



**SKB**

---

**KÄRNKRAFTENS  
SLUTSTEG**

---

**PLAN 97**

# **Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter**

Juni 1997

---

**SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB**

BOX 5864 S-102 48 STOCKHOLM  
TEL. 08-665 28 00 TELEX 13108 SKB FAX +46 8 661 57 19

PLAN 97

**Kostnader för kärnkraftens  
radioaktiva restprodukter**

Juni 1997

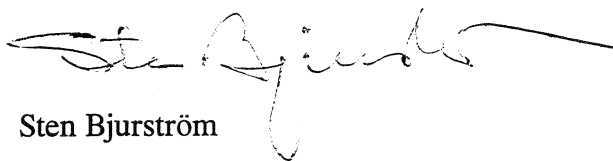
## FÖRORD

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 reaktorerna använt 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 sextonde årliga redovisningen, ger en uppdaterad sammanställning av erforderliga kostnader.

Stockholm i juni 1997

Svensk Kärnbränslehantering AB



Sten Bjurström

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	5
<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	INKAPSLINGSANLÄGGNING FÖR ANVÄNT BRÄNSLE	14
2.6	DJUPFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL	16
2.7	SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR	21
2.8	RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK	24
<b>3.</b>	<b>BERÄKNINGSMETODIK</b>	<b>25</b>
3.1	ÖVERSIKT	25
3.2	BERÄKNING AV REFERENSKOSTNAD	27
3.3	VARIATIONER I BASSCENARIOT	28
<b>4.</b>	<b>KOSTNADSREDOVISNING</b>	<b>31</b>
4.1	ALLMÄNT	31
4.2	AVGIFTSUNDERLAG - BASSCENARIO	31
4.3	UNDERLAG FÖR GRUNDBELOPP	35
4.4	VARIATIONER I DRIFTFÖRHÅLLANDEN	36
4.5	TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER	37
<b>5.</b>	<b>UNDERLAG FÖR TILLÄGGSBELOPP</b>	<b>38</b>
	<b>REFERENSER</b>	<b>41</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:

- 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 reaktor-anläggningarna m m.

Denna rapport baseras på den föreslagna inriktningen av verksamheten som presenterats i SKBs FUD-program 95. 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 reaktorinnehavarna 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 1998). I årets kalkyl gäller detta för Oskarshamn I.
- **grundbelopp** som skall innefatta motsvarande kostnader för att ta hand om det bränsle som använts till och med det år då beräkningen görs (dvs 1997), 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.

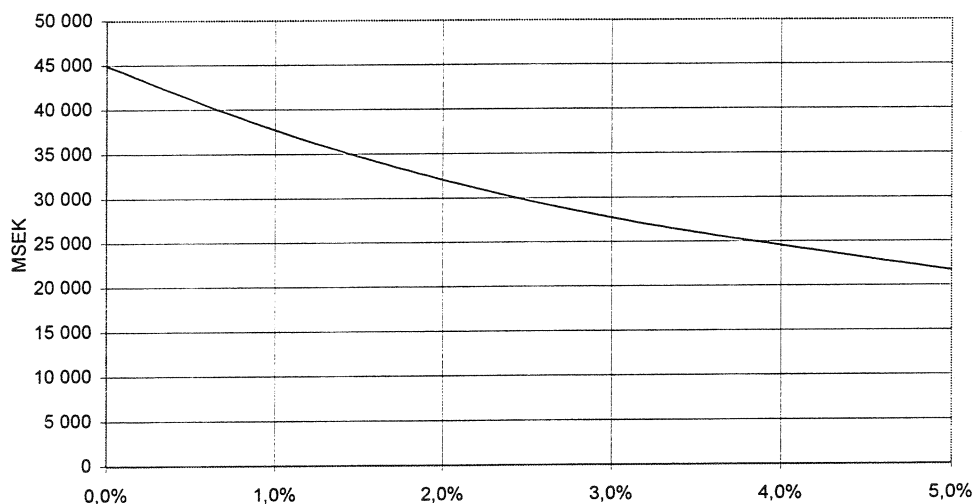
I basscenariot tas således hänsyn till osäkerheter, variationer och störningar som kan anses vara normala för ett projekt. Eftersom flera variationer påverkar tidplanen har kostnaderna beräknats dels i fast penningvärde (januari 1997), dels som nuvärden med olika antaganden om framtida real förräntning.

De totala framtida kostnaderna presenteras som en fördelningsfunktion, som anger med vilken sannolikhet en total 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.

De totala framtida kostnaderna, i prisnivå januari 1997, för det svenska avfallssystemet från och med 1998 har beräknats till 44,9 miljarder kronor. Kostnaderna gäller för det avfall som erhålls från 25 års drift 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

20 åren. I Figur 1.1 visas nuvärdet av kostnaderna vid olika realförräntning.

T o m 1997 beräknas 11,1 miljarder kronor i löpande penningvärde ha lagts ner.



**Figur 1.1** Nuvärdet (MSEK) av de totala framtida kostnaderna från och med 1998 vid olika reala kalkylräntor.  
(Prisnivå januari 1997)

**Grundbeloppet**, som anger kostnaden för att ta hand om det avfall, som producerats till och med 1997 är ca 2,2 miljarder kronor lägre än avgiftsunderlaget.

**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, tidplan, 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 1998). I årets kalkyl gäller detta för Oskarshamn I.
- **grundbelopp** som skall innefatta motsvarande kostnader för att ta hand om det bränsle som använts till och med det år då beräkningen görs (dvs 1997), 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 SKBs forskning och utveckling och som presenterats i SKBs senaste program för forskning, utveckling och demonstration, FUD 95 (Ref. 2). Den inriktning och tidplan för den fortsatta verksamheten som anges i FUD 95 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 vägts 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 1997 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 avställningen/rivningen tidigareläggs 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, tidplan och kostnadsdata samt störningar av olika slag. Resultatet erhålls som en statistisk fördelning av de totala kostnaderna som anger med vilken sannolikhet en viss total kostnad kommer att innehållas.

Finansieringslagen behandlar endast de kostnader som är hänförliga till omhändertagande av använt kärnbränsle samt till avveckling och rivning av reaktorläggningarna. I SKBs 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, eller minst t o m det första år beräkningarna avser, dvs i årets beräkningar t o m 1998 (det senare villkoret gäller för närvarande Oskarshamn I). 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 1997-12-31.

Utifrån reaktorernas 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 1996 totalt 71 TWh, vilket motsvarar en genomsnittlig energiutnyttjningsfaktor på 81 %. Under 1995 var energiutnyttjningsfaktorn 77 % och under 1994 var den 80 %. 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 energikommisionen. Den tar

även hänsyn till förväntade framtida renoveringsarbeten samt eventuella framtida störningar i driften.

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 kapitel 4.4.

Inom basscenariot varierar 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, eller minst t o m 1998, 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 1 650 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 (Oskarshamn I till och med 1998)

Reaktor samt datum för kommersiell drift	Termisk effekt MW	Netto-effekt MW	Energiproduktion TWh			Bränsleförbrukning ton uran	
			t o m 1996	fr o m 1997 (årligen)	Totalt	Uttaget t o m 1996	Totalt
B1 1975-07-01	1 800	600	82,7	4,2	97	324	450
B2 1977-07-01	1 800	600	77,0	4,2	100	283	430
R1 1976-01-01	2 500	830	95,5	5,8	119	300	500
R2 1975-05-01	2 570	870	97,9	6,1	118	296	430
R3 1981-09-09	2 780	920	86,0	6,5	149	241	500
R4 1983-11-21	2 780	920	83,4	6,5	160	244	540
O1 1972-02-06	1 375	440	58,3	3,1	64	258	350
O2 1974-12-15	1 800	600	84,9	4,2	97	310	450
O3 1985-08-15	3 300	1 160	93,4	8,1	204	258	710
F1 1980-12-10	2 930	970	108,3	6,8	169	352	660
F2 1981-07-07	2 930	970	102,4	6,8	167	319	650
F3 1985-08-22	3 300	1 160	94,5	8,1	205	263	710
<b>BWR totalt</b>	<b>21 735</b>	<b>7 330</b>	<b>797</b>	<b>51,3</b>	<b>1 222</b>	<b>2 667</b>	<b>4 910</b>
<b>PWR totalt</b>	<b>8 130</b>	<b>2 710</b>	<b>267</b>	<b>19,1</b>	<b>427</b>	<b>781</b>	<b>1 470</b>
<b>Samtliga totalt</b>	<b>29 865</b>	<b>10 040</b>	<b>1 064</b>	<b>70,4</b>	<b>1 649</b>	<b>3 448</b>	<b>6 380</b>

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 eller minst t o m 1998, en slutförvarsmängd på ca 6 200 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, eller minst t o m 1998. 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
Härdkomponenter	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 tidplanen och utformningen av avfallshanteringsystemet 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 kärnkraftverken antas påbörjas snarast möjligt efter avställning.

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.

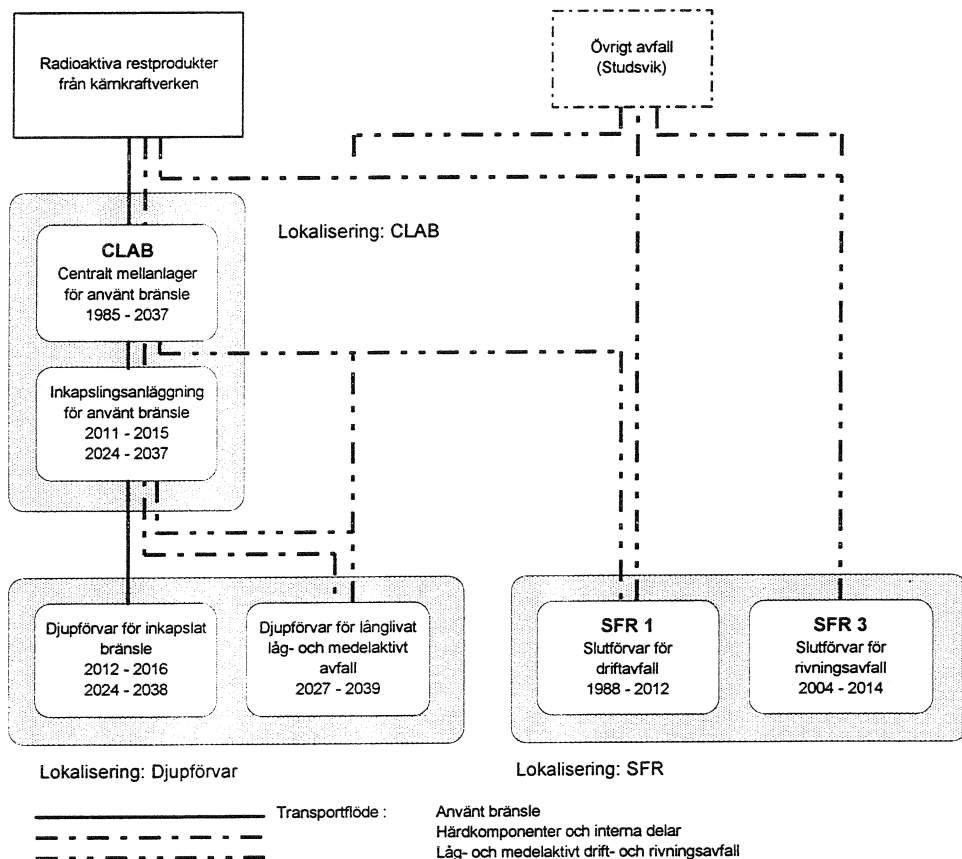
I SKBs senast framlagda program för forskning, utveckling och demonstration, FUD 95, föreslår SKB, liksom tidigare i FUD 92, att djupförvaringen genomförs stegvis. Djupförvaringen inleds med ett första steg då 400 kapslar deponeras. Därefter sker en utvärdering och förnyad licensiering innan beslut fattas om att bygga ut anläggningen i full skala. Basscenariot baseras på denna i FUD 95 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, eller minst t o m 1998.

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 95 presenterades program och planer för insatser vad gäller kapsel, inkapslingsanläggning och djupförvar. Baserat på detta underlag har översiktliga tidplaner 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 2008. 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 2008 och 2022 med 2012 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.

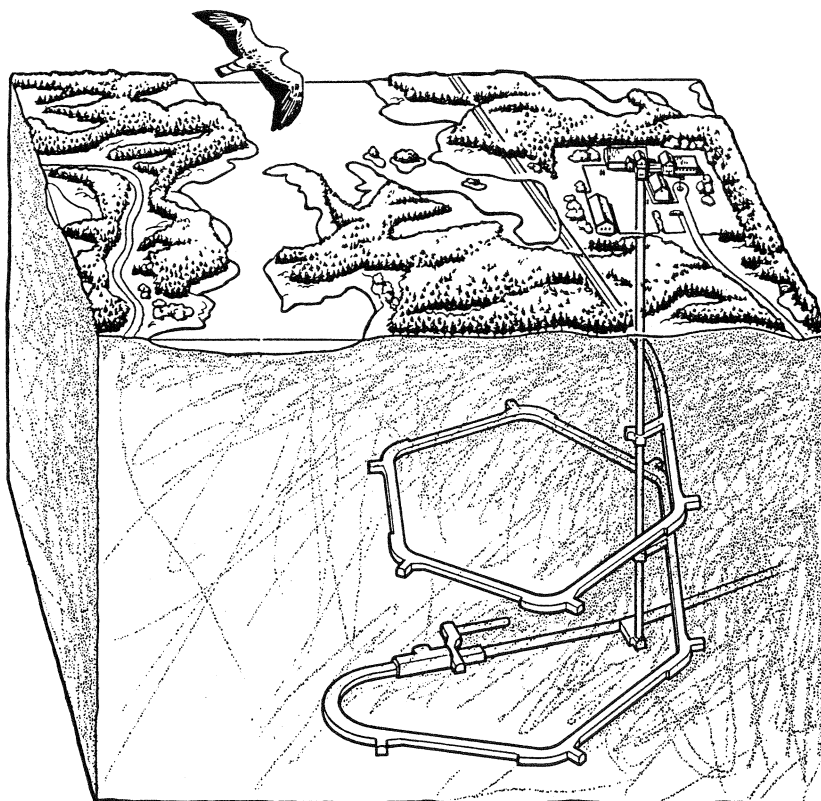
## 2.2 FORSKNING, UTVECKLING OCH DEMONSTRATION

SKBs 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 1995 (Ref. 2) och en granskningsrapport från SKI presenterades i maj 1996 (Ref. 3).

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 underlaget 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.





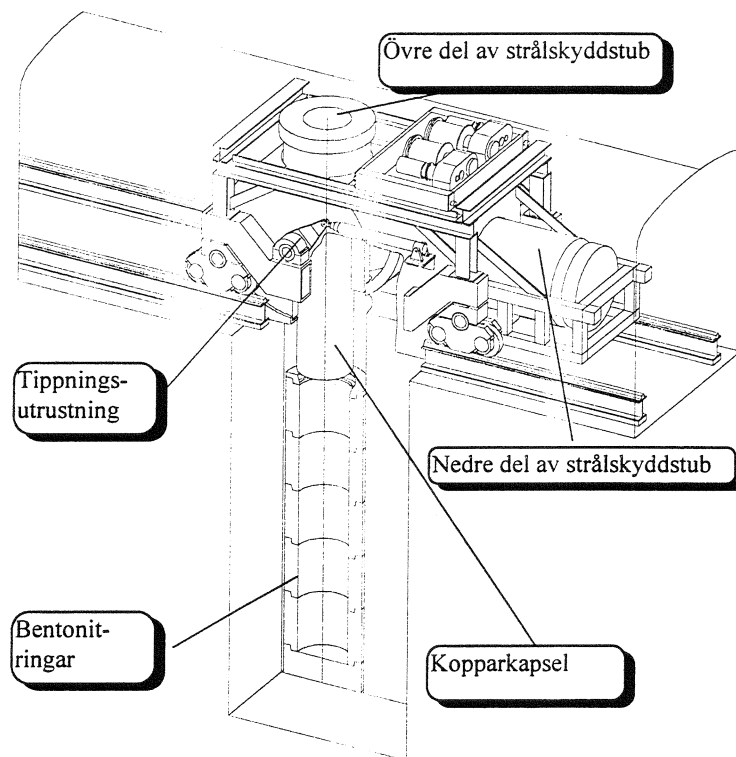
*Figur 2.2* Principskiss över Äspö-laboratoriet

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 och detaljprojekteringen av en deponeringsmaskin igångsatts. Figur 2.3 visar en skiss av maskinen i nuvarande utvecklingskede.

För att i full skala kunna testa och verifiera de valda lösningarna för hantering, föslutning och kontroll av kopparkapseln har SKB beslutat bygga ett kapsellaboratorium i Oskarshamn. Laboratoriet skall stå klart 1998. Provtillverkning av kapslar i full storlek har startat 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 tidplanen, t ex senarelagd deponering.

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



**Figur 2.3** Skiss av maskinen för nedsättning av kapsel

## 2.3 TRANSPORTSYSTEM

Transportsystemet är huvudsakligen baserat på sjötransporter och dess huvudkomponenter är ett fartyg, M/S Sigyn, transportbehållare och transportutrustningar vid kraftverk och övriga anläggningar. 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 1996/97 har totalt 2 500 ton bränsle transporterats från kärnkraftverken till CLAB och ca 21 100 m<sup>3</sup> låg- och medelaktivt avfall till SFR.

Vid transporterna används behållare som konstruerats för att fylla höga krav på strålskärning och tåla stora yttre påkänningar. Använt bränsle, hårdkomponenter och interna delar transporteras i cylindriska transportbehållare. En sådan transportbehållare rymmer 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 hårdkomponenter och 27 st strålskärmande behållare för medelaktivt avfall.

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.



*Figur 2.4* Terminalfordon med bränsletransportbehållare

Då lokaliseringen av djupförvaret för långlivat avfall ännu ej bestämts har i basscenariot antagits att ca 750 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 transportbehållare 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 reinvesteringsbehov, 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 inkapslingsanläggningen 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 kapaciteten i dessa bassänger ökats till ca 5 000 ton.

Vid årsskiftet 1996/97 fanns bränsle motsvarande 2 500 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 bergrum 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.

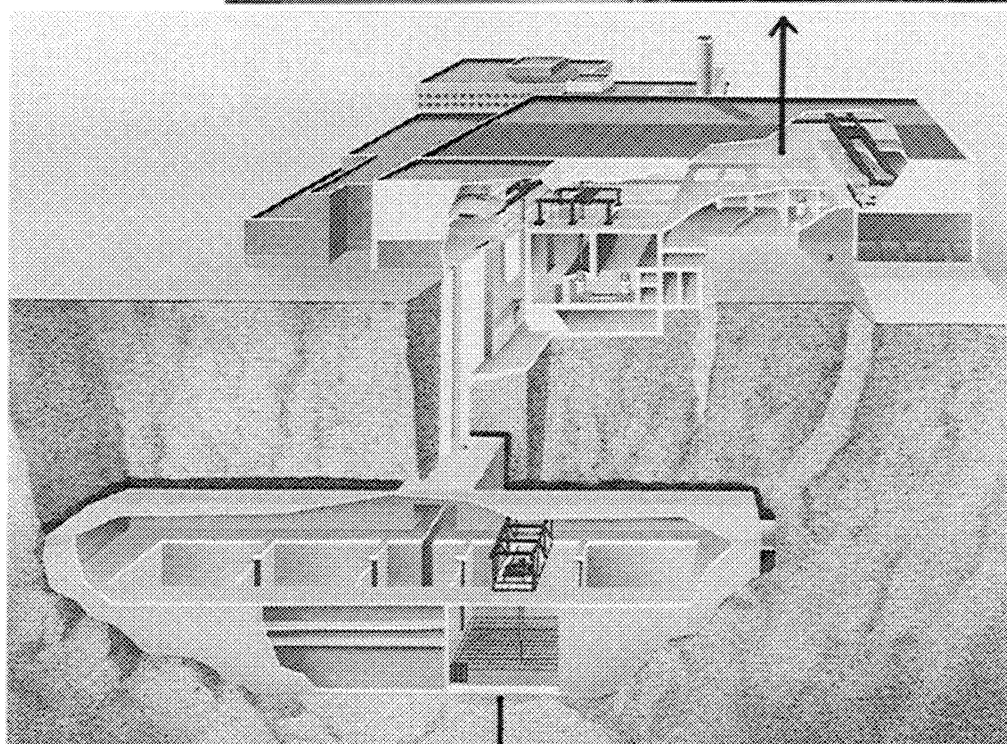
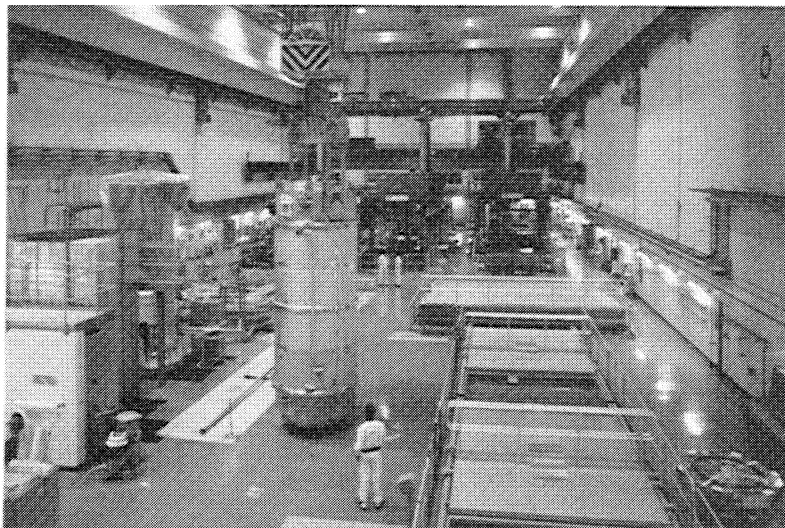
I början av 2000-talet kommer kapaciteten att byggas ut, så att allt bränsle från det svenska programmet skall kunna lagras i CLAB. Utbyggnaden av lagret görs genom att ett nytt bergrum byggs parallellt med det befintliga.

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.

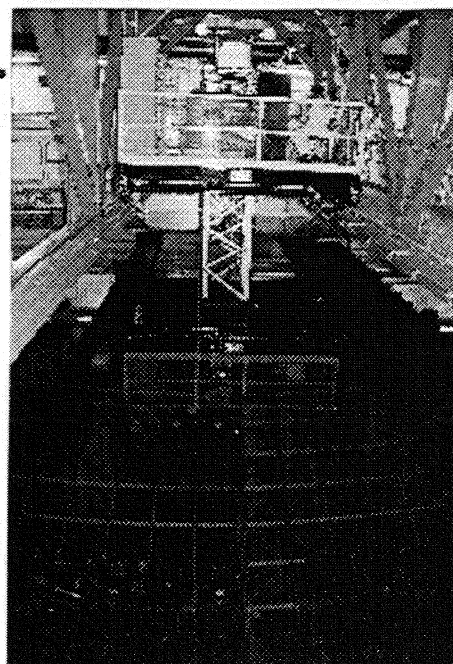
Sedan allt bränsle och övrigt avfall transporterats bort skall ovanjordsdelarna rivs liksom de delar av förvaringsbassängerna som har blivit aktiva. Det avfall som är radioaktivt sänds till djupförvaret.

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 transportbe-  
hållare i  
mottagningsdelen**



**Hantering av kassett  
i lagringsdelen**

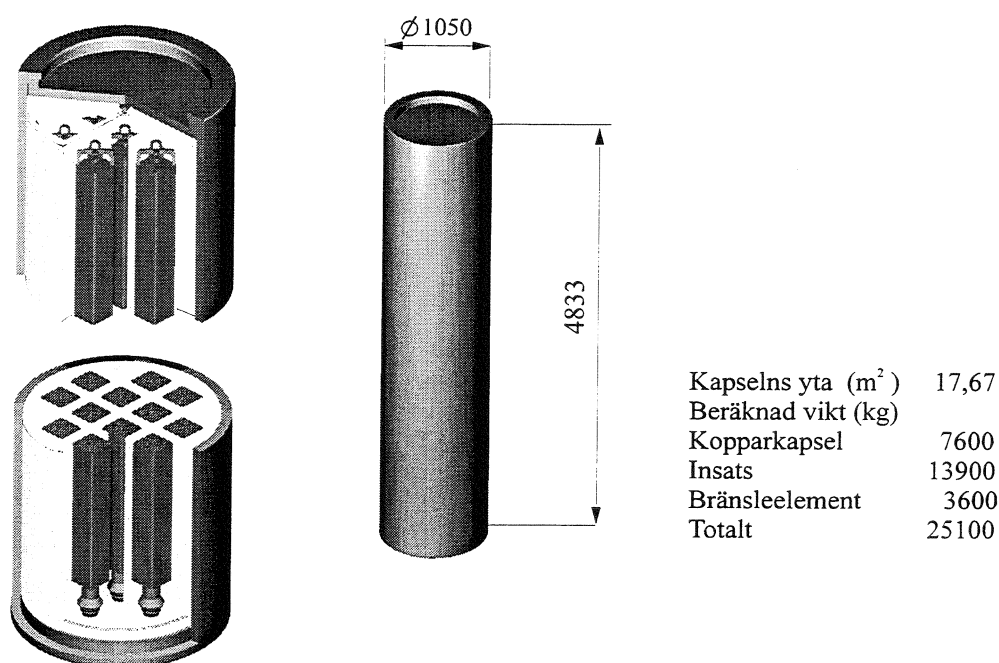


*Figur 2.5* CLAB etapp 1

## 2.5 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.

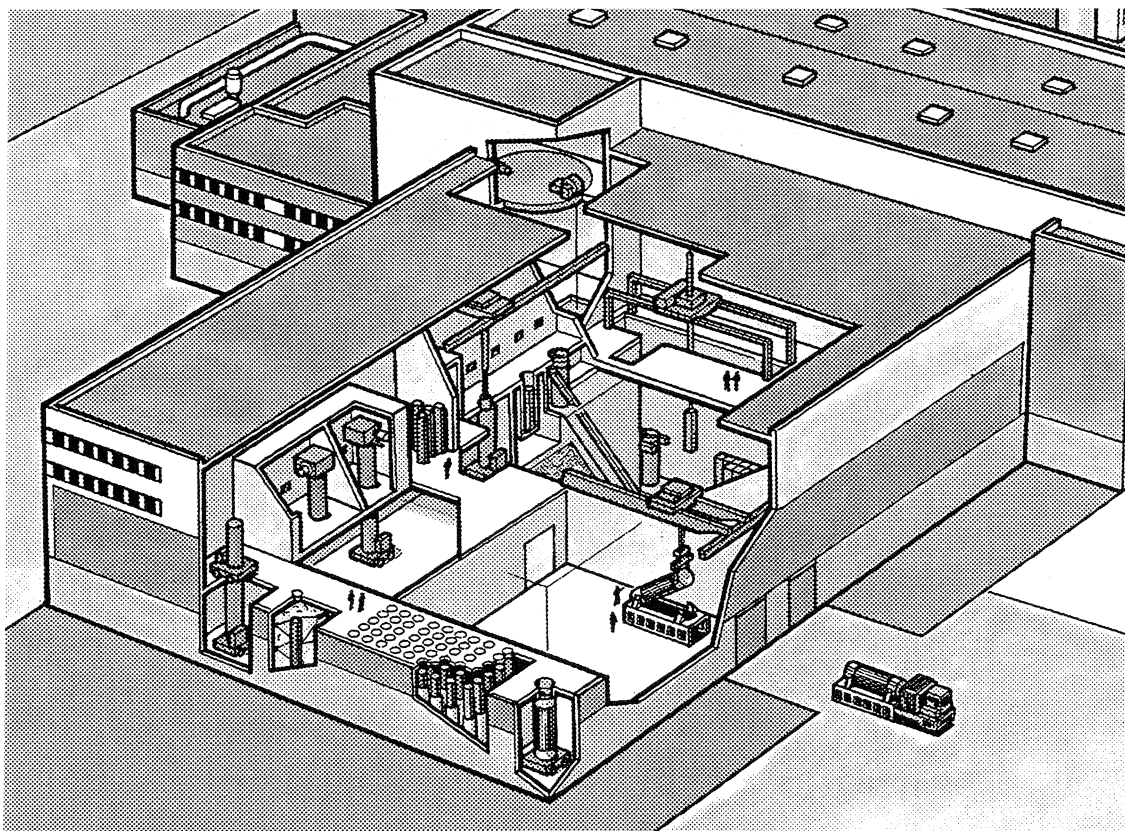
I FUD 95 föreslås kapseln bli utförd med en insats av stål, som ger mekanisk hållfasthet, och en yttre del av koppar, som ger korrosionsskydd, se Figur 2.6. Kapseln rymmer upp till 12 BWR-element med boxar eller 4 PWR-element. Det slutliga antalet element per kapsel beror på bränslets resteffekt vid deponeringen.



**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 strålskärmande transportbehållare.
- Hjälpsystem 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. Antalet kapslar beror av mängden bränsle och fyllnadsgraden i kapslarna. Den senare påverkas främst av den framtida utbränningsgraden av bränslet och maximalt tillåten temperatur på kapselytan.

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 2024, och pågår ca 15 år. Därefter kommer anläggningen att rivras.

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

## 2.6 DJUPFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL

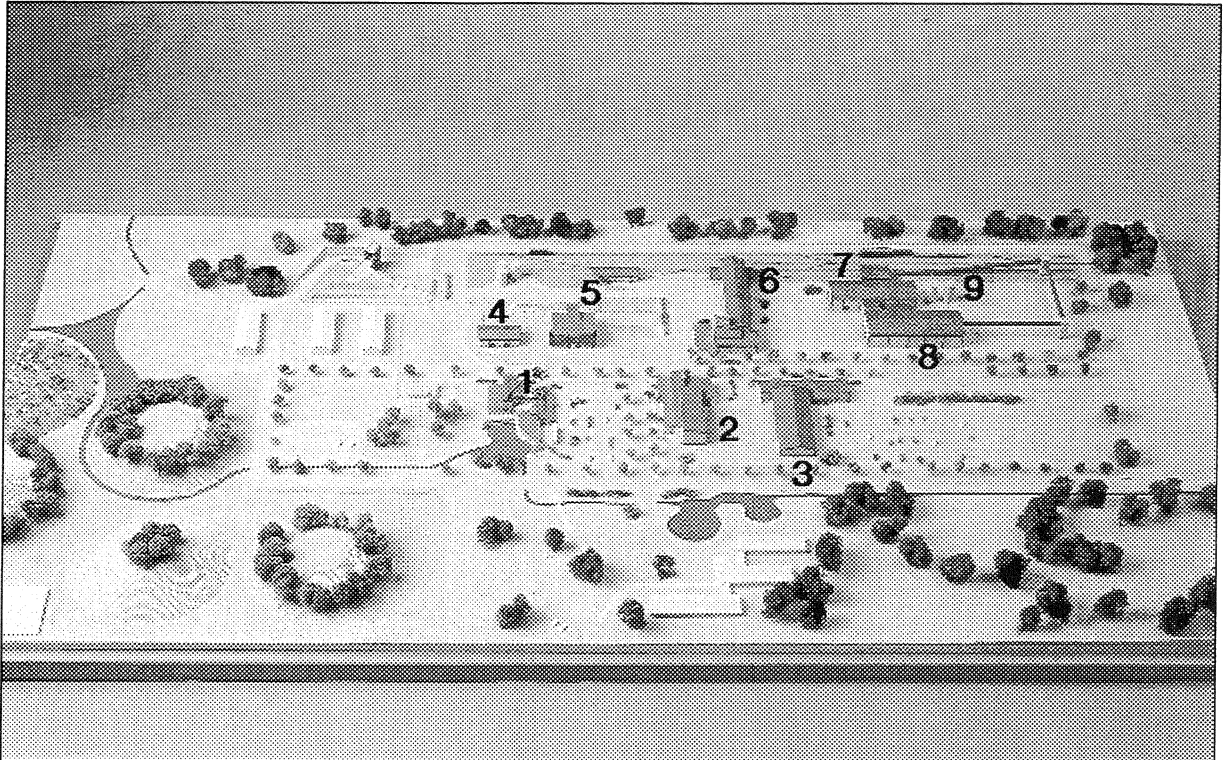
### **Yttre anläggningar och industriområde**

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 kostnads-kalkylen 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 95 stegvis med förstudier, platsundersökningar och detaljundersökningar. Kostnaderna för förstudier, platsundersökningar och detaljundersökningar redovisas under rubriken lokalisering för djupförvar - industriområde. Byggekostnaderna för detaljundersökningarna som innefattar en ramp ned till djupförvarsnivån redovisas dock under investering för djupförvar - bränsle.

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 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.

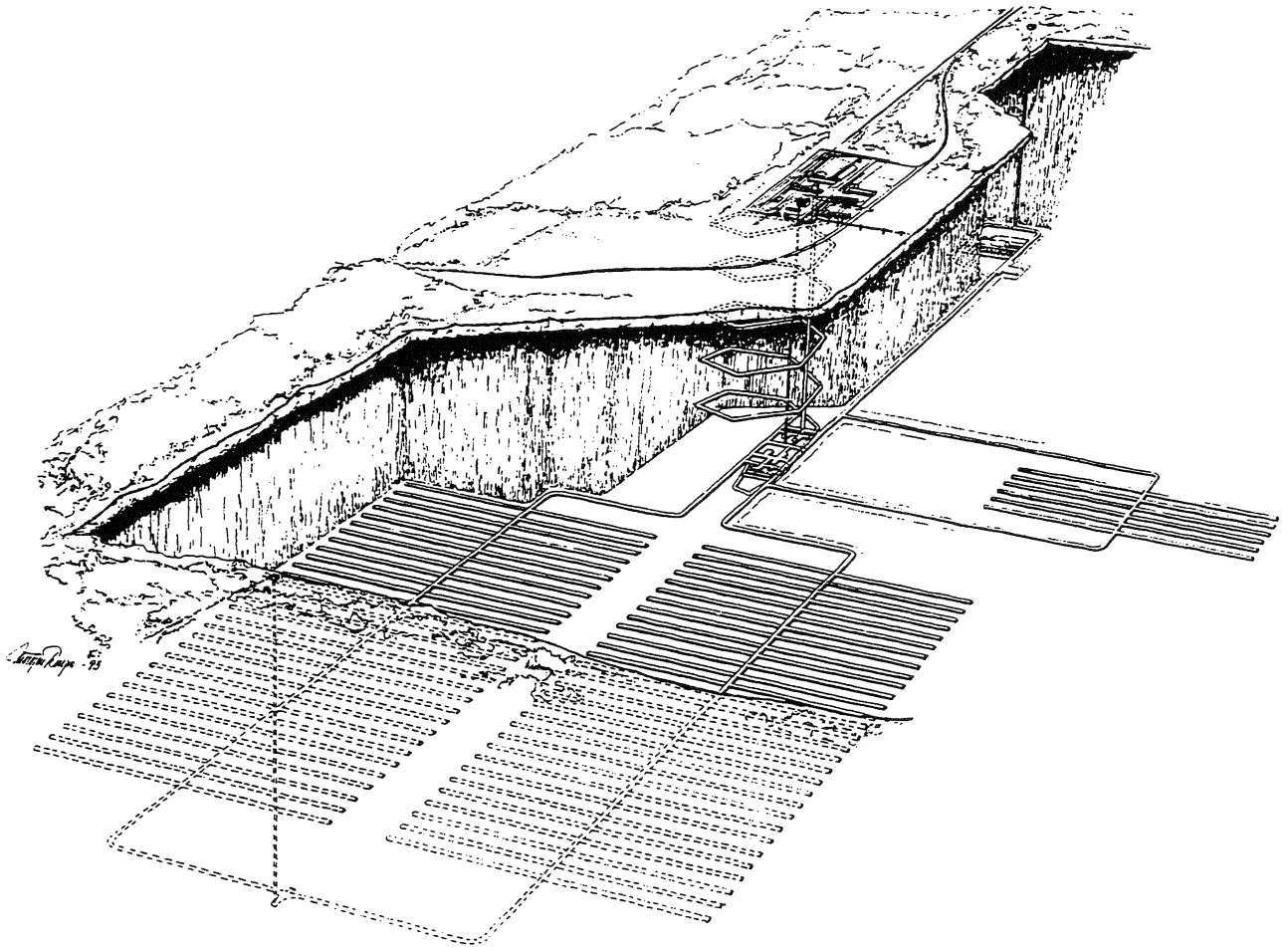
### **Djupförvar för använt bränsle**

Djupförvaret för använt bränsle planeras, enligt FUD 95, att ligga ca 500 m under markytan. Förvarsdjupet varierar i kostnadsberäkningen mellan 400 och 700 m. Förvarsområdena kommer att nås via hiss och 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 platsspecifika 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 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 och transporteras till aktuell deponeringstunnel. Där förs den liggande kapseln över till deponeringsmaskinen. Se Figur 2.3.

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 till vertikalläge och sänks ned i hålet, varefter resterande kompakterade bentonitringar och bentonitblock över kapseln placeras i deponeringshålet med hjälp av samma hanteringsutrustning. 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 resp 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. Förslutningen av deponeringstunnlarna sker successivt i takt med att deponeringen framskrider. Efter avslutad deponering och förslutning 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 kostnader för att bygga, driva och försluta anläggningen.

Vidare påverkas djupförvarets drifttid av andra variationer som påverkar tidplanen 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 bränsleförvaret 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. Vid

utformningen av denna förvarsdel behöver hänsyn ej tas till temperatur-effekter eftersom värmeavgivningen är obetydlig.

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 inkapslingsanläggning 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 ungerfär 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 sker i samband med förslutning av förvaret.

Förvaret för härdkomponenter 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 inkapslingsanläggning, transportbehållare m m, som skall slutlagras i ett sent skede, placeras i detta förvar innan förslutningen av anläggningen görs.

Förvaret i sin helhet planeras med en viss utbyggnadsreserv.

## 2.7 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 härdkomponenter m m förutsätts i denna utredning ej komma till utförande utan är ersatt av ett förvar i anslutning till djupförvaret.

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 rymma 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 betong. Utrymmet 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.

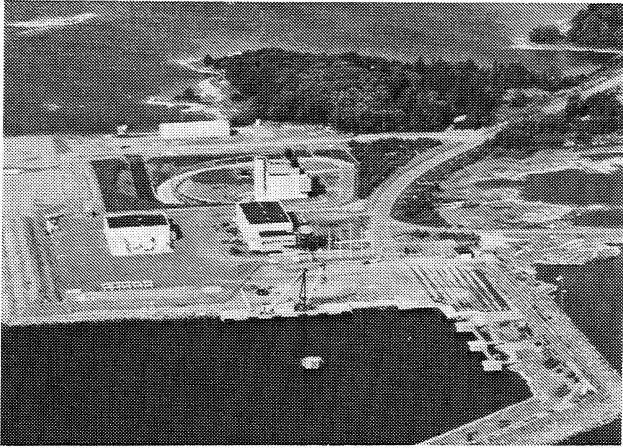
Vid årsskiftet 1996/97 hade ca 21 100 m<sup>3</sup> avfall deponerats i SFR.

### **SFR 3**

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

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

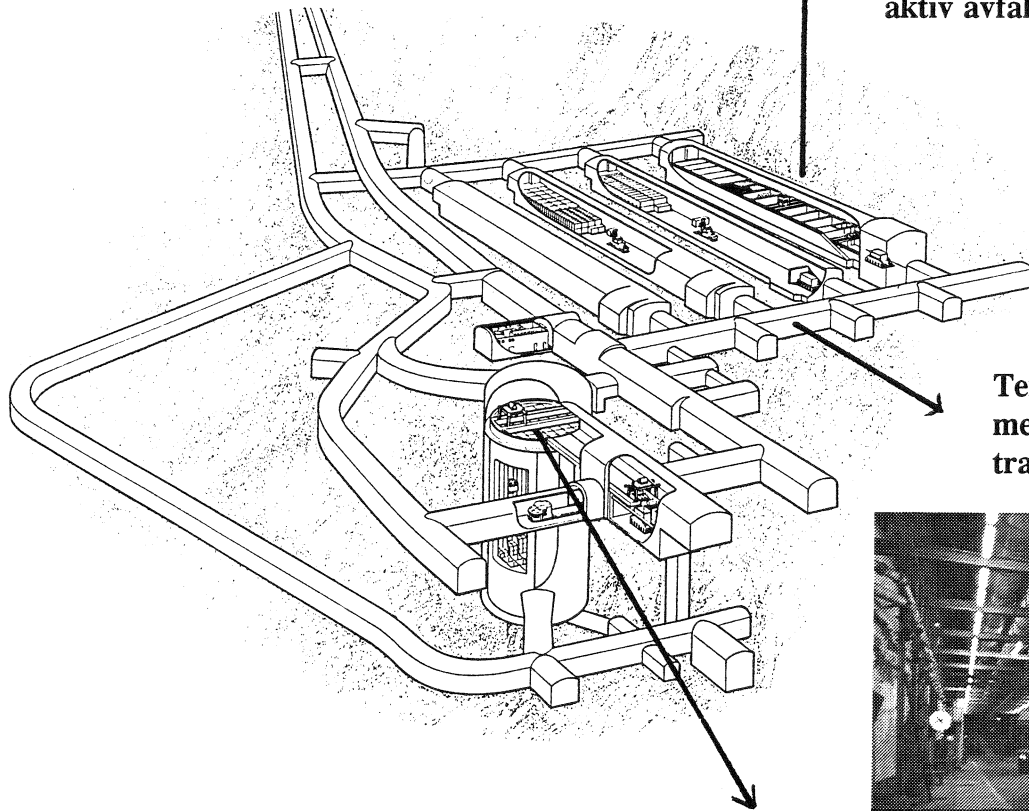
SFR 1 och SFR 3 omfattas endast av mindre variationer i kostnader för drift, försegling och rivning. SFR 3 varierar även med avseende på avfallsvolymer vid rivningen.



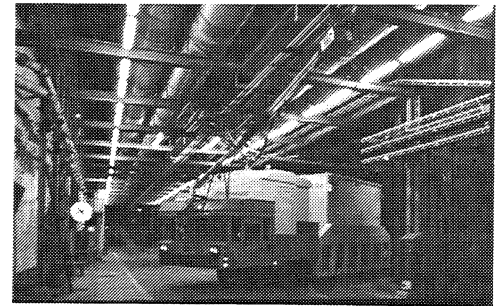
Vy över ovanjordsdelen



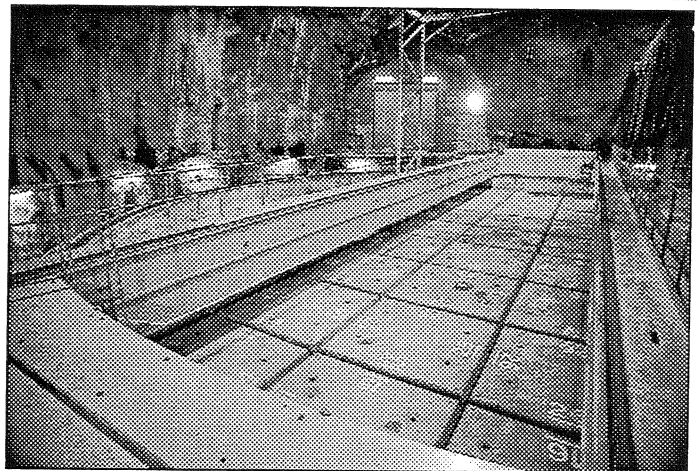
Vy över lager för medel-aktiv avfall



Terminalfordon med avfalls-transportbehållare



Vy över silotopp



Figur 2.10 SFR 1

## 2.8 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).

Tidplanen 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. Här antas dock att verken rivs tidigt.

Med hänsyn till resursutnyttning 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 bli mellanlagrat i CLAB under ca 20-30 år, 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 50 %, vilket motsvarar 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

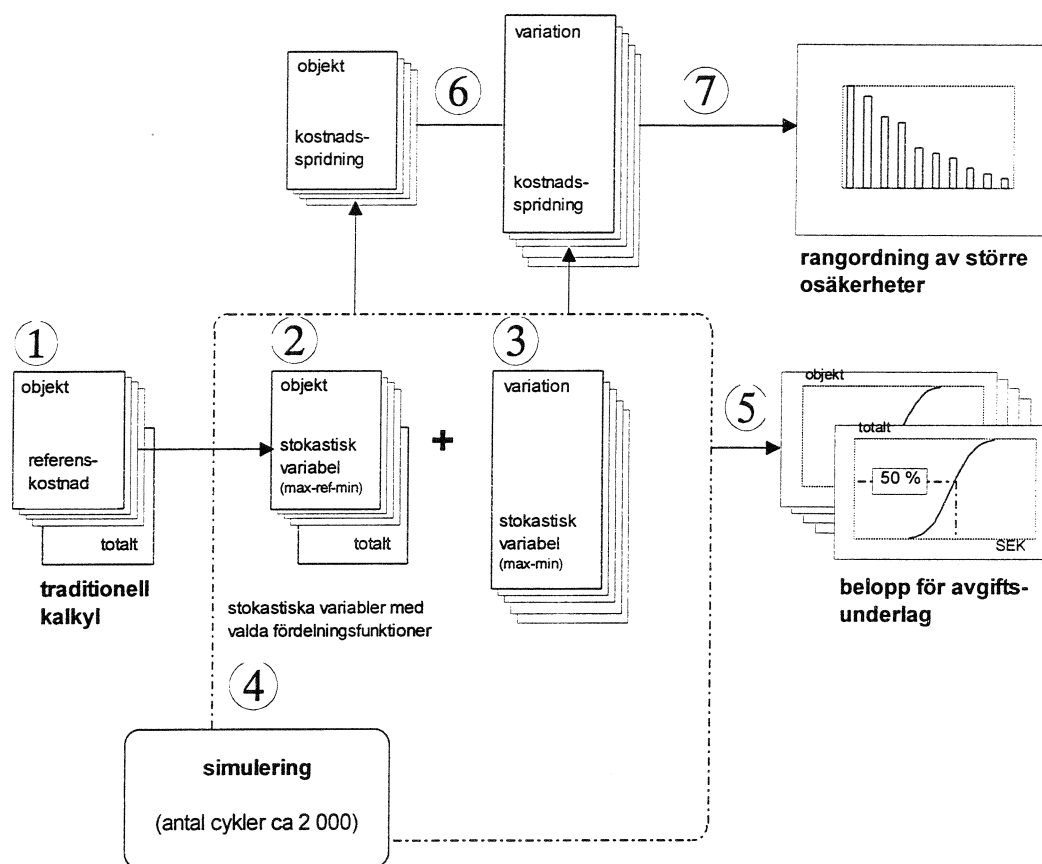
För beräkningen av avgiftsunderlaget tillämpas en statistisk beräkningsmetodik som tar hänsyn till de variationer och osäkerheter som naturligt finns med vid bedömningen av kostnaden för ett projekt, speciellt i ett tidigt skede. Metoden utgår från en kalkylprincip benämnd "Successiv kalkylering" (Ref.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



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

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

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), tex ändrad tidplan eller ändrat antal kapslar. Alternativt kan de påverka enbart enskilda kalkylobjekt (2), tex 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 kostnadsposterna och variationerna. Denna beräkning upprepas i tillräckligt många cykler (ca 2 000) för att säkerställa att slutresultatet 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. 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 tidplanepåverkan 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 (eller minst t o m 1998). Kostnaderna för alternativen drift 40 år respektive drift t o m 1997, som ger underlag för grundbeloppet, erhålls genom relativt enkla marginalkostnadsberäkningar med den förra kalkylen som bas. Även beräkningen av inverkan av vald utnyttjningsfaktor har gjorts på detta sätt.

Underlaget för tilläggsbeloppet beräknas på samma sätt som avgiftsunderlagsbeloppet. Här inkluderas dock större system- och tidplanemässiga 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 (utformning, 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.

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

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

Två typer av variationer särskiljs. Dels sådana som påverkar ett flertal objekt, s k yttre variationer. Till dessa hör t ex tidplane- 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
- teknik
- lokalisering
- tidplaneberoenden
- kalkylförutsättningar övrigt
- objektspecifika variationer

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

#### *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 varieras bland annat genom att kapseln deponeras som ett paket tillsammans med bentoniten.
- Material och metod för förslutning av djupförvaret varieras mellan enbart bergkross respektive sand/bentonitfyllning. Detta påverkar förslutningskostnaderna för flera förvarsdelar.

#### *Lokalisering*

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

#### *Tidplaneberoenden*

- Förskjutningar i starttidpunkten för inkapsling och deponering (tidigareläggning 4 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.
- 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 (37 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 varierar med  $\pm 30\%$ . Detta är ett något mindre intervall än i förra årets kalkyl vilket sammanhänger med att erfarenheter av kapseltillverkning i full skala har erhållits under året.
- Kostnad för rivning av kärnkraftverk varierar huvudsakligen med hänsyn till personalbehov och metodutveckling, sammantaget ca  $-20\%$  /  $+40\%$ .

## 4. KOSTNADSREDOVISNING

### 4.1 ALLMÄNT

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

I redovisningen särskiljs nedlagda kostnader till och med 1997 och framtida kostnader. De framtida kostnaderna är beräknade i prisnivån januari 1997. 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 deponerings-skedet, 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 eller minst till och med 1998. 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 avfallshanteringssystemet enligt basscenariot. Kostnaderna delas upp per objekt och kostnadsslag. De totala framtida kostnaderna från och med 1998 uppgår till 44,9 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 1998 uppgår till 43,9 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 20 åren.

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



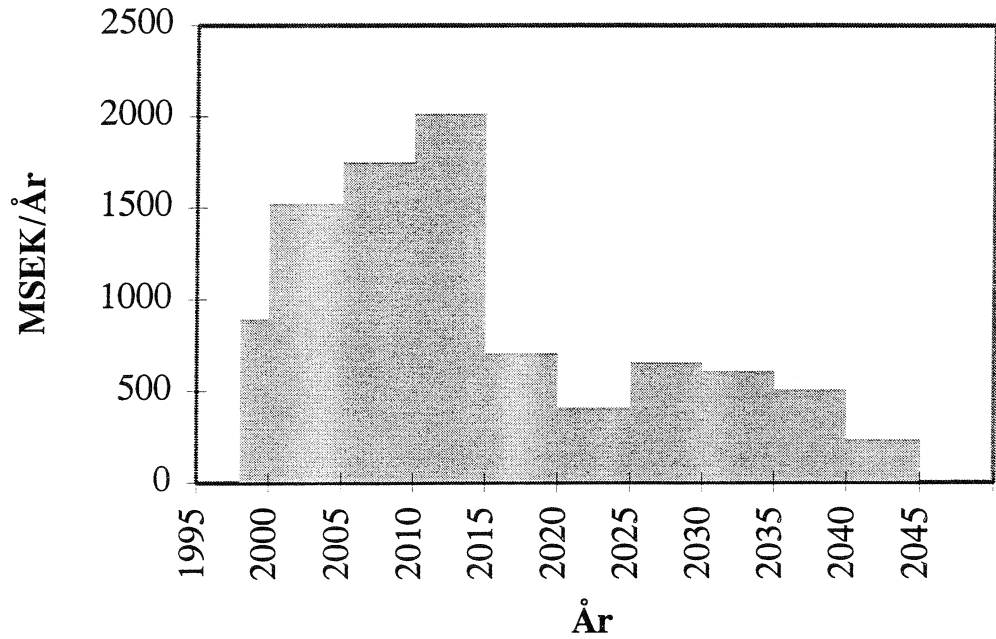
**Tabell 4.1** Sammanställning av framtida kostnader (MSEK) fr o m 1998. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1998. Prisnivå januari 1997.

Objekt	Kostnadsslag	Totala fram- tida kostnader	Summa fram- tida kostnader per objekt	Framtida kost- nader enligt finansierings- lagen 1)
SKB - adm och FUD	-	3 100	3 100	3 100
Transport	reinvestering	920		
	drift	930	1 800 *	1 600
Rivning kkv	avställningsdrift	2 300		
	rivning	10 600	12 900	12 900
CLAB	investering	710		
	reinvestering	820		
	drift	3 400		
	rivning	350	5 300 *	5 300
Inkapslings- anläggning	investering	2 100		
	drift + reinvestering	4 400		
	rivning	170	6 700 *	6 700
Djupförvar - yttre anläggningar	investering	1 130		
	drift + reinvestering	130	1 300 *	1 300
Djupförvar - industriområde	lokalisering	1 900		
	investering	1 800		
	drift + reinvestering	1 800		
	rivning	150	5 600 *	5 600
Djupförvar - bränsle	investering	3 000		
	drift + reinvestering	720		
	rivning + försegling	2 200	5 900 *	5 900
Djupförvar - övrigt	investering	400		
	drift	30		
	rivning + försegling	110	540 *	350
SFR 1	drift + reinvestering	460		
	rivning + försegling	110	570 *	20
SFR 3	investering	430		
	drift + reinvestering	220		
	rivning + försegling	60	710 *	690
Upparbetning <sup>2)</sup>		540	540	540
<b>Totalt</b>		<b>44 900</b>	<b>44 900</b>	<b>43 900</b>

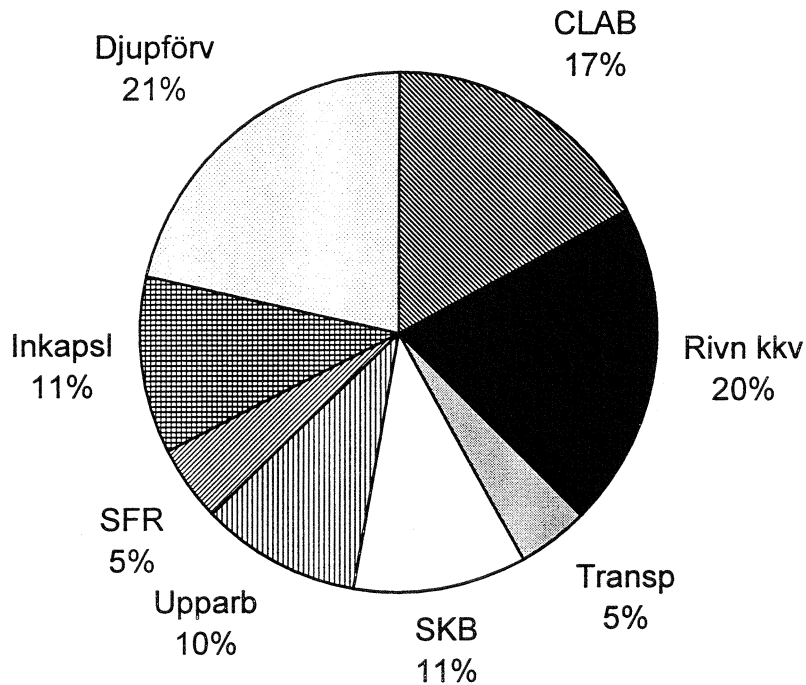
\* Innefattar även kostnader utanför finansieringslagen

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

2) Kostnader för upparbetning inkluderar kostnader vid BNFL

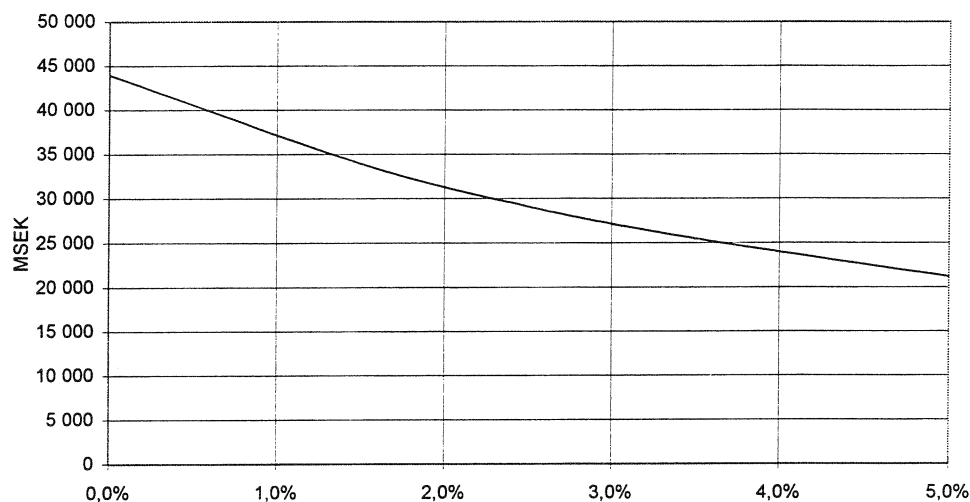


**Figur 4.1** Sammanställning av framtida kostnader enligt finansieringslagen fördelade i tiden. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1998. Prisnivå januari 1997



**Figur 4.2** Fördelning av den totala kostnaden (nedlagda och framtida) för alternativet drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1998. Prisnivå januari 1997

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



**Figur 4.3** Totala framtida kostnader enligt finansieringslagen som funktion av real kalkylränta. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1998. Prisnivå januari 1997

#### 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 1997-12-31. 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 2,2 miljarder kronor, dvs till sammanlagt 42,7 miljarder kronor. Största minskningen erhålles för Forsmark med 960 miljoner kronor.

Då rivningen i sin helhet tidigareläggs i förhållande till basscenariot ökar dock den nuvärdesberäknade kostnaden med stigande realränta.

## 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 erhålles 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 totala framtida kostnaderna från och med 1998 uppgår till 51,8 miljarder kronor. En kostnadsjämförelse görs även i tabellen med 25 års drift av samtliga reaktorer.

**Tabell 4.2** Sammanställning av totala framtida kostnader (MSEK) fr o m 1998. Drift av samtliga reaktorer i 40 år. Prisnivå januari 1997. Jämförelse med 25 års drift.

Objekt	25 års drift	40 års drift
SKB - adm o FUD	3 100	3 100
Transport	1 800	2 100
Rivning kärnkraftverk	12 900	12 900
CLAB	5 300	6 300
Inkapslingsanläggning	6 700	9 100
Djupförvar -yttre anläggning	1 300	1 300
Djupförvar -industriområde	5 600	6 300
Djupförvar - bränsle	5 900	7 500
Djupförvar - övrigt	540	670
SFR 1	570	1 300
SFR3	710	710
Upparbetning	540	540
<b>Total</b>	<b>44 900</b>	<b>51 800</b>

**70% utnyttjningsfaktor**

Vid drift i 25 år medför en ändring av den framtida utnyttjningsfaktorn från 80% till 70% att energiproduktionen minskar med ca 70 TWh och att den totala bränsleförbrukningen minskar med ca 250 tonU.

De totala framtida kostnaderna från och med 1998 vid 70% utnyttjningsfaktor och 25 års drift uppgår till 44,5 miljarder kronor.

#### 4.5 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER

Tabell 4.3 redovisar nedlagda kostnader till och med 1996 i löpande prisnivå, exklusive räntor, samt 1997 års budgeterade kostnader.

**Tabell 4.3** Nedlagda och beräknade kostnader t o m 1997  
MSEK löpande penningvärde

Objekt	Kostnadsslag	Nedlagda kostnader t o m 1996	Beräknade kostnader 1997	Totalt t o m 1997
SKB (FUD, info, adm)	--	2 300	246	2 550
Kapselutveckling	--	30	23	50
Transport	investering	260	7	270
	drift	330	20	350
CLAB	investering	1 750	32	1 780
	drift	1 170	80	1 250
SFR 1	investering	740	4	740
	drift	240	26	270
Upparbetning	--	3 280		3 280
Inkapslingsanläggning	investering	110	97	210
Djupförvar	investering	210	95	310
<b>Totalt</b>		<b>10 420</b>	<b>630</b>	<b>11 050</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, tidplan, 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 kapitel 3.3.

### Variationer ingående speciellt i beräkning av tilläggsbelopp

#### *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 tidplanen 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 varieras. 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.

*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.

*Tidplaneberoenden*

- Den överordnad tidplanestrategin 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 tidplanen 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 tidplanen 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 förslutning.
- Rivningen av kärnkraftverken senareläggs med upp till 25 år.

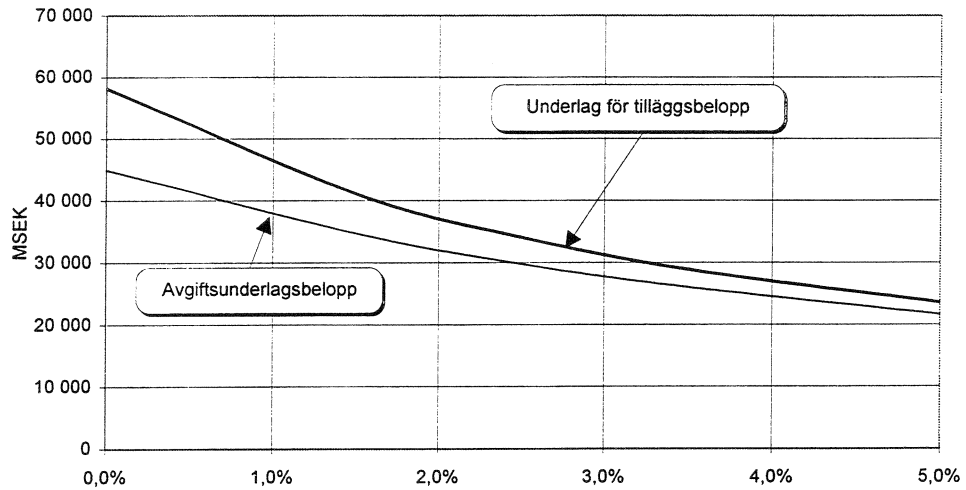
*Kalkylförutsättningar övrigt*

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

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

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 som funktion av real kalkylränta. Drift av samtliga reaktorer 25 år eller minst t o m 1998. Prisnivå januari 1997



**REFERENSER**

- Ref. 1      KBS 3  
Kärnbränslecykelns slutsteg  
Använt kärnbränsle, Del I-IV  
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB  
Maj 1983
- Ref. 2      SKB FUD-Program 95  
Kärnkraftavfallens behandling och slutförvaring  
Program för inkapsling, geologisk djupförvaring samt  
forskning, utveckling och demonstration  
September 1995.
- Ref. 3      SKI:s utvärdering av SKB:s FUD-program 95  
SKI Rapport 96:49  
Maj 1996
- 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, eller minst tom 1998, av samtliga kkv

Avfallskategori	Avfallsenheternas dimensioner i m d = diameter (Dimensioner före inkapsling för slutdeponering)	Antal kolti	Antal transportenheter B-behållare/ container	Volym i slutlager m <sup>3</sup>	Sluttransporteras
Använt BWR-bränsle	0,14*0,14 *4,383	26 800	2 230		
Använt PWR-bränsle	0,21*0,21*4,103	3 100	790	12 800	SFL 2
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)	Diverse	641	35		
Härdkomponenter	1,2*1,2*4,8	600	600	9 500	SFL 5
Reaktorernas interna delar	1,2*1,2*4,8	770	770		
Driftavfall från CLAB till silo	1,2*1,2*1,2	900 1 700	80 425	1 600 2 900	SFR 1 SFL 3
Driftavfall från CLAB till bergsal	1,2*1,2*1,2	230	20	400	SFR 1
Avfall från Studsvik till silo *)	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2	3 750 690 2 250 550	50 60 140 140	1 200 1 200 700 1 000	SFR 1 SFR 1 SFL 3 SFL 3
Avfall från Studsvik till bergsal *)	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont.	8 750 690 200	150 60 200	2 800 1 200 7 600	SFR 1 SFR 1 SFR 1
Driftavfall från inkapslings- anläggningen till silo	1,2*1,2*1,2	250	60	400	SFL 3
Driftavfall från kärnkraft- verken till silo	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2	2 730 6 990	40 580	900 12 100	SFR 1 SFR 1
Driftavfall från kärnkraft- verken till bergsal	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont. 3,3*1,3*2,15	14 710 4 660 610 890	280 390 610 300	4 800 8 100 23 000 8 200	SFR 1 SFR 1 SFR 1 SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraft- verken till bergum	ISO-cont. mm	6 000	6 000	144 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till bergum	ISO-cont.	100	100	3 800	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen till bergum	2,4*2,4*2,4 Lagringskassetter	140 1 900	140 210	2 000 5 300	SFL 4 SFL 4
Transportbehållare		37	37	200	SFL 4
<b>Summa ca</b>		<b>91 000</b>	<b>14 500</b>	<b>255 700</b>	

\*) Inkl totalt ca 3 500 m<sup>3</sup> avfall inom kkv ansvarsområde

Använt bränsle och radioaktivt avfall vid 40 års drift av samtliga kkv

Avfallskategori	Avfallsenheternas dimensioner i m d = diameter (Dimensioner före inkapsling för slutdeponering)	Antal kolli	Antal transportenheter B-behållare/ container	Volym i slutlager m3	Sluttransporteras till
Använt BWR-bränsle	0,14*0,14 *4,383	39 200	3 270		
Använt PWR-bränsle	0,21*0,21*4,103	4 900	1 230	18 900	SFL 2
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)	Diverse	641	35		
Hårdkomponenter	1,2*1,2*4,8	850	850	11 200	SFL 5
Reaktorernas interna delar	1,2*1,2*4,8	770	770		
Driftavfall från CLAB till silo	1,2*1,2*1,2	1 500 2 400	130 600	2 600 4 100	SFR 1 SFL 3
Driftavfall från CLAB till bergsal	1,2*1,2*1,2	380	30	660	SFR 1
Avfall från Studsvik till silo *)	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2	3 750 690 2 250 550	50 60 140 140	1 200 1 200 700 1 000	SFR 1 SFR 1 SFL 3 SFL 3
Avfall från Studsvik till bergsal *)	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont.	8 750 690 200	150 60 200	2 800 1 200 7 600	SFR 1 SFR 1 SFR 1
Driftavfall från inkapslingsanläggningen till silo	1,2*1,2*1,2	400	100	680	SFL 3
Driftavfall från kärnkraftverken till silo	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2	4 420 11 320	60 940	1 400 19 600	SFR 1 SFR 1
Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	d=0,6 L=0,9 1,2*1,2*1,2 ISO-cont. 3,3*1,3*2,15	23 830 7 550 980 1 440	460 630 980 480	7 720 13 050 37 310 13 280	SFR 1 SFR 1 SFR 1 SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till bergrum	ISO-cont. mm	6 000	6 000	144 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till bergrum	ISO-cont.	100	100	3 800	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen till bergrum	2,4*2,4*2,4 Lagringskassetter	180 2 600	180 290	2 400 7 300	SFL 4 SFL 4
Transportbehållare		37	37	200	SFL 4
Summa ca		126 000	18 000	303 900	

\*) Inkl totalt ca 3 500 m3 avfall inom kkv ansvarsområde