaner upprättats. I variationerna tas hänsyn till de osäkerheter som finns beträffande utformning, personalstyrka, kostnadsdata m m.

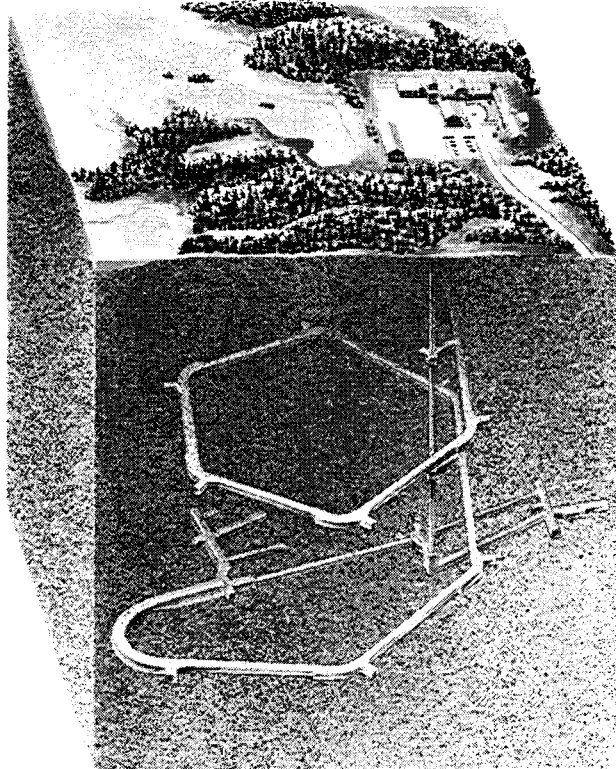
## 2.2 FORSKNING, UTVECKLING OCH DEMONSTRATION

SKB:s arbete med forskning, utveckling och demonstration, FUD, syftar till att ta fram nödvändiga kunskaper, underlag och data för att förverkliga slutförvaringen av använt kärnbränsle och annat långlivat radioaktivt avfall. Program för detta arbete presenteras av SKB vart tredje år. Det senaste programmet redovisades i september 1998 (Ref. 2) och en granskningsrapport från SKI presenterades i april 1999 (Ref. 3). Samtliga instanser har nu yttrat sig om FUD-program 98 utom KASAM, vars yttrande kommer till halvårsskiftet.

Under 1990-talet har FUD-arbetet inriktats mot de insatser som behövs för att genomföra byggande av en inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle och ett djupförvar för inkapslat bränsle. Förutom det rena projekteringsarbetet och säkerhetsanalyserna krävs en relativt omfattande stödjande forskning och utveckling med tonvikt på utveckling av metoder och underlag för säkerhetsanalyser.

En viktig komponent i FUD-verksamheten är Äspö-laboratoriet. Äspö-laboratoriet används för att pröva, verifiera och demonstrera de undersökningsmetoder som senare skall användas för detaljerade studier av kandidatplatser för djupförvaret, samt för att studera och verifiera funktionen för olika komponenter i slutförvarssystemet. Det skall även användas för att utveckla och testa teknik för deponering. En principskiss över laboratoriet visas i Figur 2.2.





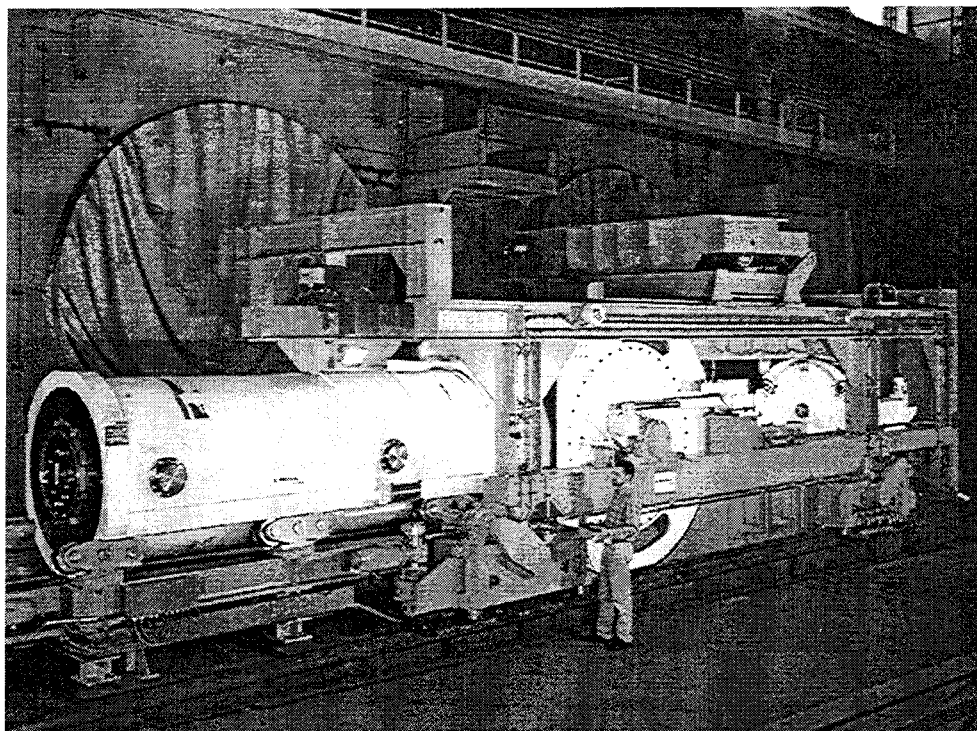
**Figur 2.2** Principskiss över Äspö-laboratoriet

För att i ett tidigt skede kunna testa och demonstrera tekniken vid nedsättning av kapslarna i de borrarade hålen har ett utrymme iordningställt i Äspölaboratoriet. En deponeringsmaskin har i juni 1999 levererats till Äspö. Figur 2.3 visar deponeringsmaskinen.

För att i full skala kunna testa och verifiera de valda lösningarna för hantering, förslutning och kontroll av kopparkapseln har SKB byggt ett kapsellaboratorium i Oskarshamn. Laboratoriet invigdes i november 1998. Den första provserien genomförs nu. Provtillverkning av kapslar i full storlek startade 1996. Laboratoriet skall även kunna användas för utbildning och träning av operatörer för ingående processer och funktioner.

I basscenariot antas forskning, utveckling och demonstration, inklusive verksamheten i Äspö, pågå tills deponering i andra etappen påbörjas. Kostnaderna påverkas, förutom av osäkerheter i omfattningen av forskningsinsatserna i sig, även av andra variationer som påverkar tidsplanen, t ex senarelagd deponering.

Tidiga kostnader för djupförvarsprojektet dvs platsundersökningar, projektering och detaljundersökningar redovisas i kostnadssammanställningen under rubriken djupförvar.



*Figur 2.3* Deponeringsmaskin

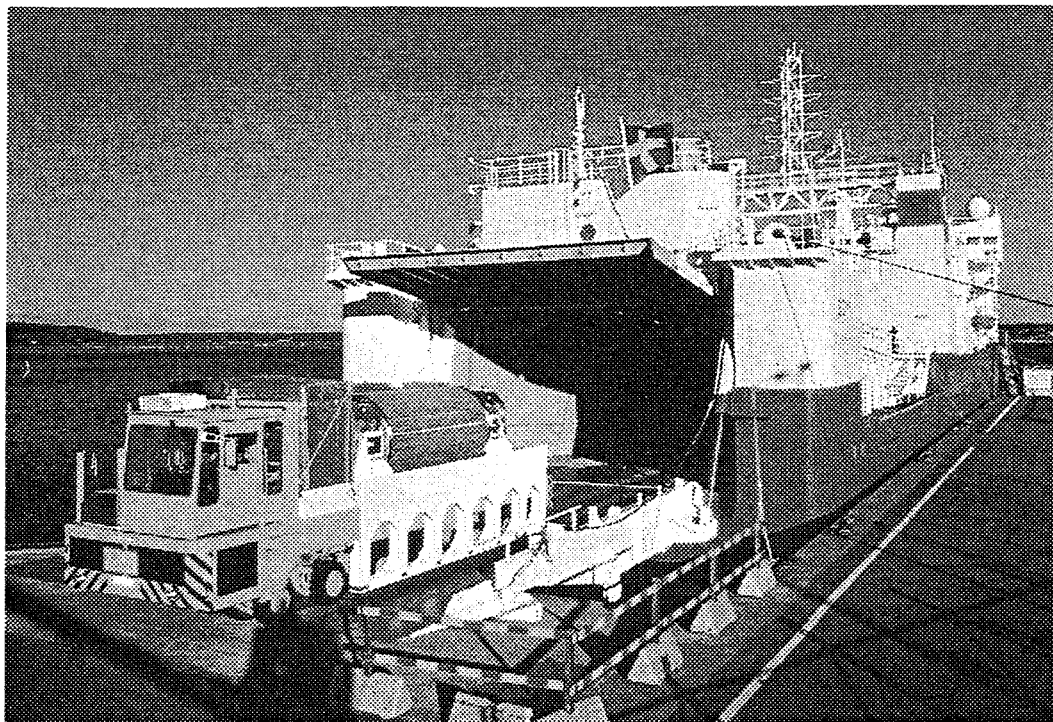
## 2.3 TRANSPORTSYSTEM

Transportsystemet är huvudsakligen baserat på sjötransporter och dess huvudkomponenter är fartyget, M/S Sigyn, transportbehållare och terminalfordon. Systemet är utformat för att kunna användas för alla typer av avfall.

M/S Sigyn har en lastkapacitet av 1 400 ton och är byggt för roll-on roll-off-hantering. Lastning med kran är även möjlig. Driften och underhållet av fartyget sköts av Rederiaktiebolaget Gotland.

Till årsskiftet 1998/1999 har totalt 2 990 ton bränsle transporterats från kärnkraftverken till CLAB och ca 24 000 m<sup>3</sup> låg- och medelaktivt avfall till SFR.

Vid transporter av använt bränsle och härdkomponenter används behållare som konstruerats för att uppfylla krav på strålskärming och tåla stora yttre påkänningar. En sådan transportbehållare rymmer ca 3 ton bränsle. För transport av medelaktivt avfall till SFR används strålskärmande stålbehållare. De rymmer ca 20 m<sup>3</sup> avfall och maximala transportvikten per behållare är 120 ton. För lågaktivt avfall från driften liksom för huvuddelen av rivningsavfallet kan standardcontainrar användas. För närvarande omfattar systemet 10 st transportbehållare för använt bränsle, 2 st för härdkomponenter och 27 st strålskärmande behållare för medelaktivt avfall.



**Figur 2.4** Terminalfordon med bränsletransportbehållare

Vid lastning och lossning transporteras behållarna kortare sträckor mellan lager och fartyg med hjälp av speciella terminalfordon, se Figur 2.4. För närvarande används fem fordon.

Då lokaliseringen av djupförvaret för långlivat avfall ännu ej bestämts har i basscenariot antagits att ca 800 km sjötransporter utförs från inkapslingsanläggningen vid CLAB till en hamn för eventuell vidare transport med järnväg till djupförvaret. Det inkapslade bränslet placeras vid transporten i -behållare av liknande typ som används för bränslet i dag. Transporter av övrigt långlivat avfall och driftavfall från CLAB, inkapslingsanläggningen och Studsvik planeras ske i speciellt utformade transportbehållare.

Kostnaderna för transportsystemet baseras på hittillsvarande erfarenheter och varierar med hänsyn till osäkerheter i driftkostnader och framtida re-investeringsbehov, såsom inköp av transportbehållare, fartyg m m. Transportsystemets kostnader påverkas även av andra variationer som förändrar drifttiden för hela avfallssystemet, främst kapselantal och kapacitet i inkapslinganläggningen samt starttidpunkten för inkapsling och deponering.

## 2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB

Det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, är placerat intill Oskarshamnsverket. Lagret som togs i drift 1985 dimensionerades ursprungligen för att lagra ca 3 000 ton bränsle (uranvikt) i fyra bassänger. Genom att införa nya lagringskassetter har denna kapacitet ökats till ca 5 000 ton.

Vid årsskiftet 1998/1999 fanns bränsle motsvarande 2 990 ton uran i anläggningen. I anläggningen förvaras även hårdkomponenter och interna delar, som skall slutlagras i djupförvaret.

CLAB består av en ovanjordsdel för mottagning av bränsle och en underjordsdel med förvaringsbassängerna. I ovanjordsdelen inryms även utrustning för ventilation, vattenrening och kylning, avfallshantering, elsystem m m jämte utrymmen för administration och driftpersonal. Mottagning av bränsle och all hantering sker i bassänger under vatten.

Förvaringsbassängerna är placerade i ett bergum och utförda i betong med rostfri plåtinklädnad. En bassäng rymmer 300 kassetter. Bränslet kommer i första hand att lagras i nya kassetter med antingen 25 BWR-element eller 9 PWR-element. De nya kassetterna har mellanväggar av borstål för att bibehålla kriticitetssäkerhet vid den tätare packningen. De ursprungliga kassetterna innehåller 16 BWR-element eller 5 PWR-element. Omlastning från gamla till nya kassetter pågår.

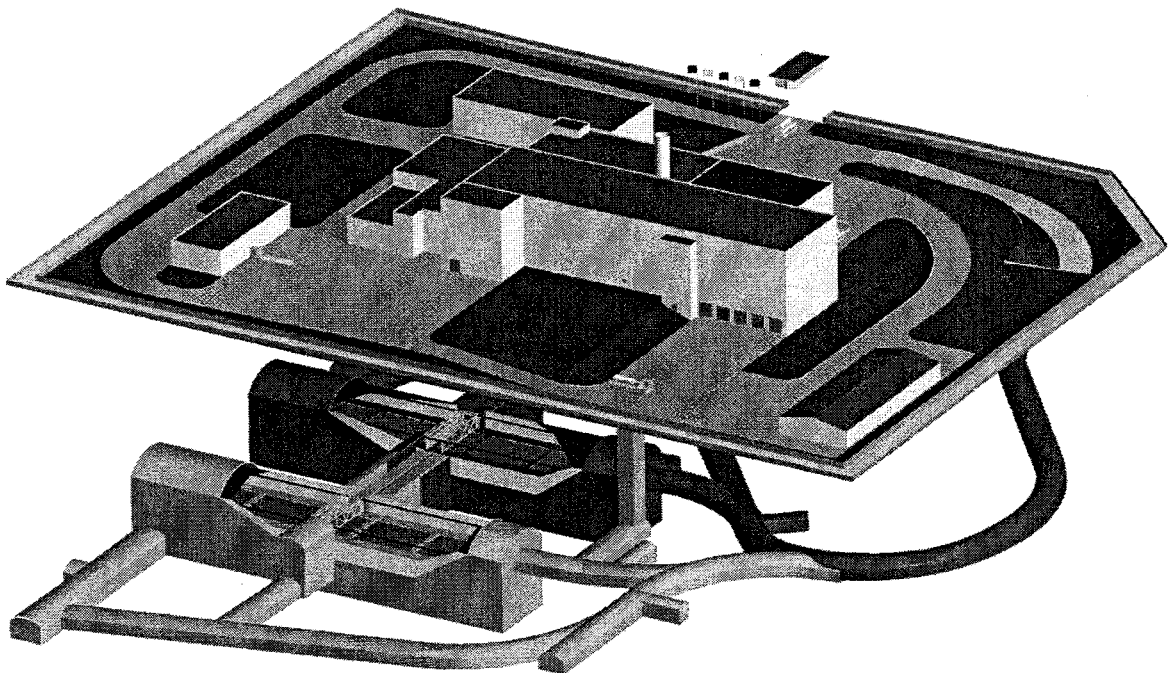
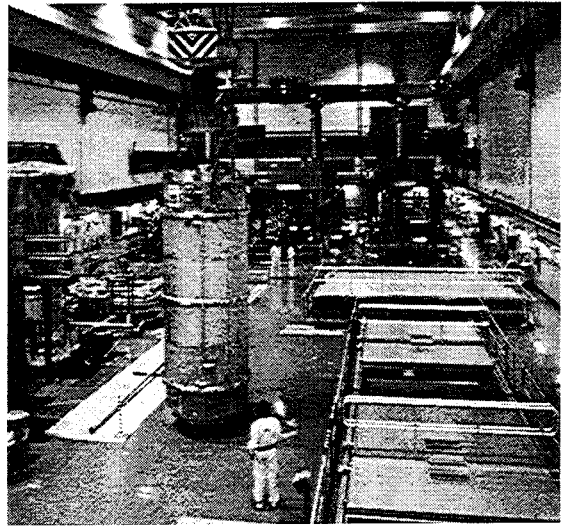
För att utöka lagringskapaciteten vid CLAB har en utbyggnad av ytterligare ett bergum med lagringsbassänger av i princip samma storlek som de befintliga påbörjats (CLAB 2). Projektet har tillståndsprövats enligt Naturresurslagen, Kärntekniklagen, Vattenlagen och Miljöskyddslagen. Den direkta produktionssprängningen i CLAB 2 påbörjades i januari 1999 och skall vara klar för besiktning den 1 mars 2000. Hela utbyggnaden av CLAB etapp 2 ska vara driftsatt och klar till årsskiftet 2003/2004.

Den fasta personalstyrkan under drift är f n ca 50 man. Härtill kommer servicepersonal som huvudsakligen tas ur OKGs ordinarie basorganisation. I genomsnitt motsvarar dessa insatser ca 60 helårstjänster. Under perioder, då in- eller utlastningstakten reduceras, kan personalstyrkan minskas.

Sedan allt bränsle och övrigt avfall transporterats bort skall ovanjordsdelarna rivas liksom de delar av förvaringsbassängerna som har blivit aktiva. Det avfall som är radioaktivt sänds till djupförvaret.

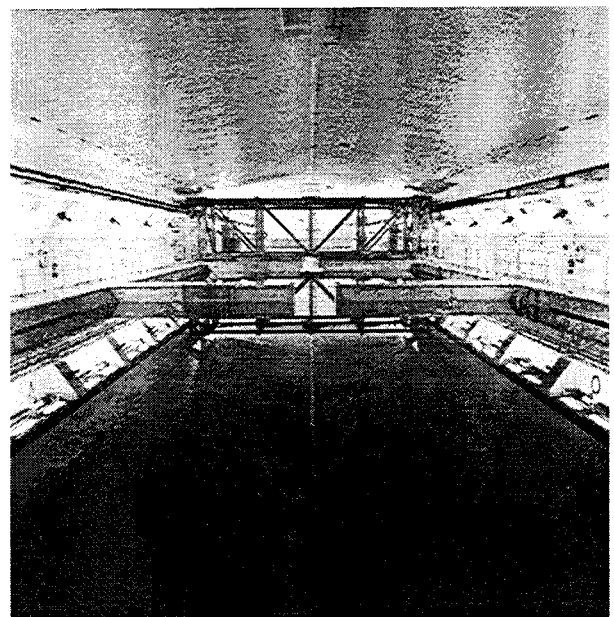
Kostnaderna för CLAB baseras på hittillsvarande erfarenheter och varierar med hänsyn till osäkerheter i driftkostnader, främst personalbehov. CLAB påverkas även av andra variationer som förändrar drifttiden för hela avfallssystemet, främst kapselantal och kapacitet i inkapslinganläggningen, samt starttidpunkten för inkapsling och deponering.

Hantering av transport-  
behållare i mottagningsdelen



CLAB med två  
bergrum

Hantering av kassett  
i lagringsdelen



*Figur 2.5* CLAB

## 2.5 KAPSELFABRIK

En preliminär utredning har gjorts angående utformning av en fabrik för tillverkning av kapslar för djupförvar av använt kärnbränsle.

Den aktuella kapselkonstruktionen består av en yttre 50 mm tjock korrosionsbarriär av koppar i form av ett rör med lock och botten, se Figur 2.6. Den kopparkvalitet som specificeras består av högren syrefri koppar med en liten tillsats av fosfor. Inuti kopparröret finns den gjutna insatsen med kanaler för bränsleelementen. Insatsen tjänstgör också som den tryckbärande komponenten i konstruktionen. Materialet i insatsen är segjärn. Locket till insatsen tillverkas ur valsad stålplåt.

I den tänkta fabriken tillverkas kopparrören genom rullformning av valsad plåt till rörhalvor som sedan svetsas samman med längsgående elektronstrålesvetsning, (EB-svetsning). Efter längssvetsningen följer en avspänningsglödning och ut- och invändig maskinbearbetning till mått. Lock och botten i koppar maskinbearbetas fram ur förformade smidda ämnen. Kopparbotten EB-svetsas därefter på röret. Alla svetsar kontrolleras med ultraljud och röntgen som oförstörande provning

De gjutna insatserna i segjärn levereras gjutna och grovbearbetade till fabriken för färdigbearbetning. Ämnen till insatslock skärs fram ur valsad stålplåt och färdigbearbetas.

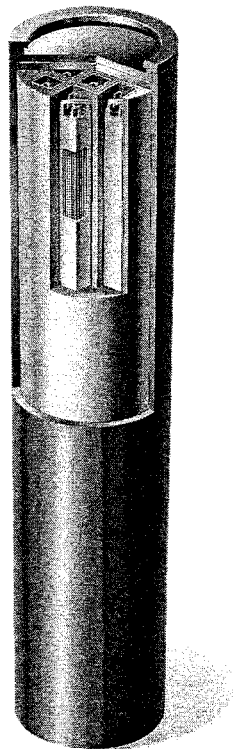
Efter rengöring lyfts insatsen ned i kopparröret och kapseln färdigställs för leverans.

Med lokaler för underhållsverkstad, kontor och kontrollaboratorium omfattar fabriksbyggnaden ca 7 000 m<sup>2</sup>. Personalbehov uppskattas till ca 30 personer.

## 2.6 INKAPSLINGSANLÄGGNING FÖR ANVÄNT BRÄNSLE

Innan det använda bränslet placeras i djupförvar skall det kapslas in i en beständig kapsel. Inkapslingen planeras ske i en ny anläggning i anslutning till CLAB. Även övrigt långlivat avfall kommer att behandlas i inkapslingsanläggningen. Exempel på sådant avfall är härdkomponenter.

Kapseln föreslås bli utförd med en gjuten insats, som ger mekanisk hållfasthet, och en yttre del av koppar, som ger korrosionsskydd, se Figur 2.6. Kapseln rymmer upp till 12 BWR-element med boxar eller 4 PWR-element. Det slutliga antalet element per kapsel beror på bränslets resteffekt vid deponeringen.



Kapselns yta (m <sup>2</sup> )	17,67
Beräknad vikt (kg)	
Kopparkapsel	7 600
Insats	13 900
<u>Bränsleelement</u>	<u>3 600</u>
Totalt	25 100

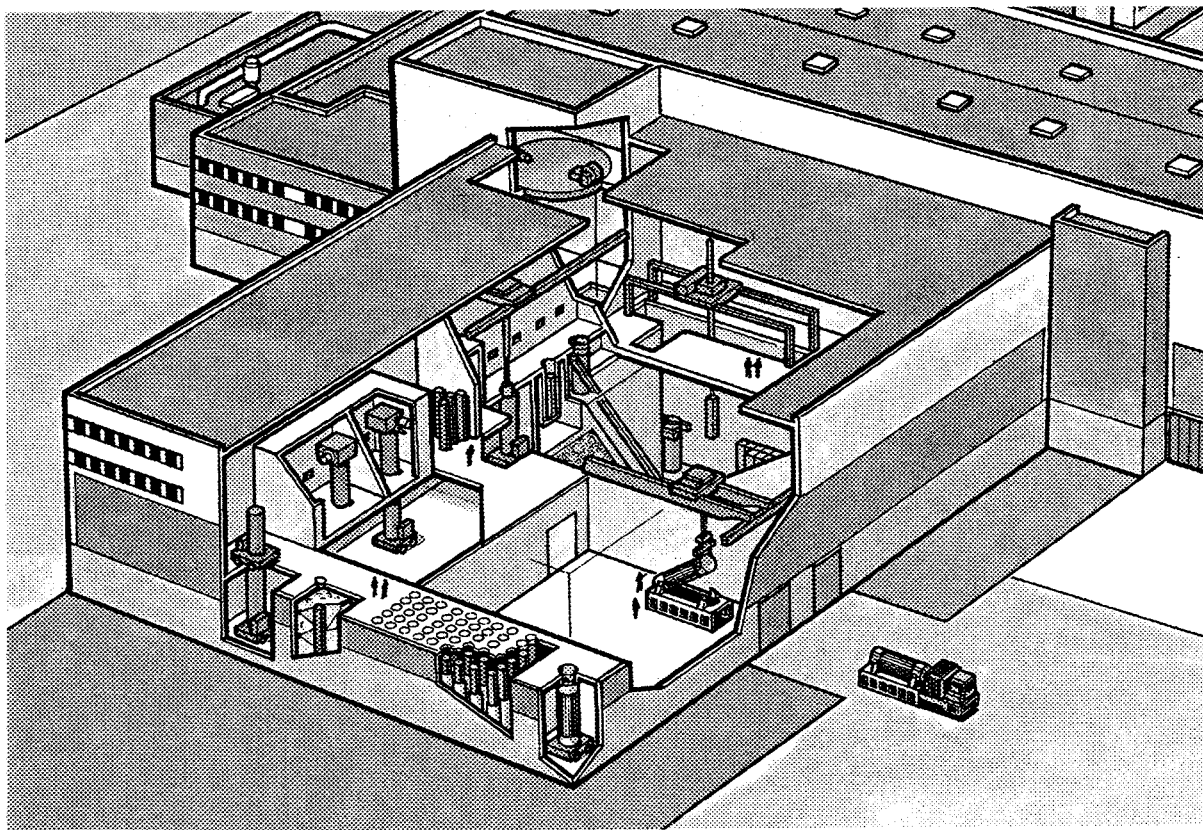
**Figur 2.6** Kopparkapsel med inre stålbehållare

Inkapslingsanläggningen kommer att innehålla följande funktioner:

- Inkapslingsdel för inplacering av bränsle i kapsel, förslutning av kapsel samt kvalitetskontroll.
- Hantering och ingjutning av härdkomponenter och interna delar i betongkokiller.



- Uttransportdel för kapslar och betongkokiller. Uttransport sker i strålskrämmande transportbehållare.
- Hjälpssystem med bl a kyl- och ventilationssystem samt el- och kontrollutrustning.
- Personal- och kontorsutrymmen samt förråd.



**Figur 2.7** Inkapslingsanläggning för använt bränsle

Anläggningen projekteras för en tillverkningskapacitet av i genomsnitt 210 bränslekapslar per år. (En kapsel per arbetsdag under 10 månader.) Totala drifttiden beräknas dock med en total produktions- och deponeringstakt på 200 kapslar per år för att ta hänsyn till eventuella störningar, t ex i transportsystemet under vinterhalvåret. I kostnadsberäkningen varierar produktions- och deponeringstakten mellan 150 och 250 kapslar per år, vilket påverkar drifttiderna för hela avfallssystemet.

Anläggningen drivs huvudsakligen på dagtid. I beräkningarna har hänsyn tagits till de samordningsfördelar vad gäller driftpersonal som fås då inkapslingsanläggningen placeras vid CLAB.

Totalt för det valda beräkningsfallet, dvs 25 års drift av alla reaktorer, kommer ca 3 000 kapslar att tillverkas i inkapslingsanläggningen.



Under första deponeringsperioden antas att 400 kapslar tillverkas för deponering under fyra år. Tillverkningen av resterande kapslar påbörjas 10 år senare, dvs i referensfallet år 2027, och pågår ca 15 år. Därefter kommer anläggningen att rivas.

Innan utformningen av inkapslingsanläggningen och kapseln har fastlagts kvarstår alltså en del osäkerheter. Utöver de variationer som berörts ovan inkluderas därför i basscenariot även en del variationer i kostnaden för att bygga och driva anläggningen, samt i tillverkningskostnaden för tomma kapslar.

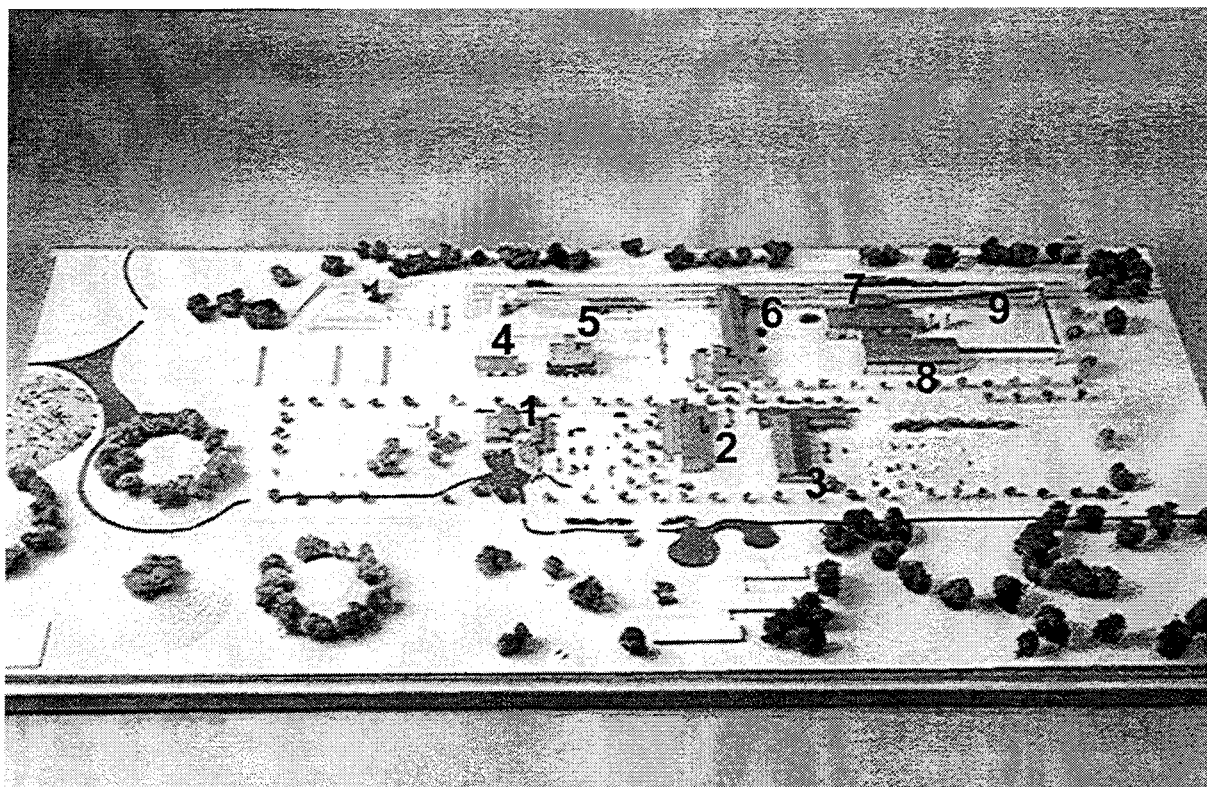
## 2.7 DJUPFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL

### **Yttre anläggningar och industriområde**

Djupförvaret för långlivat avfall antas i basscenariot för kostnadsberäkningarna vara placerat i Sveriges norra delar, i inlandet alternativt vid kusten. Transporterna antas ske med fartyg till en befintlig hamn och eventuella transporter därifrån med järnväg till djupförvaret. I kostnadskalkylen har hamnen kompletterats med en separat kaj, breddad och fördjupad inseglingränna, hamnplan samt förrådsbyggnad för bentonit. Vid en placering av djupförvaret i inlandet antas att 20 km järnväg behöver nyanläggas med anskaffning av tillhörande utrustning (lok, vagnar o d). I variationen tas nyanläggning av upp till 70 km järnväg med. Samtliga kostnader för transporten från kusten till djupförvaret ingår i kostnaderna för djupförvarets gemensamma anläggningar.

Arbetet med lokalisering av djupförvaret bedrivs i enlighet med FUD 98 stegvis med förstudier, platsundersökningar och detaljundersökningar. Kostnaderna för förstudier och platsundersökningar på två orter, redovisas under rubriken lokalisering för djupförvar - industriområde. Kostnaderna för detaljundersökningar, vilka antas bli genomförda på en ort, redovisas under investering för djupförvar - bränsle. Detaljundersökningarna genomförs parallellt med utbyggnaden av förvarets olika undermarksförlagda delar.

Djupförvarets industriområde kommer att innehålla ett antal byggnader och servicefunktioner, se Figur 2.8. Omfattningen kommer att vara beroende av platsspecifika förhållanden samt slutlig utformning av vissa funktioner t ex för transporter mellan markytan och förvarsnivån, som kan ske i schakt eller i ramp.



**Figur 2.8** Modell av industriområdet vid djupförvaret

I denna rapport har förutsatts att följande byggnader finns inom industriområdet:

1. Informationsbyggnad med matsal
2. Entrébyggnad med kontor och verkstäder
3. Personal- och förrådsbyggnad
4. Servicebyggnader för råvattenbehandling, sanitärt avlopp, värmecentral etc
5. Ventilationsbyggnad
6. Mottagningsbyggnad för transportbehållare med kapslar och övrigt avfall
7. Produktionsbyggnad för högtryckskompacktering av bentonit
8. Förråd för återfyllnadsmassor
9. Förråd för bentonit

Under driftskedet kommer ca 200 personer att vara sysselsatta vid djupförvaret.

Vid djupförvaret finns fyra olika slutförvarsutrymmen:

- Djupförvar för använt bränsle
- Djupförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall, som skall rymma
  - driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen (efter år 2012 då SFR stängts) samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik
  - rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen
  - hårdkomponenter och interna reaktordelar

En översikt av djupförvarets industriområde och förvarsdelar framgår av Figur 2.9

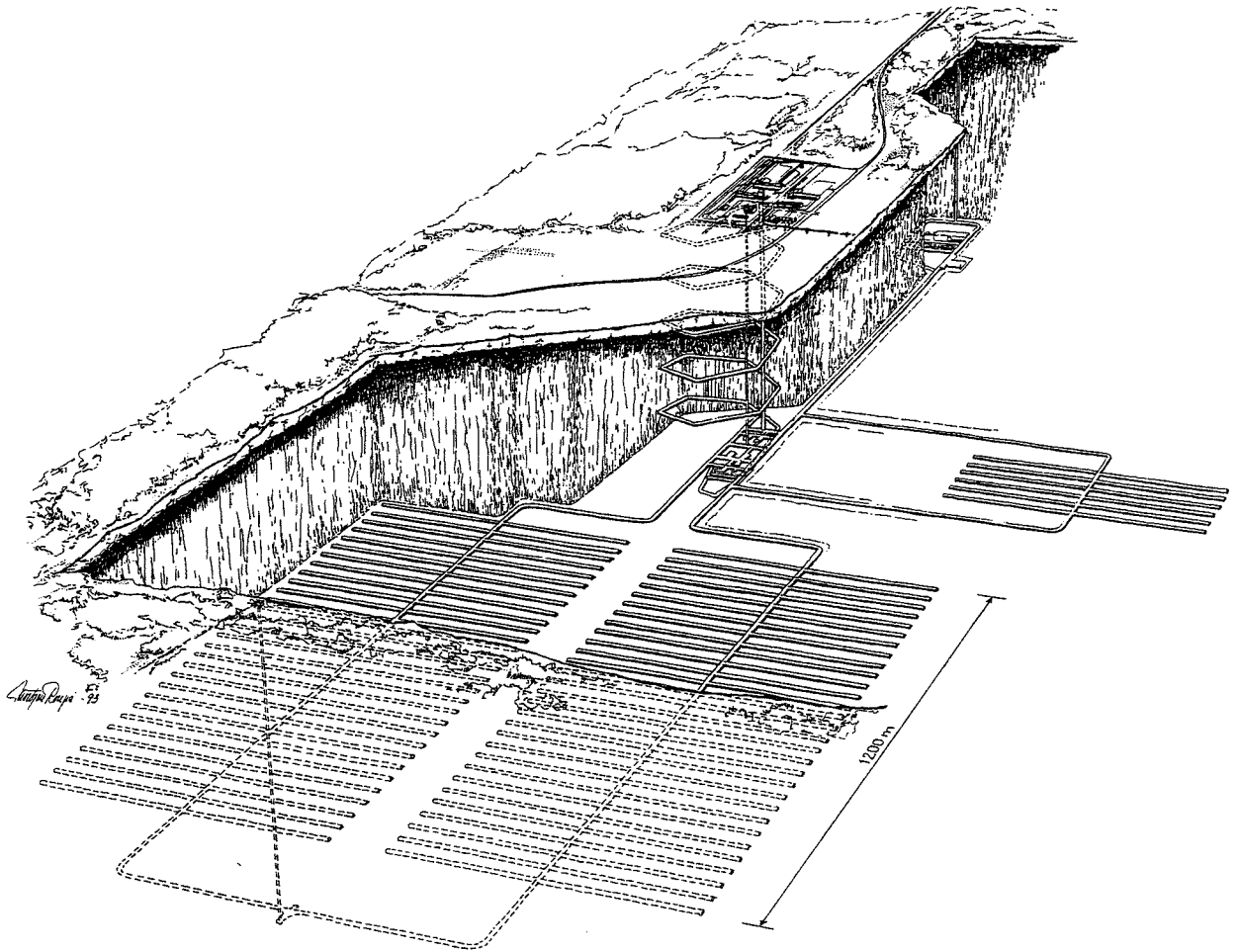
### **Djupförvar för använt bränsle**

Djupförvaret för använt bränsle planeras, enligt FUD 98, att ligga ca 500 m under markytan. Förvarsdjupet varierar i kostnadsberäkningen mellan 400 och 700 m. Förvarsområdena kommer att nås via hisschakt alternativt ramp. Vilket nedfartssystem som är lämpligast beror på tekniska faktorer men även på lokala förhållanden. I beräkningen beaktas en kombination av schakt och ramp.

Utformningen av djupförvaret är anpassad till att deponeringen av bränsle sker stegvis. I första steget deponeras 400 kapslar. Det förutsätts att en separat förvarsdel arrangeras för dessa.

Djupförvarets centralområde under jord kommer vid schaktalternativet att vara lokaliserat direkt under industriområdet, medan rampalternativet ger större flexibilitet i placeringen. Centralområdet är anpassat till de antagna förutsättningarna för transporter av kapslar och långlivat avfall i transportbehållare ned till förvarsnivån och till att urlastning av transportbehållare sker där.

Placeringen av djupförvarets olika deponeringsområden kommer att vara beroende av plats specifika förhållanden. Minst två sammanhållna deponeringsområden kommer att finnas, ett för vardera av de två deponeringsstegen.



**Figur 2.9** Djupförvar - översikt

Kopparkapslarna med bränsle placeras i borrarade vertikala hål i tunnelbotten och omges där av ett 35 cm tjockt lager av kompakterad bentonit. Antalet deponeringshål är ca 3 000, varav ca 400 i steg 1. För att ta hänsyn till vissa bergpartier, där deponering ej bör ske, har i referensfallet kostnader medtagits för 10 % extra tunnellängd. Den extra tunnellängden varierar för att ta hänsyn till variationer i bergförhållanden.

Avståndet mellan kapslarna och mellan deponeringstunnlarna bestäms av temperaturutvecklingen kring kapseln och då främst temperaturen på kapselytan och i den omgivande bentoniten. Denna bestäms av bränslets resteffekt, de termiska egenskaperna hos berget och buffertmaterialet samt bergets initialtemperatur. Den senare avgörs till stor del av vald lokalisering. Samtliga faktorer är behäftade med osäkerheter och kan behandlas statistiskt. I referensfallet har kapselavståndet valts så att det troliga värdet på temperaturen i bentoniten blir 80°C vid en initial bergtemperatur på 10°C (lokalisering i Norrland). Detta ger god marginal mot 100°C även för de variationer som kan uppkomma. Detta har gett avståndet mellan deponeringshålen 6,0 m och avståndet mellan deponeringstunnlarna 40 m. Variationerna som studerats och som ingår i basscenariot ligger inom intervallet 70/15 till 90/5°C (bentonittemp/bergtemp).

Kopparkapslarna transporteras från inkapslingsanläggningen vid CLAB till djupförvaret i speciella transportbehållare. Transportbehållarna förs ned till förvarsnivån där omlastning sker till strålskyddstub och transporteras till aktuell deponeringstunnel. Där förs den liggande kapseln över till deponeringsmaskinen. Se Figur 2.3 ovan.

Deponeringen av kapseln förbereds genom att bottenplattan och ringarna av bentonit placeras i deponeringshålet med separat hanteringsutrustning.

När deponeringsmaskinen befinner sig över deponeringshålet reses kapseln successivt från ett horisontalläge under samtidig nedsänkning till ett vertikalläge i hålet. Därefter placeras ett kompakterat bentonitblock över kapseln i deponeringshålet. Hela sekvensen görs strålskärmad. Som variation studeras inverkan av andra deponeringsmetoder, t ex fjärrstyrd oskärmad hantering eller deponering av kapsel ihop med bentonit som ett paket.

Deponeringstunnlarna återfylls successivt med en blandning bestående av 15% bentonit och 85% bergkross. I variationsberäkningarna används även bentonit och sand respektive enbart bergkross.

Utsprängning av nya deponeringstunnlar sker samtidigt med deponering av kapslar samt återfyllning av deponeringstunnlar. Härvid kommer byggaktiviteter att avskiljas från deponeringsarbetet.

Deponering av kopparkapslar planeras att pågå i ett första steg under fyra år. Därefter sker en utvärdering innan fortsatt utbyggnad av förvaret sker. Deponeringen av resterande kapslar påbörjas ca 10 år senare och pågår ca 15 år framåt. Förseglingen av deponeringstunnlarna sker successivt i takt med att deponeringen framskrider. Efter avslutad deponering och försegling av resterande deponeringstunnlar återfylls transporttunnlar och schakt.

Innan utformningen av djupförvaret har fastlagts kvarstår alltså en del osäkerheter. Utöver de variationer som berörts ovan inkluderas därför i basscenariot även en del variationer avseende kostnaderna för att bygga, driva och försluta anläggningen.

Vidare påverkas djupförvarets drifttid av andra variationer som påverkar tidsplanen för hela avfallssystemet, t ex ändrad inkapslingskapacitet och senarelagd start av inkapsling och deponering.

### **Djupförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall**

Djupförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall antas ligga på samma nivå under markytan som förvaret för använt bränsle dock på ett avstånd av ca en km från det senare. Vid utformningen av denna förvarsdel behöver hänsyn ej tas till temperatureffekter eftersom värmeavgivningen är obetydlig. Förvaret nås via en tunnel som utgår ifrån centralområdet för bränsleförvaret. Tunneln kommer att förslutas på samma sätt som deponeringstunnlarna med en blandning av bentonit och bergkross.

Förvaret för låg- och medelaktivt driftavfall och för avfall från Studsvik utgörs av en ca 130 m lång bergsal. I denna deponeras driftavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen samt långlivat låg- och medelaktivt avfall från Studsvik (efter 2012 då SFR stängts). Avfallet, som utgörs av kokiller (kuber med sida 1,2 m) eller av fat (grupperade till ungefär en kokills storlek) staplas i betongfack och kringfylls med porös betong. Facken täcks successivt med betongplank och pågjuts. All hantering utförs fjärrstyrt med en travers. Utrymmet mellan betongfacken och berget utfylls slutligen med bergkross och bergrummets öppningar förseglas med betongpluggar. Detta senare sker i samband med försegling av förvaret.

Förvaret för hårdkomponenter och reaktordelar har samma principiella utformning och funktion som förvaret för driftavfallet ovan. Avfallet består här av betongkokiller med sidmåten 1,2x1,2x4,8 m.

Förvaret för rivningsavfall utgörs av det tunnelsystem som måste byggas för de övriga förvaren. Lågaktivt rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen, transportbehållare m m, som skall slutlagras i ett sent skede, placeras i detta förvar innan förseglingen av anläggningen görs.

Förvaret i sin helhet planeras med en viss utbyggnadsreserv.

## 2.8 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR

Vid Forsmarks kärnkraftverk drivs sedan 1988 ett slutförvar för driftavfall från kärnkraftverken. Anläggningen är placerad under Östersjön med ca 60 m bergtäckning. Från hamnen i Forsmark leder två stycken 1 km långa tillfartstunnlar ut till förvarsområdet. I anslutning till SFR 1 planeras även slutförvar för kärnkraftverkens rivningsavfall, SFR 3. SFR 2 som är avsett för hårdkomponenter m m förutsätts i denna utredning ej komma till utförande utan är ersatt av ett djupare liggande förvar (SFL 5). I SFR slutlagras även radioaktivt avfall från CLAB och likartat radioaktivt avfall från icke elproducerande verksamhet, bland annat Studsvik.

### SFR 1

SFR 1 består av fyra stycken 160 m långa bergsalar samt ett 70 m högt cylindriskt bergrum som innehåller en betongsilo. I silon placeras det avfall, som innehåller huvuddelen av de radioaktiva ämnena. Figur 2.10 visar en skiss av SFR 1 och bilder från olika förvarsutrymmen.

Vid valt beräkningsfall, 25 års drift av alla reaktorer, kommer SFR 1 att ta emot maximalt 60 000 m<sup>3</sup> avfall. En utbyggnad av SFR 1 är alltså inte aktuellt vid detta beräkningsfall.

Betongsilon står på en bädd av sand och bentonit. Invändigt är den uppdelad i vertikala fack, där avfallet placeras och kringgjuts med cementbruk. Ut-

rymmet mellan silon och berget har fyllts med bentonit. Utrymmet ovanför silon kommer, när silon är full, att fyllas ut med en sand-bentonitblandning.

Medelaktivt avfall, som placeras i bergsalar, kringgjuts likaså med betong. Ingen kringgjutning sker av det lågaktiva avfallet.

Hantering av medelaktiva avfallskollin i siloförvaret och i en av bergsalarna sker fjärrstyrt, medan lågaktiva kollin i de övriga bergsalarna hanteras med gaffeltruck.

Anläggningen antas i basscenariot förslutas i början av 2010-talet. Under drift behövs en personalstyrka på ca 15 man. Härtill kommer stödtjänster från Forsmarksverkets ordinarie basorganisation.

Vid årsskiftet 1998/1999 hade ca 24 000 m<sup>3</sup> avfall deponerats i SFR.

### **SFR 3**

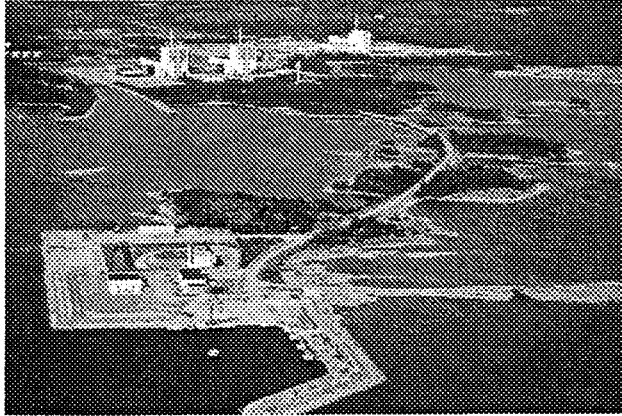
Det kortlivade rivningsavfallet från kärnkraftverken och Studsvik planeras att deponeras i SFR 3, bestående av fem bergsalar av liknande typ som i SFR 1. Huvuddelen av rivningsavfallet kan transporteras i standardcontainrar vilka, utan att tömmas, placeras i bergsalar. I SFR 3 kommer totalt ca 140 000 m<sup>3</sup> rivningsavfall att lagras.

Hårdkomponenter från rivning av kärnkraftverken planeras bli deponerade i SFR 5.

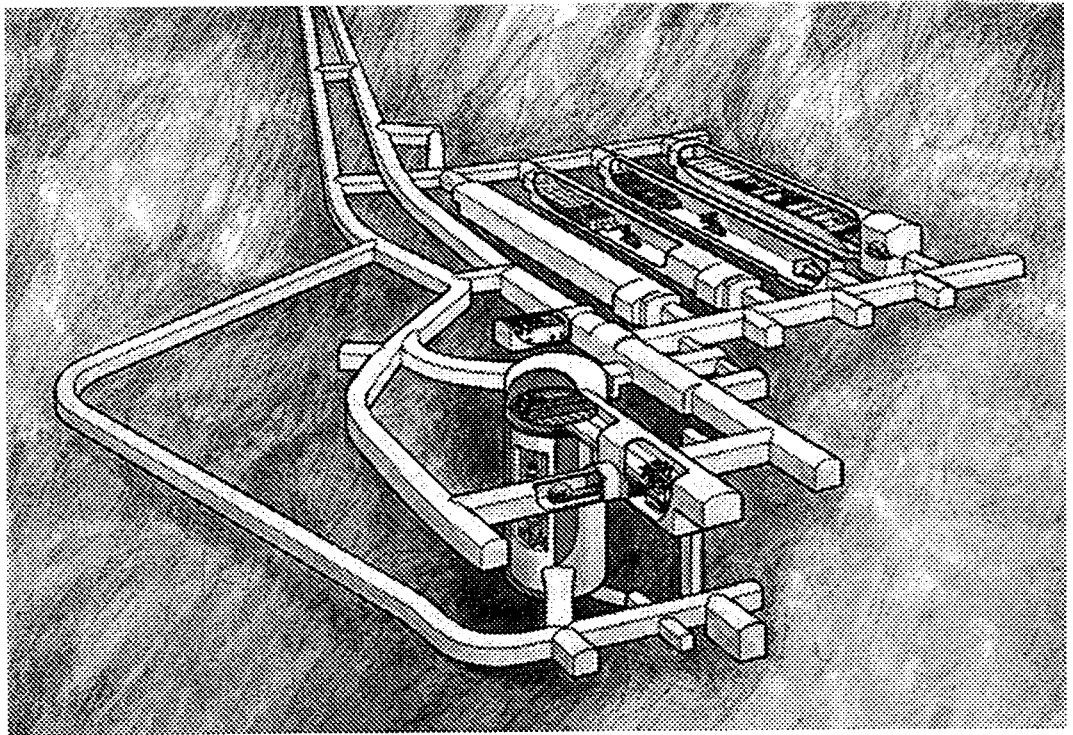
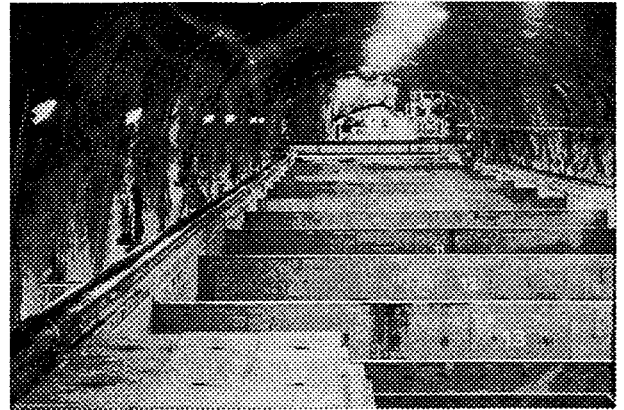
SFR 3 kommer att vara i drift samtidigt som kärnkraftverken rivs och selsätta en personalstyrka ungefär motsvarande SFR 1.

SFR 1 och SFR 3 omfattas endast av mindre variationer i kostnader för drift, försegling och rivning. SFR 3 varierar även med avseende på avfallsvolymer vid rivningen.

Vy över ovanjordsdelen



Lager för medelaktivt avfall



Vy över silotopp

*Figur 2.10* SFR 1



## 2.9 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK

Till åtgärderna för att ta hand om kärnkraftens radioaktiva restprodukter hör även att riva anläggningarna när de har tagits ur drift (Ref. 4).

Tidsplanen för när kärnkraftverken skall rivas påverkas av en rad olika faktorer. Rivningen kan genomföras på ett säkert sätt kort tid efter avställning, men det kan finnas tekniska fördelar med en senare rivning. Den tidigaste tidpunkten för rivning styrs i dagsläget av iordningställandet av anläggningar för hantering av rivningsavfallet och handläggningen av tillståndsfrågor men dessutom av tidpunkten för avställning av de olika reaktorerna. För att erhålla en mer långsiktig stabilitet i kalkylen har här antagits en sammanhållen rivning för de tolv reaktorerna till större delen förlagd under 2020-talet.

Med hänsyn till resursutnyttjning och till mottagningskapaciteten i CLAB och i SFR är det lämpligt att starta rivning av olika block med viss förskjutning. Här antas två års förskjutning mellan start av rivning av block på samma plats.

Under perioden från det att blocket tas ur drift till dess rivningen påbörjas sker borttransport av bränsle, dekontaminering samt förberedelser för rivning. Denna driftperiod benämns avställningsdrift. Under denna period kan personalen successivt minskas. Själva rivningsarbetet beräknas ta fem år per block och sysselsätta i genomsnitt ett par hundra man.

Det radioaktiva avfallet från rivningen är genomgående låg- och medelaktivt. Aktivitetsnivån varierar dock avsevärt mellan olika delar. Avfallet med högst aktivitet, reaktortankens interna delar, antas mellanlagras i CLAB vid behov, innan det slutdeponeras i djupförvaret för långlivat låg- och medelaktivt avfall. Övrigt radioaktivt rivningsavfall kommer att transporteras direkt till SFR 3 och deponeras där. En stor mängd av rivningsavfallet kan friklassas, efter eventuell dekontaminering.

För att ta hänsyn till osäkerheter i kostnaden för avställningsdrift och direkta rivningskostnader varierar dessa i kostnadsberäkningen med upp till 70 %, vilket inkluderar ett förändrat personalbehov under avställningsdriften och större komplikationer vid själva rivningen. Erfarenheter från jämförelser med utländska studier har härvid använts.

### 3. BERÄKNINGSMETODIK

#### 3.1 ÖVERSIKT

För beräkningen av avgiftsunderlaget tillämpas en statistisk beräkningsmetodik som tar hänsyn till de variationer och osäkerheter som naturligt finns med vid bedömningen av kostnaden för ett projekt, speciellt i ett tidigt skede. Metoden utgår från en kalkylprincip benämnd "Successiv kalkylering" (Ref. 5), som utvecklats speciellt som ett verktyg för hantering av denna typ av osäkerheter i projekt.

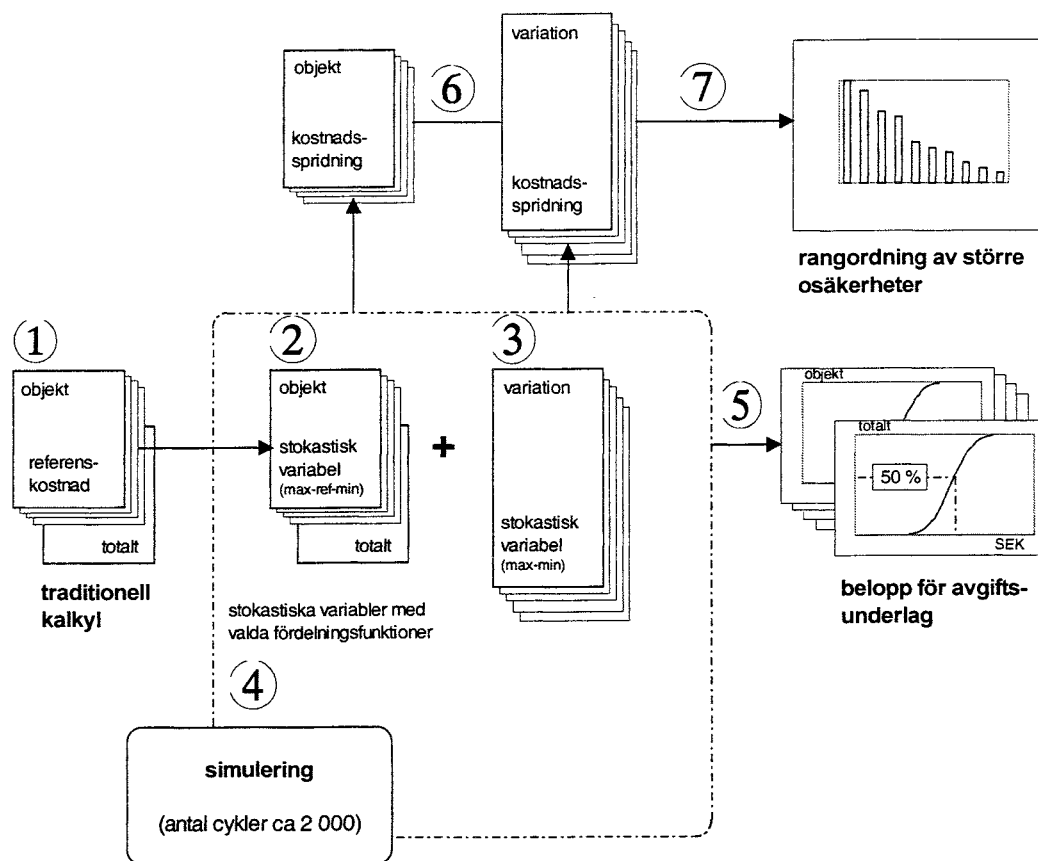
Metoden tillämpar vedertagna statistiska principer. Varje kostnadspost eller variation betraktas som en variabel som med varierande grad av sannolikhet kan anta olika värden. För varje kostnadspost och variation väljs en lämplig funktion som definierar denna sannolikhetsfördelning (fördelningsfunktion).

Den totala kostnaden erhålls sedan genom addering av samtliga kostnadsposter enligt de regler som gäller för addering av stokastiska variabler. Utfallet erhålls som resultatet av ett stort antal beräkningscykler, där varje cykel ger en totalkostnad vid ett visst utfall av de ingående kostnadsposterna och variationerna. Resultatet presenteras sedan som en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet en totalkostnad kommer att innehållas. Sannolikheten 50% innebär exempelvis att sannolikheterna för ett överskridande respektive underskridande är lika stora. Vilken sannolikhetsnivå som väljs vid presentationen av resultaten är beroende av syftet med kalkylen. För avgiftsunderlaget som skall återspegla ett troligt kostnadsutfall används 50%-nivån.

Metoden ger även som resultat indikationer på var de större osäkerheterna finns. Dessa kan sedan brytas ner och studeras mer ingående varefter beräkningen upprepas och då med en minskad osäkerhet som resultat. Denna "successiva" konvergering mot ett alltmer korrekt resultat har gett metoden dess benämning.

Metodens tillämpning i föreliggande kalkyl är schematiskt illustrerad i Figur 3.1 nedan. Beskrivningen som följer ansluter till beteckningarna i figuren.

Ingångsvärden i kalkylen erhålls med utgångspunkt från sk referenskostnader för varje kalkylobjekt samt för totalen (**1**). Referenskostnaderna beräknas med en traditionell deterministisk kalkyl dock utan påslag för variationer och osäkerheter. Indelningen i kalkylobjekt motsvarar i princip de olika kostnadsslagen för respektive anläggning, dvs investering, drift, försäkring etc.



**Figur 3.1** Schematisk beskrivning av kalkylstegen (sifferbeteckningar med hänvisning i texten)

Nästa steg är att bestämma vilka variationer och osäkerheter som skall ingå i kostnadsberäkningen. Dessa kan vara av den karaktären att de påverkar kalkylobjekt i flera delar av avfallssystemet (3), t ex ändrad tidsplan eller ändrat antal kapslar. Alternativt kan de påverka enbart enskilda kalkylobjekt (2), t ex osäkerhet i personalstyrka eller kapselkostnad. Varje variation definieras till sin omfattning och en bedömning görs av vilka kalkylobjekt som påverkas av variationen. Vid bestämningen av omfattningen anges ett intervall som med en viss sannolikhet kommer att innehållas, normalt ca 80%. Variationerna beskrivs närmare i avsnitt 3.3.

Därefter värderas kostnadspåverkan på olika kalkylobjekt av de variationer man valt att inkludera i basscenariot. Genom att såväl kalkylobjekten som variationerna definierats inte bara med sina respektive referenskostnader utan även med ett intervall (lägsta respektive högsta kostnad relaterade till en viss sannolikhet för att de skall innehållas) kan de ingående kostnadsposterna beskrivas som stokastiska variabler med tillhörande fördelningsfunktioner. Funktionerna väljs så att sannolikhetsfördelningen så väl som möjligt ansluter till variationens karaktär. Sålunda beaktas speciella egenskaper hos variationen såsom en markant snedfördelning av utfallet eller ett antingen-eller-värde.

Slutligen sker en statistisk summering av kostnaderna. Det görs genom att totalkostnaden beräknas för ett statistiskt valt utfall av de ingående kost-

nadsposterna och variationerna. Denna beräkning upprepas i tillräckligt många cykler (ca 2 000) för att säkerställa att slutresultatet har stabiliserats och håller en tillräckligt hög noggrannhet.

Resultatet ger för varje objekt liksom för systemet i sin helhet ett medelvärde av kostnaden och kostnadens standardavvikelse vilka tillsammans definierar en fördelningsfunktion (5) ur vilken kostnaden kan erhållas för vald sannolikhet (konfidensgrad). Dessutom avtappas under beräkningens gång delresultat (6) som ger möjlighet att värdera och rangordna osäkerheterna i analysen (7).

Då flera av de variationer som tas med i beräkningarna har en betydande tidsplanepåverkan blir slutresultatet beroende av vilken realränta som används. Beräkningarna genomförs därför som ett flertal nuvärdesberäkningar med olika antaganden om realränta vid diskonteringen.

Den ovan beskrivna relativt omfattande processen, görs för alternativet med drift av reaktorerna i 25 år. Om reaktorn uppnått 25 års ålder drivs den t o m år 2000. Kostnaderna för alternativen drift 40 år respektive drift t o m år 1999, erhålls genom relativt enkla marginalkostnadsberäkningar med 25 års kalkylen som bas. Även beräkningen av inverkan av varierande utnyttjningsfaktor har gjorts på detta sätt. Beräkning för kostnad av drift t o m år 1999 ger underlag för grundbeloppet

Underlaget för tilläggsbeloppet beräknas på samma sätt som avgiftsunderlagsbeloppet. Här inkluderas dock större system- och tidsplanemässiga variationer.

### 3.2 BERÄKNING AV REFERENSKOSTNAD

Referenskostnaden beräknas med en traditionell kalkyl. Som grund för den ligger funktionsbeskrivningar för varje anläggning, vilka resulterar i layoutritningar, utrustningslistor, personalprognoser etc. För anläggningar och system som är i drift är detta underlag mycket detaljerat, medan detaljeringsgraden är lägre för framtida anläggningar.

För varje kostnadspost beräknas en baskostnad som omfattar:

- mängdberäknade kostnader
- icke mängdberäknade kostnader
- sidokostnader

Mängdberäknade kostnader är sådana kostnader, som kan beräknas direkt med hjälp av underlaget och med kännedom om enhetspriser, t ex för betonggjutning, bergsprängning och driftpersonal. Vid bedömningen av såväl mängder som enhetspriser har erfarenheter som erhållits vid utbyggnader av kärnkraftverken, CLAB och SFR tillämpats.

På ritningsunderlaget finns inte alla detaljer redovisade. Dessa icke mängdangivna kostnader kan uppskattas med god noggrannhet med hjälp av erfarenheter från andra liknande arbeten.

Den sista posten som ingår i baskostnaderna är sidokostnader. Hit hör kostnader för administration, projektering, upphandling och kontroll samt kostnader för provisoriska byggnader, maskiner, bostäder, kontor och dylikt. Dessa kostnader är likaså relativt väl kända och har beräknats utgående ifrån det bedömda servicebehovet under anläggningskedet.

### 3.3 VARIATIONER I BASSCENARIOT

Metoden att hantera osäkerheter i kalkylen bygger på en systematisk identifiering och värdering av händelser vilka kan påverka kostnadsutfallet i väsentlig grad. Händelserna, som kan vara såväl projektinterna (anläggningsutformning, mängder etc) eller externa (myndighetsageranden, konjunktur etc), ger i sin tur upphov till variationer i referenskonceptet, som kan vara av teknisk, ekonomisk eller administrativ karaktär. Variationerna kvantifieras med ett "lägsta" respektive "högsta" utfall, relaterade till en viss sannolikhet för att de skall innehållas. Detta s k konfidensintervall är relaterat till en viss konfidensgrad<sup>2</sup>

Vissa variationer kan sägas vara normala inom bygg- och anläggningsverksamhet. Dessa ryms inom basscenariot och förändrar således ej övergripande koncept eller tidsplanestrategi. Samtliga variationer inom basscenariot inkluderas i underlaget för avgiftsberäkningen.

Andra variationer som påverkar övergripande koncept eller tidsplanestrategi eller i övrigt bedöms som mindre sannolika inkluderas enbart i underlaget för tilläggsbelopp (där även variationerna inom basscenariot ingår). Dessa variationer beskrivs i kapitel 5.

2

Två typer av variationer särskiljs. Dels sådana som påverkar ett flertal objekt, s k yttre variationer. Till dessa hör t ex tidsplane- och kapacitetsförändringar. Dels sådana som enbart påverkar ett enskilt kalkylobjekt, s k objektspecifika variationer. Till de senare hör t ex osäkerheter i utformningen av en enskild anläggning eller i bedömd personalstyrka, samt rena kostnadsosäkerheter. Nedan ges en översikt över variationerna för basscenariot indelade i följande grupper:

- driftförhållanden för kärnkraftverken
- hanterings- och förvarskoncept

---

<sup>2</sup> Om sannolikheten för att de undre respektive övre värdena ej ska överskridas är 10% respektive 90%, sägs konfidensintervallet ha konfidensgraden 80%

- teknik
- lokalisering
- tidsplaneberoenden
- kalkylförutsättningar övrigt
- objektspecifika variationer

### **Variationer ingående i underlaget för avgiftsberäkning**

De intervall som anges för variationerna nedan är till övervägande delen relaterade till en konfidensgrad av 80%.

#### *Driftförhållanden för kärnkraftverken*

- Framtida utbränningsgrad varierar mellan 38 och 55 MWd/tU för BWR och mellan 41 och 60 MWd/tU för PWR. Detta påverkar resteffekten och antalet kapslar och därmed drifttiden för avfallssystemet.

#### *Teknik*

- Trolig temperatur på kapselytan i djupförvaret varierar mellan 70 och 90 °C. Detta påverkar tillåten resteffekt och därmed avstånden mellan kapslarna i djupförvaret.
- Avvikelse från den nominella resteffekten hos kapseln. En förhöjning av kapseffekten med 10% ansätts vilket påverkar kapselavstånden i djupförvaret.
- Termiska parametrar för bentonit och berg varierar bl a med avseende på bentonitens och bergets värmeledningsförmåga och bergets initialtemperatur. Detta påverkar avstånden mellan kapslarna i djupförvaret.
- Kapaciteten i inkapslingsanläggningen varierar mellan 150 och 250 kapslar per år. Detta påverkar i första hand drifttiden för avfallssystemet, men även kapselavstånden i djupförvaret då bränslets ålder vid deponeringen påverkas och därmed resteffekten.
- Djupet för djupförvaret varierar mellan 400 och 700 m. Längden av deponeringstunnlarna ändras för att ta hänsyn till olika bergförhållanden och komplexiteten av tillfartssystemet ökas. Detta påverkar kostnaderna för att bygga och försluta djupförvaret.
- Deponeringsmetoden varierar bland annat genom att kapseln deponeras som ett paket tillsammans med bentoniten.
- Material och metod för försegling av djupförvaret varierar mellan enbart bergkross respektive sand/bentonitfyllning. Detta påverkar förseglingkostnaderna för flera förvarsdelar.

*Lokalisering*

- Djupförvarets lokalisering varieras mellan kustläge utan behov av längre landtransporter och inlandsläge varvid upp till 70 km järnväg byggs.

*Tidsplaneberoenden*

- Förskjutningar i starttidpunkten för inkapsling och deponering (tidigareläggning 5 år respektive senareläggning 10 år). Detta påverkar i stort sett alla kostnadsposter. Tiden för forskning, samt drifttidens längd för CLAB och transportsystemet förändras. Driftstarten av övriga anläggningar förskjuts.

*Kalkylförutsättningar övrigt*

- Teknologisk utveckling beaktas genom en optimistisk och en pessimistisk variation. Påverkar alla framtida anläggningar.
- Förändringar i valutakursen.
- Konjunkturen vid upphandling av de större entreprenaderna beaktas genom en variation av byggkostnaderna.
- Realismen allmänt i kostnadsuppskattningarna beaktas genom en optimistisk alternativt pessimistisk faktor.

*Objektspecifika variationer*

Objektspecifika variationer utgörs av preciserade eller mera generella påslag på referenskostnaden för varje objekt (36 st). Typiska påslag avser t ex ändringar i byggnadsvolym eller driftorganisation, eller varierande krav på utförande (exempelvis vid deponeringen).

Två av dessa variationer kan nämnas särskilt:

- Kapselkostnad varieras med  $-20\%/+50\%$ .
- Kostnad för rivning av kärnkraftverk varieras huvudsakligen med hänsyn till personalbehov och metodutveckling, sammantaget ca  $-15\% / +50\%$ .

## 4. KOSTNADSREDOVISNING

### 4.1 ALLMÄNT

I detta kapitel redovisas samtliga kostnader för att ta hand om de radioaktiva restprodukter, som beskrivits i avsnitt 1.3. Kostnadsberäkningarna har baserats på SKB:s plan över anläggningar, system m m, som beskrivits i kapitel 2.

I redovisningen särskiljs nedlagda kostnader till och med år 1999 och framtida kostnader. De framtida kostnaderna är beräknade i prisnivån januari 1999. Tidigare nedlagda kostnader anges i löpande penningvärde.

Med avseende på ovanjordsanläggningarna vid djupförvaret särskiljs i rapporten yttre anläggningar, som avser väg, järnväg, hamn, bostäder, etc, samt industriområdet, dvs det inhägnade arbetsområde som står i direkt förbindelse med djupförvaret. I kostnaden för industriområdet inkluderas även kostnader för lokaliseringsarbetet.

Kostnaderna finns redovisade i detalj i ett datoriserat sammanställningsprogram. Programmet ger möjlighet till nuvärdesberäkningar och variationsanalyser samt fördelning av kostnaderna på olika kärnkraftverk m m.

Kostnaderna för olika anläggningar redovisas här i posterna: investering, drift och reinvestering, samt rivning och försegling. Till investeringskostnaderna hänförs normalt endast de kostnader som uppkommer innan en anläggning eller anläggningsdel tas i drift. I djupförvaret där utbyggnaden av deponeringstunnlarna kommer att ske fortlöpande under deponeringsskedet, har emellertid även kostnaderna för detta arbete hänförts till investeringskostnaderna.

I rapporten redovisas även kostnader som inte faller under finansieringslagen (driftavfall från kärnkraftverken, Ågestabränsle och avfall från Studsvik).

### 4.2 AVGIFTSUNDERLAG - BASSCENARIO

Avgiftsunderlaget har beräknats för fallet att alla reaktorer drivs i 25 år, dock minst till och med år 2000. Beräkningarna har genomförts med en statistisk sammanvägning som beskrivits i kapitel 3. Resultatet av beräkningarna fås i form av en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet totalkostnaden kommer att innehållas. För avgiftsunderlaget, som skall vara den troliga kostnaden, används värdet som har lika stor sannolikhet att överskridas som att underskridas.



Tabell 4.1 visar de framtida kostnaderna för avfallshanteringsystemet enligt basscenariot. Kostnaderna delas upp per objekt och kostnadsslag. De framtida kostnaderna från och med år 2000 uppgår till 48,1 miljarder kronor.

Tabellen särskiljer kostnader som omfattas av finansieringslagen, dvs den totala kostnaden exklusive kostnader för låg- och medelaktivt driftavfall och avfall från Studsvik och Ågesta. De framtida kostnaderna enligt finansieringslagen fr o m år 2000 uppgår till 47,0 miljarder kronor.

Figur 4.1 visar de framtida kostnaderna enligt finansieringslagen fördelade i tiden. Kostnaderna utfaller under ca 50 år. Tyngdpunkten för kostnaderna ligger dock under de närmaste 30 åren.

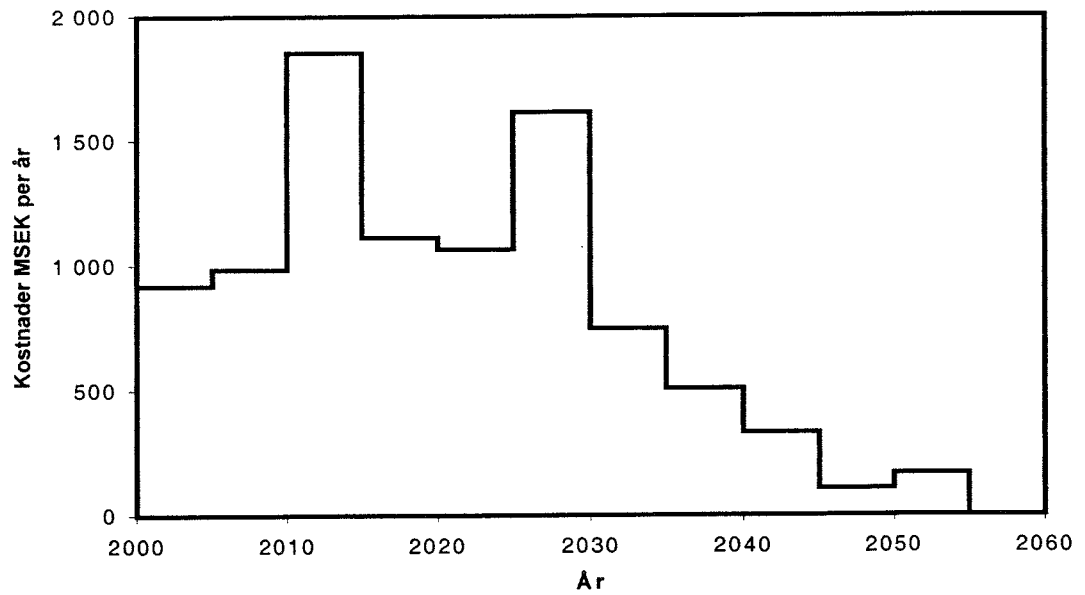
Fördelning av nedlagda såväl som framtida kostnader, på de olika anläggningsdelarna framgår av Figur 4.2.

**Tabell 4.1** Sammanställning av framtida kostnader (MSEK) fr o m år 2000. Drift av samtliga reaktorer 25 år, dock minst t o m år 2000. Prisnivå januari 1999.

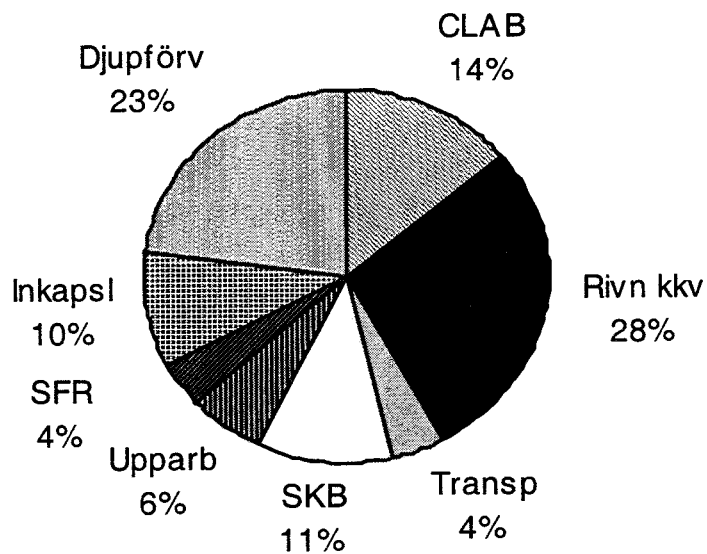
Objekt	Kostnadsslag	Totala framtida kostnader	Summa framtida kostnader per objekt	Framtida kostnader enligt finansieringslagen 1)
SKB - adm och FUD	-	3 400	3 400	3 400
Transport	reinvestering	960		
	drift	800	1 800 *	1 500
Rivning kkv	avställningsdrift	6 100		
	rivning	11 100	17 300	17 300
CLAB	investering	570		
	reinvestering	870		
	drift	3 300		
	rivning	370	5 070 *	5 050
Inkapslingsanläggning	investering	1 900		
	drift+reinvestering	3 700		
	rivning	180	5 800 *	5 770
Djupförvar - yttre anläggningar	investering	1 200		
	drift+reinvestering	100	1 260 *	1 250
Djupförvar - industriområde	lokalisering	1 100		
	investering	1 800		
	drift+reinvestering	2 000		
	rivning	160	5 040 *	5 010
Djupförvar - bränsle	investering	3 600		
	drift+reinvestering	770		
	rivning+försegling	2 300	6 640 *	6 600
Djupförvar - övrigt	investering	400		
	drift	50		
	rivning+försegling	90	550 *	350
SFR 1	drift+reinvestering	410		
	rivning+försegling	110	520 *	20
SFR 3	investering	430		
	drift+reinvestering	300		
	rivning+försegling	60	790 *	770
<b>Totalt</b>		<b>48 100</b>	<b>48 100</b>	<b>47 000</b>

\* Innefattar även kostnader utanför finansieringslagen

1) Framtida kostnader minus kostnader för studsviksavfall o d och övrigt låg- och medelaktivt avfall



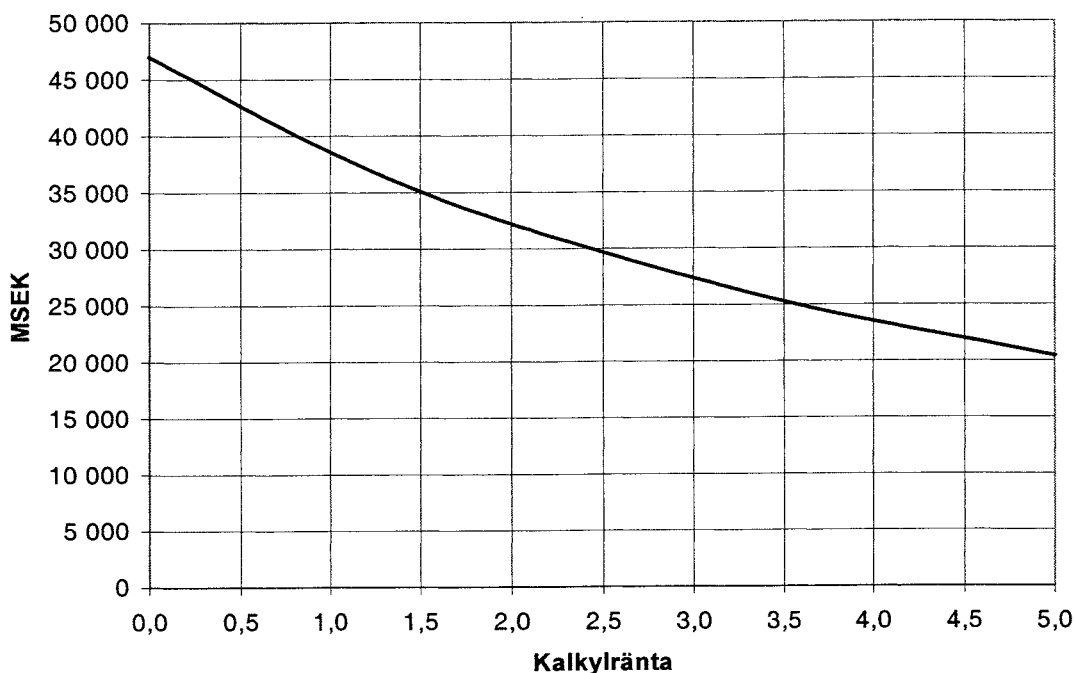
**Figur 4.1** Sammanställning av framtida kostnader enligt finansieringslagen fördelade i tiden, MSEK per år.<sup>3</sup> Drift av samtliga reaktorer 25 år, dock minst t o m år 2000. Prisnivå januari 1999



**Figur 4.2** Fördelning av den totala kostnaden (nedlagda och framtida) för alternativet drift av samtliga reaktorer 25 år, dock minst t o m år 2000. Prisnivå januari 1999

<sup>3</sup> Fördelningen över tiden är anpassad med hänsyn till de tidsplanevariationer som inkluderas i kalkylen så att nuvärdesberäkningar för olika reala räntor (0-5%) ger korrekt resultat.

Då flera variationer påverkar tidsplanen för avfallssystemet har kostnadsberäkningarna även nuvärdesberäknats vid olika antaganden om realräntan. För att visa realräntans betydelse visas i Figur 4.3 de framtida kostnaderna enligt finansieringslagen som funktion av vald real förräntning i kalkylen.



**Figur 4.3** Framtida kostnader enligt finansieringslagen (MSEK) som funktion av real förräntning. Drift av samtliga reaktorer 25 år, dock minst t o m år 2000. Prisnivå januari 1999

#### 4.3 UNDERLAG FÖR GRUNDBELOPP

Som underlag för att bestämma vilka säkerheter som behövs för att täcka in avgiftsbortfallet vid en eventuell tidig avställning har ett grundbelopp beräknats för varje företag för sig för det fall att alla reaktorer på en plats stängs av 1999-12-31. Vid en tidig avställning minskar mängden använt bränsle och därmed kostnaderna för att ta hand om det. Samtidigt ökar den genomsnittliga tiden mellan avställning och start av rivning, vilket ökar kostnaderna för avställningsdriften. Sammantaget innebär det att kostnadsminskningen blir liten i förhållande till avgiftsunderlaget, totalt ca 0,7 miljarder kronor.

#### 4.4 VARIATIONER I DRIFTFÖRHÅLLANDEN

För att belysa olika driftförhållandens påverkan på avfallsmängder och därmed kostnader redovisas här två beräkningsfall, drift av alla reaktorer i

40 år samt en ändring av utnyttjningsfaktorerna till 70% vid 25 års drift av alla reaktorer. Variationerna har beräknats som marginalkostnader i förhållande till basscenariot.

#### 40 års drift av samtliga reaktorer

Vid 40 års drift av samtliga reaktorer erhålls en total bränsleförbrukning på ca 9 500 tonU, varav 7 200 ton från BWR och 2 300 ton från PWR. Den totala energiproduktionen skulle i detta fall bli ca 2 700 TWh.

Framtida kostnader per objekt framgår av Tabell 4.2. De framtida kostnaderna från och med år 2000 uppgår till 49,8 miljarder kronor. En kostnadsjämförelse görs även i tabellen med 25 års drift av samtliga reaktorer.

**Tabell 4.2** Sammanställning av framtida kostnader (MSEK) från och med år 2000. Drift av samtliga reaktorer i 40 år. Prisnivå januari 1999. Jämförelse med 25 års drift.

Objekt	25 års drift	40 års drift
SKB - adm o FUD	3 400	3 400
Transport	1 800	2 000
Rivning av kärnkraftverk	17 300	13 700 <sup>4</sup>
CLAB	5 100	5 700
Inkapslingsanläggning	5 800	7 200
Djupförvar -yttre anläggningar	1 300	1 300
Djupförvar -industriområde	5 000	5 500
Djupförvar - bränsle	6 600	8 200
Djupförvar - annat avfall	550	670
SFR 1	520	1 300
SFR3	790	790
<b>Totalt</b>	<b>48 100</b>	<b>49 800</b>
<b>Totalt exkl. rivning</b>	<b>30 800</b>	<b>36 100</b>

<sup>4</sup> Vid den längre drifttiden för kärnkraftverken ges utrymme för de förberedande åtgärder som krävs före start av rivning varför tiden för avställningsdrift kan reduceras.

### 70% utnyttjningsfaktor

Vid drift i 25 år medför en ändring av den framtida utnyttjningsfaktorn från 80% till 70% att energiproduktionen minskar med ca 60 TWh och att den totala bränsleförbrukningen minskar med ca 170 tonU.

De framtida kostnaderna från och med år 2000 vid 70% utnyttjningsfaktor och 25 års drift uppgår till 47,9 miljarder kronor.

## 4.5 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER

Tabell 4.3 redovisar nedlagda kostnader till och med 1998 i löpande prisnivå, exklusive räntor, samt 1999 års budgeterade kostnader.

**Tabell 4.3** Nedlagda och beräknade kostnader t o m år 1999 MSEK löpande penningvärde

Objekt	Kostnadslag	Nedlagda kostnader t o m 1998	Beräknade kostnader 1999	Totalt t o m 1999
SKB (FUD, info, adm)	--	2 770	456	3 226
Kapselutveckling	--	110	31	141
Transport	investering	260	13	273
	drift	370	21	391
CLAB	investering	1 850	107	1 957
	drift	1 300	89	1 389
SFR 1	investering	743	5	748
	drift	300	26	326
Upparbetning	--	3 820	0	3 820
Inkapslingsanläggning	investering	170	31	201
Djupförvar	investering	350	40	390
<b>Totalt</b>		<b>12 040</b>	<b>820</b>	<b>12 860</b>

## 5. UNDERLAG FÖR TILLÄGGSBELOPP

Tilläggsbeloppet skall användas som underlag för att bedöma behovet av säkerheter för tillkommande kostnader till följd av oplanerade händelser. Vid beräkningen av underlaget för tilläggsbeloppet har samma beräkningsmetodik tillämpats som för avgiftsunderlaget, se kapitel 3. De variationer som har applicerats är dock betydligt mera omfattande. De berör djupförvarskoncept, lokalisering, tidsplan, kostnadsdata och olika typer av störningar. Nedan ges en genomgång av de speciella variationer som inkluderats i tilläggsbeloppet. I tilläggsbeloppet ingår dessutom de variationer som tagits med i avgiftsunderlaget, se avsnitt 3.3.

### **Variationer ingående speciellt i beräkning av tilläggsbelopp**

De intervall som anges för variationerna nedan är till övervägande delen relaterade till en konfidensgrad av 90%.

#### *Driftförhållanden för kärnkraftverken*

- Bränsleskador av betydande omfattning i en reaktor, vilket innebär att en stor del av en reaktorhård behöver tas om hand på ett speciellt sätt. Detta påverkar driften av inkapslingsanläggningen.

#### *Hanterings- och förvarskoncept*

- Annat slutförvarskoncept för bränsle än KBS-3. Deponering i djupa borrhål beaktas, dock med ca 20 års tidsförskjutning. Påverkar inkapsling och djupförvar samt tidsplanen för övriga verksamheter.
- Variation av slutförvarskonceptet för annat långlivat avfall, med mer kvalificerad inkapsling innan deponering.
- En etapp 2 behöver byggas ut i SFR 1 till följd av ökade avfallsmängder.

#### *Teknik*

- Kapseltyp och huvudmått varierar. Såväl större som mindre kapslar studeras. Påverkar inkapslingsanläggningen, antalet kapslar och deponeringshål samt drifttiden för hela avfallssystemet.
- Kapaciteten i inkapslingsanläggningen antas bli lägre än beräknat vilket kompenseras med extra skiftgående personal. Som ett alternativ studeras även kraftigt ökad kapacitet.

- Djupförvarslayouten baseras på ett alternativ där deponeringstunnlarna minimeras och där kapslarna placeras horisontellt i dessa tunnlar.

#### *Lokalisering*

- Inkapslingsanläggningen lokaliseras till djupförvaret, vilket påverkar kostnaderna för anläggningen och transportkostnaderna.
- Djupförvaret lokaliseras i anslutning till inkapslingsanläggningen vid CLAB.
- Djupförvaret för annat långlivat avfall lokaliseras skilt från övriga anläggningar.

#### *Tidsplaneberoenden*

- Den överordnad tidsplanestrategin ändras så att steg 2 följer direkt på steg 1, alternativt att start av deponering senareläggs med en sluttidpunkt omkring 2050. Vid det senare alternativet ökas inkapslingstakten till 400 kapslar per år. Detta påverkar tidsplanen och drifttiden för alla anläggningar, samt resteffekten och därmed avstånden mellan kapslarna i djupförvaret.
- Längre driftstörning (avbrott i 5 år) i inkapslingsanläggningen, vilket även påverkar djupförvaret.
- Återtagande av kapslar efter Steg 1 och deponering av allt bränsle på en ny plats efter förnyad lokaliseringsprocess. Påverkar tidsplanen för samtliga anläggningar, samt medför att ett mellanlager för återtagna kapslar behöver byggas.
- Övervakning krävs av djupförvaret efter deponering under ca 70 år. Därefter sker slutlig försegling.
- Rivningen av kärnkraftverken varieras med en senareläggning så att den kan avslutas samtidigt med deponering av bränslet och en tidigareläggning snarast efter avställning av reaktorerna.

#### *Kalkylförutsättningar övrigt*

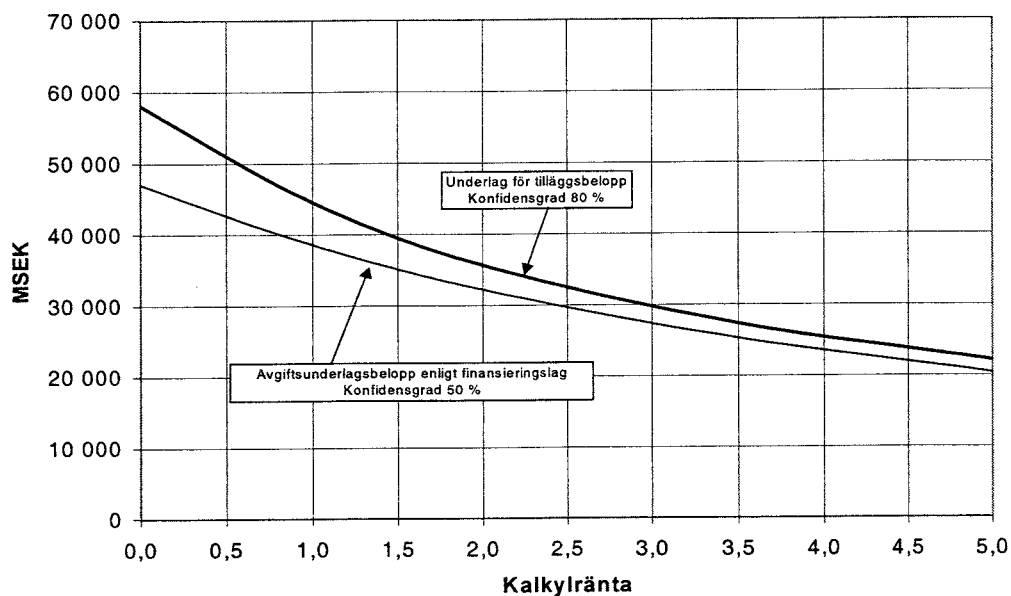
- Stora förändringar i valutakurser.
- Sabotage och dylikt.
- Ändrade myndighetskrav.

Resultatet från kostnadsberäkningen erhålls som en sannolikhetsfördelning för de totala kostnaderna, vilken anger med vilken sannolikhet en viss kostnad kommer att innehållas (konfidensgrad).



Vid bedömningen av behovet av säkerheter är det av intresse att välja en kostnadsnivå som med stor sannolikhet kommer att innehållas. Används 80 % sannolikhet blir totala underlaget för tilläggsbeloppet odiskonterat 58 miljarder kronor.

Tilläggsbeloppet är starkt beroende av vald kalkylränta. I Figur 5.1 visas hur nuvärdet av underlaget för tilläggsbelopp och avgiftsunderlaget varierar som funktion av antagen framtida real förräntning.



**Figur 5.1** Underlag för tilläggsbelopp (MSEK) som funktion av real förräntning. Drift av samtliga reaktorer 25 år, dock minst t o m år 2000. Prisnivå januari 1999.

**REFERENSER**

- Ref. 1      KBS 3  
            Kärnbränslecykelns slutsteg  
            Använt kärnbränsle, Del I-IV  
            Svensk Kärnbränsleförsörjning AB  
            Maj 1983
- Ref. 2      SKB FUD-Program 98  
            Kärnkraftavfallens behandling och slutförvaring  
            Program för forskning samt utveckling av demonstration av inkapsling och  
            geologisk djupförvaring  
            September 1998.
- Ref. 3      SKIs utvärdering av SKB:s FUD-program 98  
            SKI Rapport 99:16  
            Gransknings-PM April 1999
- Ref. 4      Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk  
            Svensk Kärnbränslehantering AB  
            Maj 1994
- Ref. 5      Steen Lichtenberg  
            Projektplanläggning i en föränderlig verden  
            Polyteknisk Forlag, Danmark 1990

**Använt bränsle och radioaktivt avfall vid 25 års drift av kärnkraftverken, dock minst t o m 2000**

Avfallskategori	Avfallsenheternas dimensioner före inkapsling för slutdeponering (d=diam.)	Antal kollin	Antal transporterheter (B-behållare alt. container)	Volym på plats i respektive förvar	Slutförvar
	[m]			[m <sup>3</sup> ]	
Använt BWR-bränsle	0,14 x 0,14 x 4,383	27 000	2 250	12 800	Djupförvar bränsle
Använt PWR-bränsle	0,21 x 0,21 x 4,103	3 160	790		
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)	Diverse	641	35		
Härdkomponenter	1,2 x 1,2 x 4,8	600	600	9 500	Djupförvar härdkomp.
Reaktoremas interna delar	1,2 x 1,2 x 4,8	770	770		
Driftavfall från CLAB till silo	1,2 x 1,2 x 1,2	900	80	1 600	SFR 1
		1 700	425	2 900	Djupförvar annat långlivat avfall
Driftavfall från CLAB till bergsal	1,2 x 1,2 x 1,2	230	20	400	SFR 1
Avfall från Studsvik till silo <sup>1)</sup>	d=0,6 L=0,9	3 750	50	1 200	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	690	60	1 200	SFR 1
	d=0,6 L=0,9	2 250	140	700	Djupförvar annat långlivat avfall
	1,2 x 1,2 x 1,2	550	140	1 000	långlivat avfall
Avfall från Studsvik till bergsal <sup>1)</sup>	d=0,6 L=0,9	8 750	150	2 800	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	690	60	1 200	SFR 1
	ISO-cont.	200	200	7 600	SFR 1
Driftavfall från inkapslingsanläggningen till silo	1,2 x 1,2 x 1,2	250	60	400	Djupförvar annat långlivat avfall
Driftavfall från kärnkraftverken till silo	d=0,6 L=0,9	2 730	40	900	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	6 990	580	12 100	SFR 1
Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	d=0,6 L=0,9	14 710	280	4 800	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	4 660	390	8 100	SFR 1
	ISO-container	610	610	23 000	SFR 1
	3,3 x 1,3 x 2,15	890	300	8 200	SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till berggrum	ISO-container m m	6 000	6 000	144 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till berggrum	ISO-container	100	100	3 800	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen till berggrum	2,4 x 2,4 x 2,4	140	140	2 000	Djupförvar rivningsavfall
	Lagringskassetter	1 900	210	5 300	Djupförvar rivningsavfall
Transportbehållare		37	37	200	Djupförvar rivningsavfall
<b>Summa ca</b>		<b>91 000</b>	<b>14 500</b>	<b>256 000</b>	

1) Inklusive avfall inom kärnkraftverkens ansvarsområde, ca 3 500 m<sup>3</sup>

**Använt bränsle och radioaktivt avfall vid 40 års drift av kärnkraftverken**

Avfallskategori	Avfallsenheternas dimensioner före inkapsling för slutdeponering (d=diam.)	Antal kollin	Antal transportenheter (B-behållare alt. container)	Volym på plats i respektive förvar	Slutförvar
	[m]			[m <sup>3</sup> ]	
Använt BWR-bränsle	0,14 x 0,14 x 4,383	39 500	3 290	18 900	Djupförvar bränsle
Använt PWR-bränsle	0,21 x 0,21 x 4,103	4 900	1 230		
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)	Diverse	641	35		
Härskomponenter	1,2 x 1,2 x 4,8	850	850	11 200	Djupförvar härskompon.
Reaktorernas interna delar	1,2 x 1,2 x 4,8	770	770		
Driftavfall från CLAB till silo	1,2 x 1,2 x 1,2	1 500	130	2 600	SFR 1
		2 400	600	4 100	Djupförvar annat långlivat avfall
Driftavfall från CLAB till bergsal	1,2 x 1,2 x 1,2	380	30	660	SFR 1
Avfall från Studsvik till silo <sup>1)</sup>	d=0,6 L=0,9	3 750	50	1 200	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	690	60	1 200	SFR 1
	d=0,6 L=0,9	2 250	140	700	Djupförvar annat långlivat avfall
	1,2 x 1,2 x 1,2	550	140	1 000	långlivat avfall
Avfall från Studsvik till bergsal <sup>1)</sup>	d=0,6 L=0,9	8 750	150	2 800	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	690	60	1 200	SFR 1
	ISO-cont.	200	200	7 600	SFR 1
Driftavfall från inkapslingsanläggningen till silo	1,2 x 1,2 x 1,2	400	100	680	Djupförvar annat långlivat avfall
Driftavfall från kärnkraftverken till silo	d=0,6 L=0,9	4 420	60	1 400	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	11 320	940	19 600	SFR 1
Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	d=0,6 L=0,9	23 830	460	7 720	SFR 1
	1,2 x 1,2 x 1,2	7 550	630	13 050	SFR 1
	ISO-container	980	980	37 310	SFR 1
	3,3 x 1,3 x 2,15	1 440	480	13 280	SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till berggrum	ISO-container m m	6 000	6 000	144 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till berggrum	ISO-container	100	100	3 800	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen till berggrum	2,4 x 2,4 x 2,4	180	180	2 400	Djupförvar rivningsavfall
	Lagringskassetter	2 600	290	7 300	Djupförvar rivningsavfall
Transportbehållare		37	37	200	Djupförvar rivningsavfall
<b>Summa ca</b>		<b>127 000</b>	<b>18 000</b>	<b>304 000</b>	

1) Inklusivt avfall inom kärnkraftverkens ansvarsområde, ca 3 500 m<sup>3</sup>