



SKB

**KÄRNKRAFTENS
SLUTSTEG**

PLAN 88

Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Juni 1988



Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Juni 1988

FÖRORD

Enligt "lag om finansiering av framtida utgifter för använt kärnbränsle m m" (1981:669 med ändring 1984:5) åligger det reaktorinnehavarna att upprätta en beräkning över kostnaderna för samtliga de 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 sjunde årliga redovisningen, ger en uppdaterad sammanställning av erforderliga kostnader.

Stockholm i juni 1988

Svensk Kärnbränslehantering AB



Sten Bjurström
VD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

	<u>Sid</u>
1. FÖRUTSÄTTNINGAR	1
1.1 ALLMÄNT	1
1.2 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER	2
1.3 PRINCIPER FÖR AVFALLS- HANTERINGSSYSTEMET	4
2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM	5
2.1 ALLMÄNT	5
2.2 FORSKNING OCH UTVECKLING	6
2.3 TRANSPORTSYSTEM	8
2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB	9
2.5 BEHANDLINGSSTATION FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, BS	11
2.6 SLUTFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL, SFL	12
2.7 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR	15
2.8 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK	17
3. KOSTNADER	18
3.1 ALLMÄNT	18
3.2 BERÄKNINGSMETOD	18
3.3 REDOVISNING AV FRAMTIDA KOSTNADER	19
3.4 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER	22
3.5 MARGINALKOSTNADER	23
REFERENSER	24
Bilaga 1	Använt bränsle och radioaktivt avfall i Sverige

SAMMANFATTNING

Kärnkraftföretagen 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 erfordras. 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.

Då slutlagringen av det högaktiva (långlivade) avfallet skall påbörjas först en bit in på 2000-talet kan den fortsatta FoU-verksamheten visa på nya metoder, vilka kan påverka såväl systemutformning som kostnader. Detta bedöms totalt sett leda till förenklingar i utförandet.

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:

- Behandlingsstation för använt kärnbränsle.
- Slutförvar för långlivat avfall.
- Slutförvar för rivningsavfall.

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

De totala framtida kostnaderna för det svenska avfallssystemet från och med 1989 har beräknats bli 40,7 miljarder kronor i prisnivå januari 1988. Dessa kostnader utfaller under ca 60 år. Till och med 1988 har 6,6 miljarder kronor i löpande penningvärde lagts ned.

FÖRKORTNINGAR

BS	behandlingsstation för använt bränsle och hårdkomponenter
BWR	kokarreaktor (ABB-ATOM)
CLAB	centralt mellanlager för använt bränsle
GA	gemensamma anläggningar
GD	gemensamma delar
KKV	kärnkraftverk
PWR	tryckvattenreaktor (Westinghouse)
SFL	slutförvar för långlivat avfall
SFL 2	- för använt bränsle
SFL 3	- för långlivat avfall från Studsvik samt visst driftavfall från CLAB (fr o m 2012) och behandlingsstation
SFL 4	- för rivningsavfall från mellanlager och behandlingsstation
SFL 5	- för hårdkomponenter m fl aktiva metalldelar
SFR 1	slutförvar för låg- och medelaktivt avfall
SFR 3	slutförvar för rivningsavfall från kärnkraftverken
SKI	statens kärnkraftinspektion
SKN	statens kärnbränslenämnd
SSI	statens strålskyddsinstitut

1. FÖRUTSÄTTNINGAR

1.1 ALLMÄNT

SKB upprättar varje år på uppdrag av kärnkraftföretagen en beräkning över kostnaderna för samtliga åtgärder, som behövs för att omhänderta använt kärnbränsle och radioaktivt avfall från de svenska kärnreaktorerna. Beräkningarna baseras på ett scenario för energiproduktion, avfallsmängder och erforderliga åtgärder, som presenteras i denna rapport. Kostnadsberäkningen redovisas till statens kärnbränslenämnd (SKN) som har att föreslå regeringen den avgift för omhändertagande av kärnkraftens radioaktiva restprodukter, som skall uttas på kärnkraftproducerad el.

Förutsättningarna för kostnadsberäkningarna har valts så, att de framtida kostnaderna inte skall underskattas. Det presenterade avfallshanteringsystemet har baserats på KBS-3-metoden (ref. 1), vilken granskats i samband med laddningsansökan för Forsmark 3 och Oskarshamn 3 och befunnits uppfylla högt ställda krav vad gäller säkerhet och strålskydd.

Genom fortsatt forskning och utveckling inom avfallsområdet är det troligt att förenklingar kan införas i slutförvarssystemet. Övrig teknisk utveckling verkar också i samma riktning. I kostnadsberäkningarna tas inte hänsyn till dessa faktorer.

Anläggningar, för vilka beslut om lokalisering ännu ej fattats, har i kostnadsberäkningen antagits bli placerade i inlandet. Transporterna av avfallet antas ske med fartygstransport till närmaste hamn och därefter med järnväg.

För att dimensionera lager 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. En förtida avveckling av reaktorer minskar avfallsmängden och levererad elmängd. Riksdagen har föreslagit en förtida avveckling av två reaktorer 1995/96. Slutligt ställningstagande i frågan kommer tidigast att tas år 1990. För att erhålla en största omfattning av systemet inom gällande riksdagsbeslut är årets rapport baserad på samma avfalls- och bränslemängder som föregående års rapport (ref. 7).

Finansieringslagen behandlar endast de kostnader, som är hänförliga till omhändertagande av använt kärnbränsle och avfall som härrör från detta, 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 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER

Energiproduktionen i de svenska kärnkraftverken var under 1987 totalt 64 TWh, vilket motsvarar en energiutnyttjningsfaktor på 76 %. Under 1986 var energiutnyttjningsfaktorn 79 %. Vid beräkning av förväntad framtida energiproduktion används utnyttjningsfaktorerna 78 % för BWR resp 73 % för PWR. De verkliga utnyttjningsfaktorerna förväntas emellertid komma att ligga högre. De angivna värdena har valts för att ta hänsyn till eventuella störningar i framtiden. Samma värden används för övrigt vid planering av framtida utbyggnader av kraftproduktion (ref. 2).

Som nämnts baseras dimensioneringen av avfallssystemet på samma mängd avfall som användes i fjorårets rapport, d v s ca 7 800 ton uran, varav 6 000 ton uran från BWR och 1 800 ton uran från PWR. Beräkningsmässigt motsvarar det att reaktorerna drivs till år 2010 med nuvarande effektnivå. Den totala elproduktionen skulle i detta fall bli 1 960 TWh. Elproduktion och bränsleförbrukning per reaktorblock har sammanställts i Tabell 1.1.

Tabell 1.1 Elproduktion och bränsleförbrukning för de svenska kärnkraftverken

Reaktor och datum för kommersiell drift	Termisk effekt MW	Nettoeffekt MW	Energiproduktion TWh			Uranförbrukning ton U	
			t o m 1987	per år fr o m 1988	Totalt	Uttaget t o m 1987	Totalt
B1 75-07-01	1800	595	46.761	4.07	140	194	598
B2 77-07-01	1800	595	42.779	4.07	136	178	583
R1 76-01-01	2270	750	50.729	5.13	169	173	705
R2 75-05-01	2432	800	52.840	5.12	170	155	605
R3 81-09-09	2775	915	31.229	5.86	166	91	593
R4 83-11-21	2775	915	26.033	5.86	161	81	579
O1 72-02-06	1375	440	42.362	3.01	112	182	514
O2 74-12-15	1800	595	50.507	4.07	144	198	607
O3 85-08-15	3020	1050	19.284	7.18	184	31	700
F1 80-12-10	2928	972	45.575	6.65	199	155	810
F2 81-07-07	2928	972	40.276	6.65	193	117	775
F3 85-08-22	3020	1050	19.259	7.18	185	31	699
BWR	20941	7019	357.532	47.99	1462	1259	5991
PWR	7982	2630	110.102	16.83	497	327	1777
Samtliga	28923	9649	467.634	64.82	1959	1586	7768

Utnyttjningsfaktor för BWR = 0.78

Utnyttjningsfaktor för PWR = 0.73

Utbränningsgrad för BWR: 1988-90 33 MWd/kgU Efter 1990 38 MWd/kgU

Utbränningsgrad för PWR: 1988-90 38 MWd/kgU Efter 1990 41 MWd/kgU

Huvuddelen av det använda bränslet kommer att mellanlagras i CLAB i ca 40 år och därefter direktdeponeras. Endast 140 ton uran planeras bli upparbetat hos BNFL, varifrån inget avfall återsänds. Ingen upparbetning planeras ske av svenskt bränsle hos Cogema. Ekonomiska förpliktelser kvarstår dock och ingår i denna kalkyl.

Utöver det bränsle som anges i Tabell 1.1 kommer 24 ton västtyskt Mox-bränsle samt ca 20 ton bränsle från Ägesta och R1-reaktorn att tas om hand. Det västtyska bränslet ersätter 57 ton svenskt bränsle, som tidigare levererats till Cogema.

Utöver använt bränsle ger det svenska kärnkraftsprogrammet upphov till låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken, CLAB och behandlingsstationen för använt bränsle, samt, när anläggningarna rivs, rivningsavfall. I Tabell 1.2 sammanfattas beräknade avfallsmängder. De 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 ³
Använt bränsle		kapslar	5 600	12 100
Alfa-kontaminerat avfall	Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	fat	18 000	6 000
Härdkomponenter	Reaktordelar	kokiller	2 300	19 400
Låg- och medelaktivt avfall	Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	fat och kokiller	56 700	95 000
Rivningsavfall	Från rivning av kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	10-20 m ³ behållare	5 600	113 000
Total mängd ca			88 000	246 000

1.3 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGSSYSTEMET

Som grund för tidplanen för det svenska avfallshanteringsssystemet och för utformningen av anläggningarna har i denna rapport antagits att:

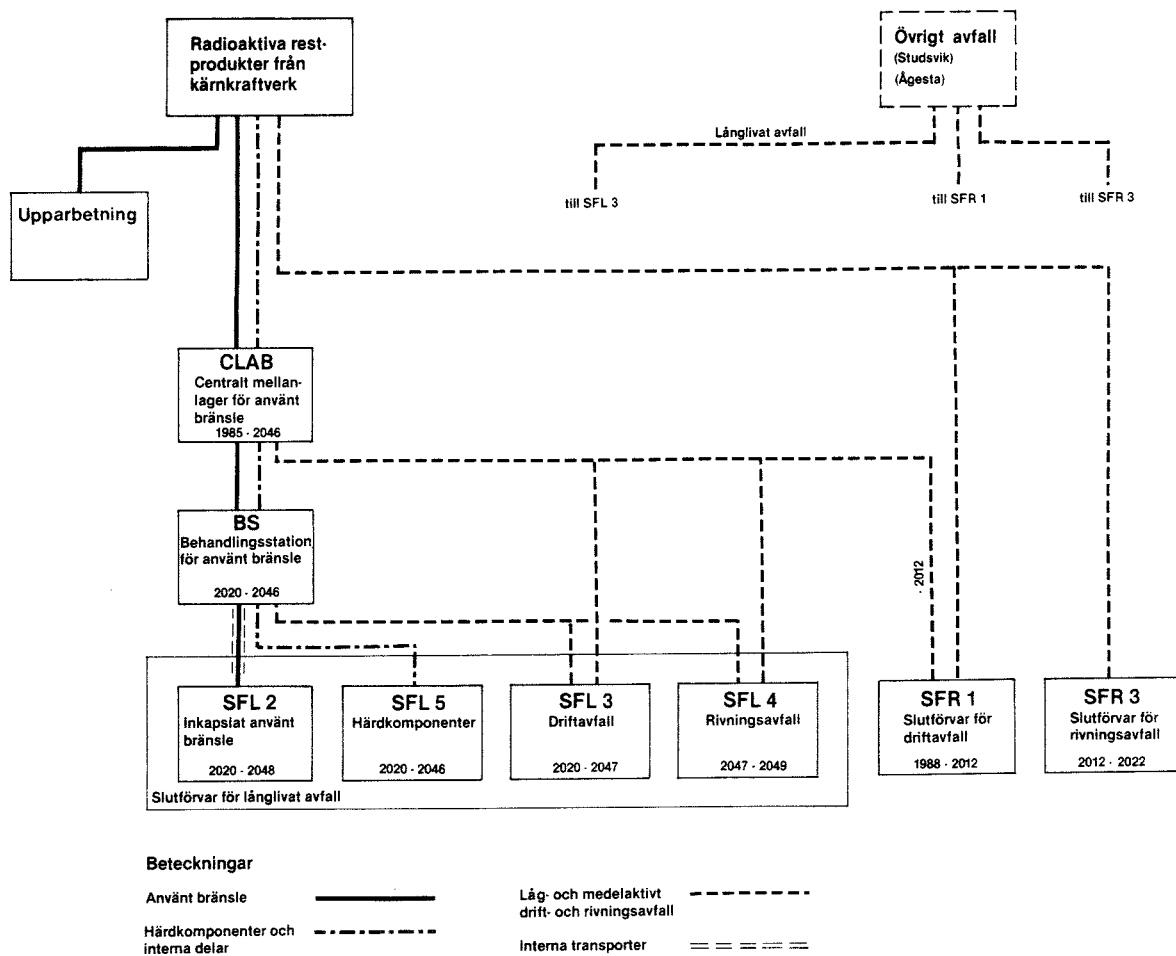
- Kortlivat avfall skall deponeras snarast efter att det erhålls.
- Använt bränsle mellanlagras i ca 40 år innan det placeras i slutförvar. Därigenom begränsas värmeutvecklingen i slutförvaret.
- Övrigt långlivat avfall deponeras i anslutning till slutdeponeringen av använt bränsle.

Dessa förutsättningar utgör även planeringsgrund för forsknings- och utvecklingsverksamheten. Förutsättningarna kan komma att modifieras i framtiden, dels med hänsyn till resultaten av det fortsatta FoU-arbetet, dels som följd av framtida politiska beslut. Studier har visat att en betydande flexibilitet finns i systemet (ref. 3).

2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM

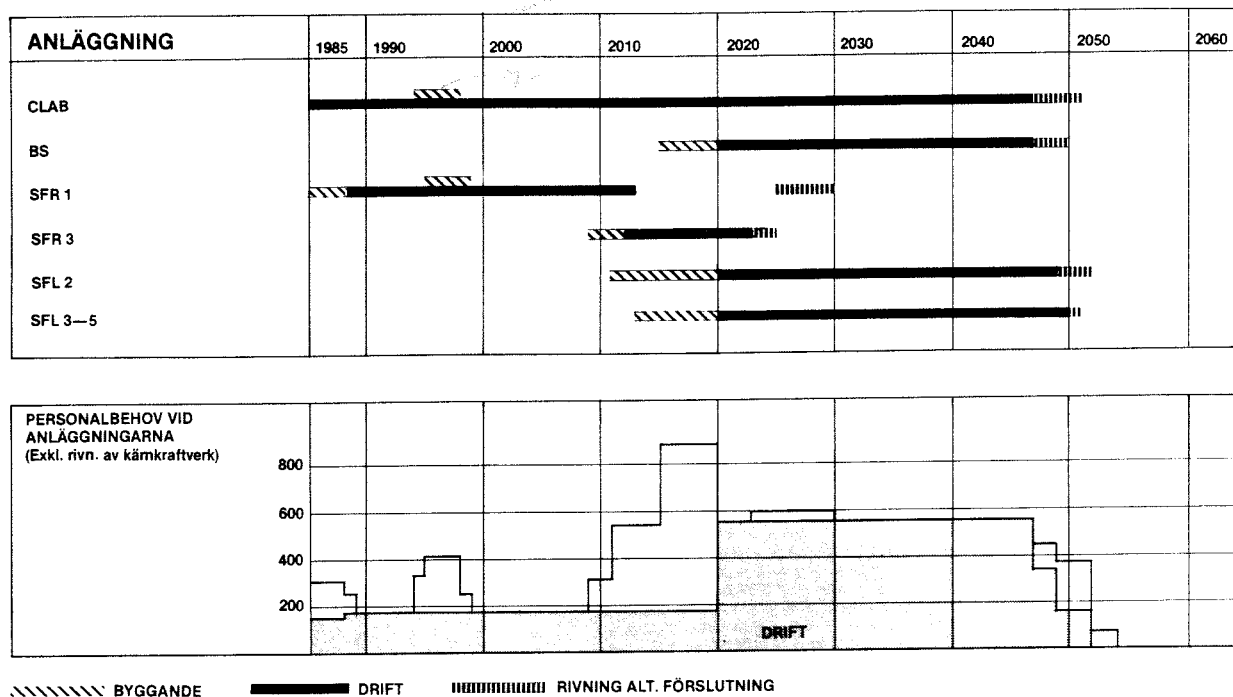
2.1 ALLMÄNT

För att hantera och lagra de radioaktiva restprodukterna i Sverige behöver ett flertal anläggningar projekteras, byggas och drivas. Som underlag för kostnadsberäkningarna har en plan för avfallshanteringen upprättats. I detta kapitel redovisas översiktligt de anläggningar, system och övriga åtgärder som ingår i denna plan. Deras funktion och utformning beskrivs kortfattat. En mera detaljerad beskrivning återfinns i bilagedelen till PLAN 86 (ref. 4)



Figur 2.1

Plan över hanteringen av kärnkraftens radioaktiva restprodukter



Figur 2.2 Anläggningar för omhändertagande av kärnkraftens restprodukter. Tid- och resursplan

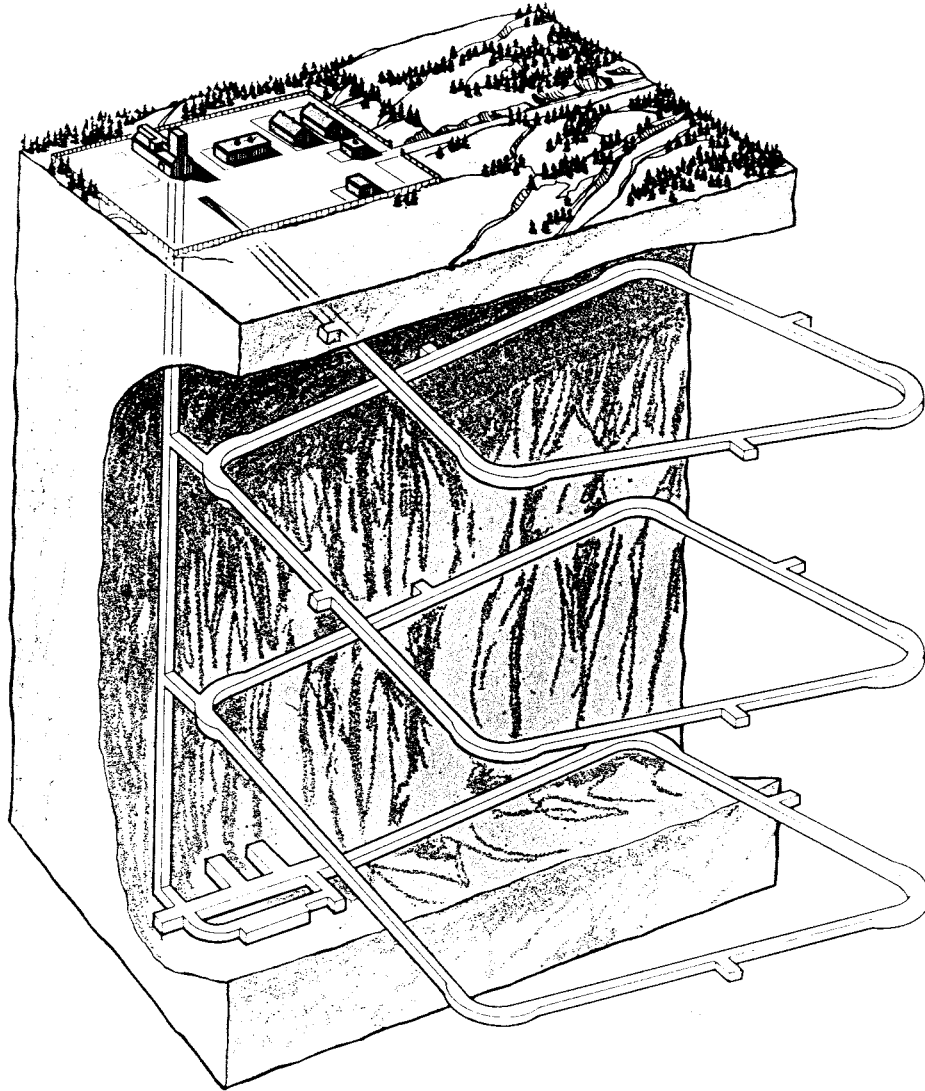
Utformningen av anläggningarna och systemet i årets redovisning överensstämmer i allt väsentligt med den utformning som redovisades i föregående års rapport (ref. 7).

Då slutlagring av det högaktiva (långlivade) avfallet skall ske först en bit in på 2000-talet kan nya metoder innebära förändringar i såväl utformning av anläggningarna som kostnader för att bygga och driva dem.

I Figur 2.1 visas vilka anläggningar som ingår och hur avfallshandlingen planeras ske. Några av anläggningarna är i drift, vilket ger ett gott underlag för kostnadsberäkningarna. För övriga anläggningar har inte utformningen valts ännu. Som underlag för kostnadsberäkningarna har emellertid en möjlig avfallshandling beskrivits i detalj och layoutritningar upprättats. Två anläggningar, SFL 1 och SFR 2, som tidigare funnits med i systemet har utgått. I Figur 2.2 visas tidplan och personalbehov för anläggningarnas byggande och drift.

2.2 FORSKNING OCH UTVECKLING

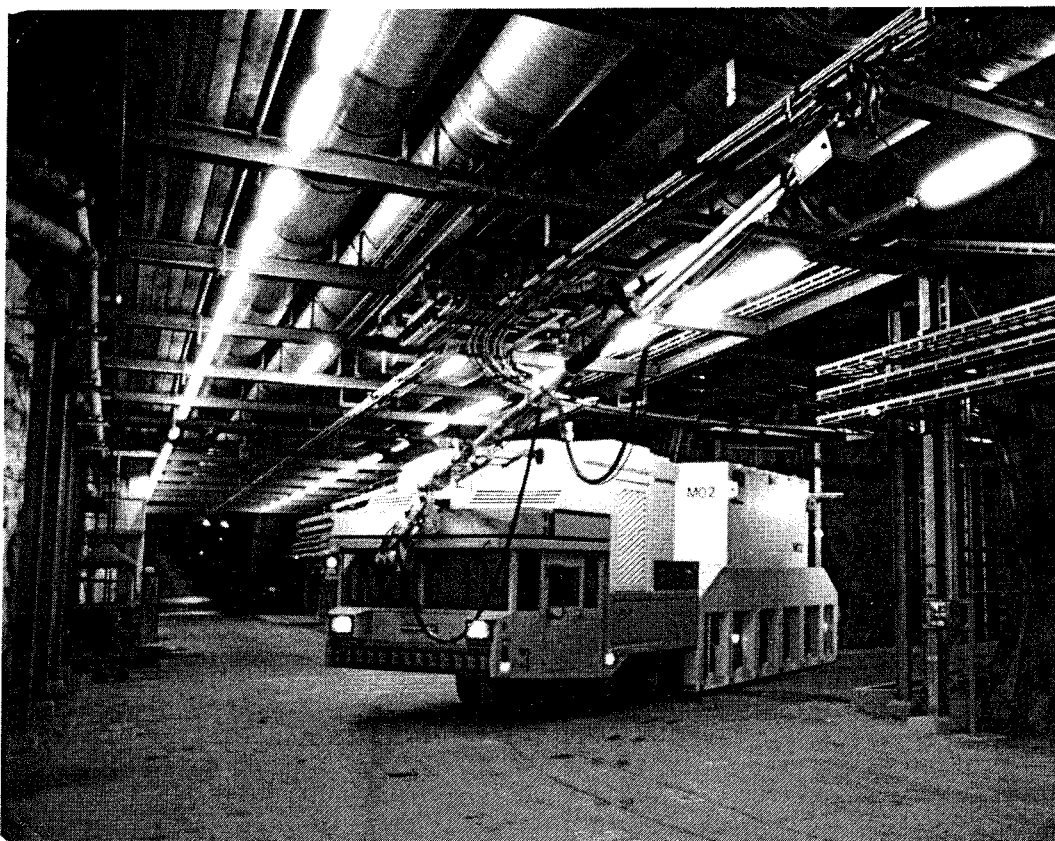
Forskningsarbetet syftar till att ta fram nödvändiga kunskaper och data samt utveckla metoderna för slutförvaring av använt kärnbränsle och annat radioaktivt avfall. Ett program för denna forskning presenterades av SKB i september 1986. Programmet har sedan dess remissbehandlats och granskats av statens kärnbränslenämnd. Denna lämnade sitt yttrande till regeringen i maj 1987. Regeringen godkände programmet i november 1987.



Figur 2.3 Översiktsbild av planerat berglaboratorium

Insatserna i forskningsprogrammet omfattar dels grundläggande arbeten för att fördjupa kunskaperna om de processer som bestämmer slutförvarets säkerhet, dels undersökningar av möjliga förläggningsplatser och studier av alternativa utformningar av barriärsystemet i ett slutförvar.

Ett betydelsefullt led i detta arbete är anläggandet av ett underjordiskt berglaboratorium på 400-500 m djup. Berglaboratoriet behövs för att pröva och verifiera de undersökningsmetoder som senare skall användas för detaljerade studier av tänkbara förläggningsplatser. Vidare kommer laboratoriet att användas för olika typer av storskaliga experiment. Byggstart planeras till 1990 och verksamheten på djupaste nivån beräknas kunna starta 1993. En principskiss över laboratoriet visas i Figur 2.3.



Figur 2.4 Terminalfordon i SFR

I denna rapport upptas alla beräknade FoU-kostnader fram till år 2010. Från 2010, då slutförvaret för använt bränsle börjar byggas, redovisas inga separata FoU-kostnader. De inräknas då i stället i beställarens projekteringskostnader, som ingår i investeringskostnaderna.

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.

Från och med 1985, då CLAB togs i drift, till och med december 1987 har M/S Sigyn seglat ca 50 000 distansminuter, motsvarande 200 dygn till sjöss. Antalet avgångar har varit 200 st. Transportintensiteten ökar under 1988 när även låg- och medelaktivt avfall skall fraktas till SFR. För drift och underhåll av fartyget har avtal träffats med Rederiaktiebolaget Gotland.

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 transportbehållare rymmer mellan 3 och 6 ton bränsle. För transport av medelaktivt avfall till SFR används strålskärmande stålbehållare. De rymmer ca 20 m³ avfall. Maximala transportvikten per behållare är 120 ton. För lågaktivt avfall från driften liksom för huvuddelen av rivningsavfallet kan standardcontainrar användas. I januari 1988 omfattade systemet 10 st transportbehållare för använt bränsle, 2 st för hårdkomponenter och 26 st stålskärmande 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 fyra fordon.

Då lokaliseringen av slutförvaret för långlivat avfall, SFL, ännu ej bestämts har i kostnadsberäkningarna antagits att ca 75 mil sjötransporter utförs från CLAB till en hamn för vidare transport 20 mil med järnväg till SFL.

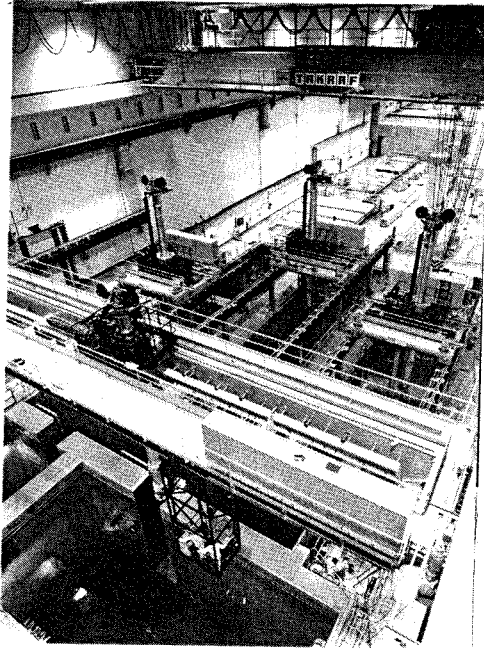
2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB

Det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, är placerat intill Oskarshamnsverket. Lagret som togs i drift 1985 kan i sin nuvarande storlek lagra drygt 3 000 ton bränsle (uranvikt) i 4 bassänger. Vid årsskiftet 87/88 fanns bränsle motsvarande 630 ton uran i anläggningen.

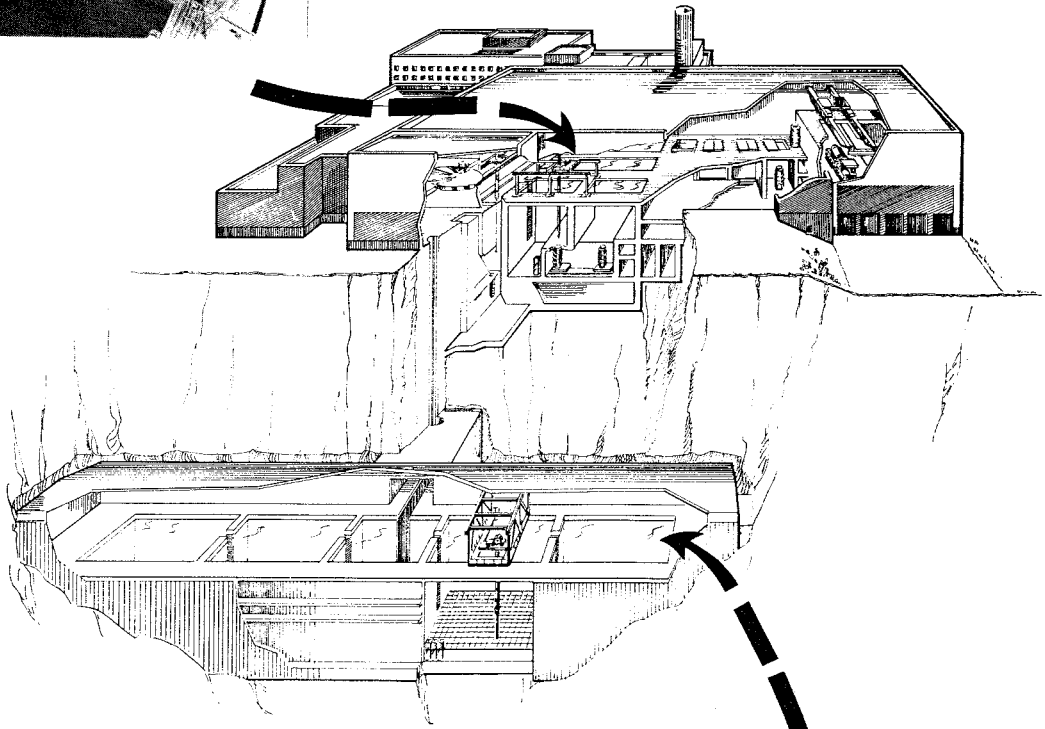
I mitten av 1990-talet kommer kapaciteten att byggas ut, så att allt bränsle från det svenska programmet, ca 7 800 ton uran, skall kunna lagras i CLAB. I anläggningen skall även förvaras hårdkomponenter och interna delar, som skall slutlagras i SFL.

CLAB består av en ovanjordsdel för mottagning av bränslet 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 under vatten.

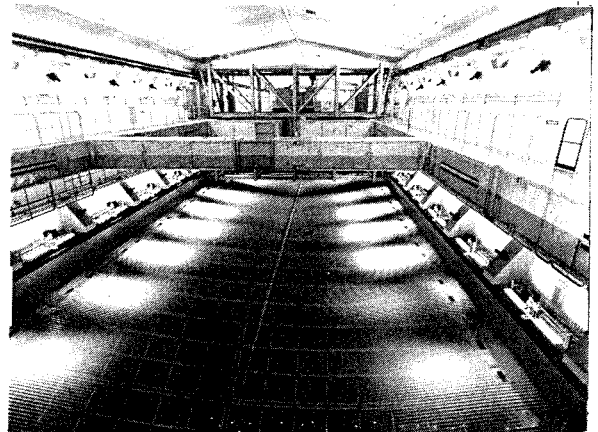
Förvaringsbassängerna är placerade i ett bergtrum, vars tak ligger ca 30 m under markytan. Bergtrummet i den första utbyggnaden är 120 m långt, 21 m brett och 27 m högt. Förvaringsbassängerna är utförda i betong med rostfri plåtinklädnad. Bränslet lagras i kassetter med antingen 16 BWR-element eller 5 PWR-element. En bassäng rymmer 300 kassetter.



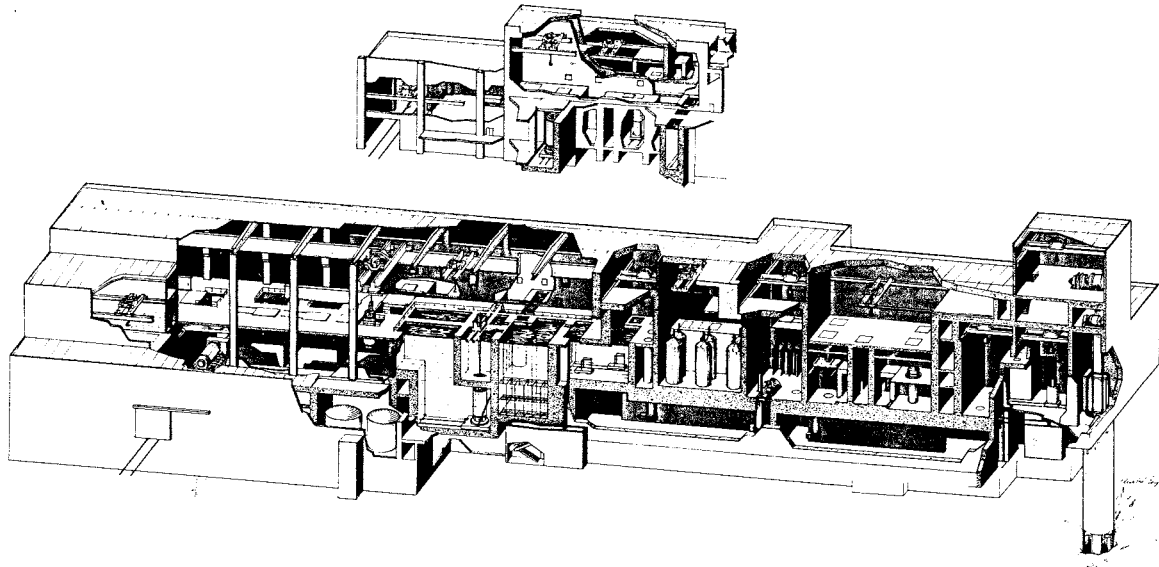
Vy över mottagningsdel



Vy över lagringsdel



Figur 2.5 CLAB etapp 1



Figur 2.6 Behandlingsstation för använt bränsle

Utökningen av förvaringskapaciteten antas i denna redovisning ske genom att ett nytt bergrum byggs parallellt med det befintliga. Detta kommer att rymma 6 bassänger för använt bränsle och en bassäng för hårdkomponenter och interna delar från rivningen av reaktorerna. Dessa placeras i kassetter av liknande typ som för bränslet men i två lager.

Den fasta personalstyrkan under drift är f n ca 75 man. Härtill kommer servicepersonal som f n tas huvudsakligen ur OKGs ordinarie basorganisationen. I genomsnitt motsvarar dessa insatser ca 60 helårstjänster. Under perioder, då in- eller utlastningstakten reduceras, kan personalstyrkan minskas.

Sedan allt bränsle och övrigt avfall borttransporterats skall ovanjordsdelarna rivas liksom de delar av förvaringsbassängerna som har blivit aktiva. Avfallet som är radioaktivt sänds till SFL.

2.5 BEHANDLINGSSTATION FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, BS

Det använda bränslet inkapslas före deponeringen i kopparkapslar i enlighet med en metod, som beskrivits i KBS-3 (ref. 1). De tomma utrymmena i kapseln fylls med bly för att kapseln skall kunna motstå de höga vattentryck som råder på förvarsnivån.

Behandlingsstationen har i det valda scenariot placerats vid SFL, direkt ovanför slutförvaret för använt bränsle. Den är förlagd ovan mark.

Anläggningen består av följande huvuddelar:

- Intransport- och mottagningsdel.
- Inkapslings- och uttransportdel för bränsle, med hiss ned till förvarsområdet.
- Inkapslingsdel för hårdkomponenter m m.
- Servicedel, som innehåller förråd, blysmältningsutrustning m m.
- Hjälpsystem med bl a kyl- och reningssystem samt el- och kontrollutrustning.
- Sidobyggnad med personal- och kontorsutrymmen.

Behållare med bränsle eller hårdkomponenter m m anländer till behandlingsstationen per järnväg. Mottagning sker under vatten på samma sätt som i CLAB. Den vidare hanteringen av bränslet sker i torrhet i hot-cell. Innan bränslet placeras i en kopparkapsel separeras bränsleboxarna från bränslet.

Blyfyllning av kapslarna görs i en särskild ugn. Därefter passerar den fyllda kapseln positioner för bl a locksvetsning, kylning och kontroll till ett buffertlager innan transporten till bergförvaret sker.

Hanteringslinjen för inkapsling är dubblerad för att medge kontinuerlig drift i händelse av driftstörningar.

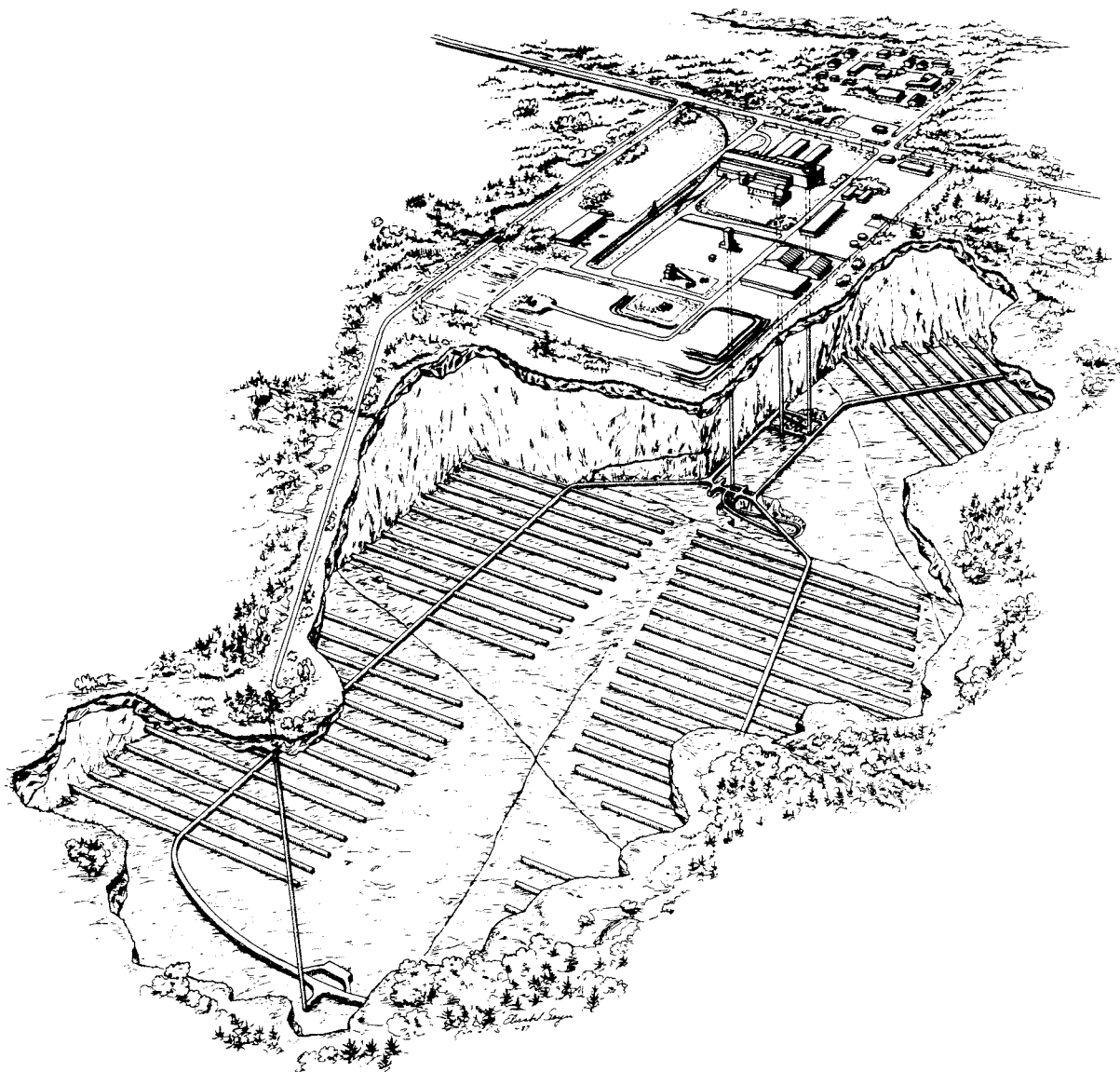
De demonterade bränsleboxarna, hårdkomponenterna och övrigt aktivt metallskrot gjuts in i betongkokiller 5,3 x 1,25 x 1,25 m.

Anläggningen är dimensionerad för tillverkning av 210 bränslekapslar per år i genomsnitt. (En kapsel per arbetsdag under 10 månader.) Anläggningen drivs huvudsakligen på dagtid. Driftpersonalen är inräknad i SFLs platsorganisation. Totalt skall ca 5 600 kapslar tillverkas i BS under tiden 2020-2046. Därefter kommer anläggningen att rivas.

2.6 SLUTFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL, SFL

Gemensamma anläggningar

Slutförvaret för långlivat avfall och behandlingsstationen för använt bränsle antas i denna rapport vara placerade i inlandet. Transporterna antas ske med fartyg till en befintlig hamn och därifrån med järnväg till slutförvaret. I kostnads kalkylen har hamnen kompletterats med en separat ro/ro-kaj, breddad och fördjupad inseglingränna, hamnplan, vaktkur m m. Vidare antas att 50 kilometer järnväg fram till SFL behöver nyanläggas och att tillhörande utrustning (lok, vagnar o d) anskaffas.



Figur 2.7 SFL 2

Vid SFL byggs serviceanläggningar såsom bostäder, verkstäder, vatten och avlopp, elförsörjning, betongstation, matsalar, vaktlokal m m. På platsen kommer även att finnas kompakteringsanläggning för bentonit och krossanläggning för bergmaterial.

Till de gemensamma anläggningarna räknas även den centrala administrationsbyggnaden och platsorganisationen. Under driftskedet kommer som mest 400 man att sysselsättas vid SFL och BS. Under uppförandeskedet erfordras ca 800 man.

Vid SFL finns fyra olika slutförvarsutrymmen:

- SFL 2 för använt bränsle
- SFL 3 för låg- och medelaktivt driftavfall från CLAB (efter 2012) och behandlingsstationen, samt långlivat avfall från Studsvik
- SFL 4 för rivningsavfall från CLAB och behandlingsstation
- SFL 5 för hårdkomponenter och interna reaktordelar

Ett i tidigare PLAN-rapporter ingående förvar, SFL 1, för förglasat avfall från upparbetning har utgått.

SFL 2

SFL 2, slutförvaret för använt bränsle, är placerat direkt under behandlingsanläggningen på ca 500 m djup. Det består av en serie parallella deponeringstunnlar förlagda i ett plan och med en sammanlagd längd av ca 39 km. Deponeringstunnlarna är förbundna med transporttunnlar. Deponeringstunnlarna ligger på ett inbördes avstånd av 40 m och har en area på 14 m². Layouten är densamma som i föregående års rapport.

Avfallet placeras i borrhade vertikala hål i tunnelbotten 7,5 m djupa och 1,5 m i diameter. Avståndet mellan deponeringshålen är 6 m. Kopparkapslarna omges i deponeringshålen av ett 35 cm tjockt lager av kompakterad bentonit. Tunnel- och hålavstånd har valts, så att temperaturen i bentoniten ej överstiger 80°C. Antalet deponeringshål är 5 600. För att ta hänsyn till vissa bergpartier, där deponering ej bör ske, har kostnader medtagits för 10 % extra tunnellängd.

Kopparkapslarna transporteras från behandlingsanläggningen i en avskärmad hiss till förvarsnivån, där avfallet förs till deponeringsplatsen med en specialkonstruerad transportvagn. Från sitt liggande läge i transportvagnen reses kapseln till vertikalläge och nedsänks i hålet, varefter kompakterade bentonitblock placeras runt kapseln i hålet.

Deponeringstunnlarna återfylls med en blandning bestående av 15 % bentonit och 85 % kvartssand.

Utsprängningen av deponeringstunnlarna sker samtidigt med att kapslarna deponeras och med lämplig framförhållning. Härvid måste byggaktiviteter avskiljas från deponeringsarbetet.

Deponering av kopparkapslar kommer att pågå under tiden 2020-2048 (inkl avslutande förslutning av deponeringstunnlar), varefter återfyllning av transporttunnlar och schakt kan verkställas.

SFL 3-5

Allt låg- och medelaktivt driftavfall, som skall slutlagras efter 2012, då SFR 1 stängts, placeras i SFL 3, 4 eller 5 beroende på avfallstyp. Hänsyn behöver ej tas till temperatureffekter eftersom värmeavgivningen är obetydlig. Lagren, som ligger på ca 500 m djup, nås genom gemensamma schakt. De är placerade några kilometer ifrån SFL 2.

SFL 3 utgörs av en 120 m lång, 18 m bred och 21 m hög bergsal. I SFL 3 deponeras långlivat avfall från Studsvik samt driftavfall från CLAB (efter 2012) och BS. Avfallet staplas i betongceller 2,5 m i fyrkant, varefter resterande tomrum i cellerna fylls med betong. All hantering utförs fjärrstyrt med en hanteringsmaskin. Utrymmet mellan betongcellerna och berget utfylls med sand-bentonitblandning.

SFL 4 utgörs av det tunnelsystem som måste byggas för SFL 3 och SFL 5. Lågaktivt rivningsavfall från CLAB och BS, transportbehållare m m, som skall slutlagras i ett sent skede, placeras i SFL 4 innan förslutningen av anläggningen görs.

SFL 5 består av två ca 340 m långa, 8 m breda och 7,5 m höga tunnlar, vari betongkokillerna för härdkomponenter m m placeras. Intransporten sker med en spårbunden grensletruck och kokillerna placeras med 5 i bredd och 4 i höjd i tunnelns längdriktning. Sedan en stapel med kokiller har placerats in (20 kokiller) kringgjuts dessa med betong.

2.7 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR

Vid Forsmarks kärnkraftverk har ett slutförvar för driftavfall från kärnkraftverken byggts. 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 SFL 5.

I SFR slutlagras även radioaktivt avfall från CLAB och likartat radioaktivt avfall från icke elproducerande verksamhet, bland annat Studsvik.

SFR 1

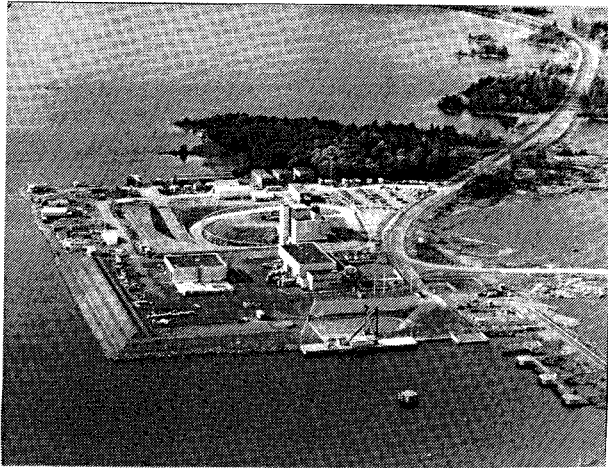
SFR 1 kommer fullt utbyggt att bestå av fem till sex stycken 160 m långa bergsalar samt två stycken 70 m höga cylindriska bergsrum, som innehåller betongsilor, se Figur 2.8. I silorna placeras det avfall, som innehåller huvuddelen av de radioaktiva ämnena. Den första byggnadsetappen, som avslutades 1987, omfattar fyra bergsalar och en silo. Den andra byggnadsetappen kommer att utföras i slutet av 1990-talet. Totalt kommer SFR 1 att rymma 90 000 m³ avfall, varav ca 37 000 m³ i silor.

Den befintliga 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. Nästa silo är tänkt att byggas på samma sätt.

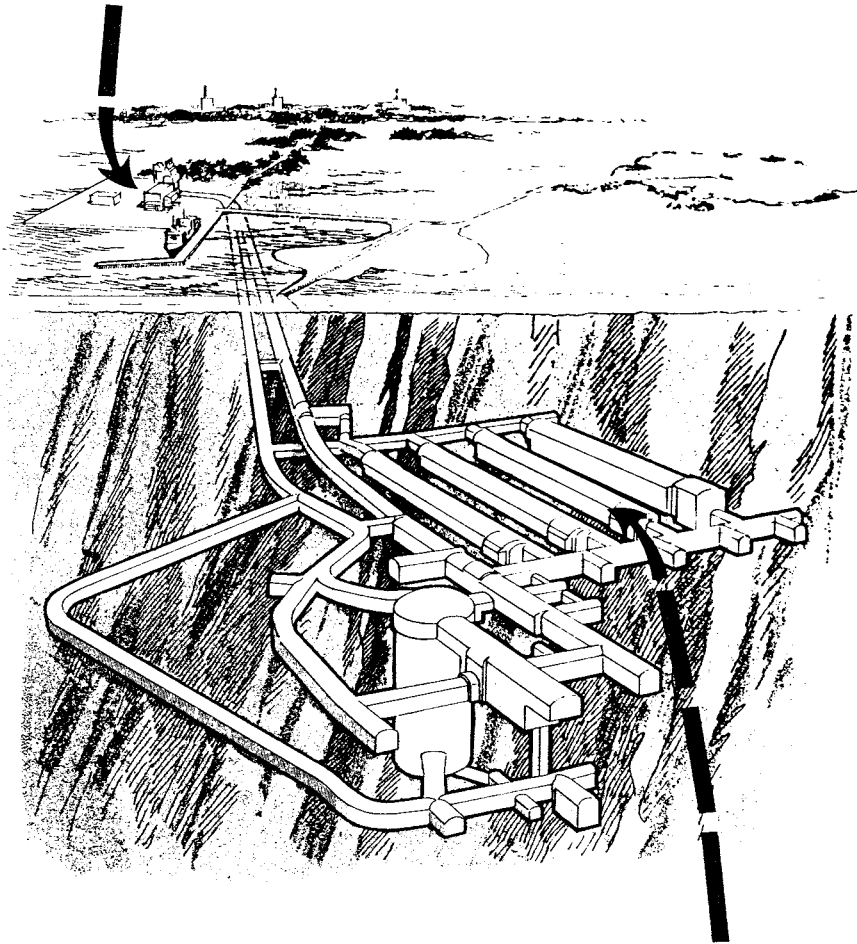
Medelaktivt avfall, som placeras i bergsalar, kringgjuts likaså med betong. Ingen kringgjutning sker av det lågaktiva avfallet.

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 bli försluten i början av 2010-talet. Under drift behövs en personalstyrka på ca 20 man. Härtill kommer stödtjänster från Forsmarksverkets ordinarie basorganisation.



Vy över ovanjordsdel



Vy över bergsal



Figur 2.8 SFR 1 etapp 1

SFR 3

Rivningsavfallet från kärnkraftverken och Studsvik kommer att deponeras i SFR 3, som planeras bestå av 5 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 104 000 m³ rivningsavfall att lagras.

SFR 3 kommer att vara i drift samtidigt som kärnkraftverken rivs och sysselsätta lika stor personalstyrka som 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. 6).

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

Under perioden från det att blocket tas ur drift till dess rivningen påbörjas sker borttransport av bränsle, dekontaminering och förberedelser för rivning (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 30-40 år, innan det slutdeponeras i SFR 5. Övrigt radioaktivt rivningsavfall kommer att transporteras direkt till SFR 3 och deponeras där. En stor mängd av rivningsavfallet kan friklassas, efter eventuell dekontaminering.

3. KOSTNADER

3.1 ALLMÄNT

I detta kapitel redovisas samtliga kostnader för att ta hand om de radioaktiva restprodukter, som beskrivits i kapitel 1.2. Kostnadsberäkningarna har baserats på SKBs plan över anläggningar, system m m, som beskrivits i kapitel 2.

I redovisningen särskiljs nedlagda kostnader till och med 1988, och framtida kostnader. De framtida kostnaderna är beräknade i prisnivån januari 1988. Tidigare nedlagda kostnader anges i löpande penningvärde.

Kostnads kalkylerna i årets rapport har till stor del beräknats genom indexuppräknings av föregående års baskostnader. För transportsystemet, CLAB och SFR har kostnadsändringar införts utifrån de senaste årens erfarenheter.

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

Kostnaderna för olika anläggningar redovisas här i posterna: investering, reinvestering, drift samt rivning och försegling. Till investeringskostnaderna hänförs normalt endast de kostnader som uppkommer innan en anläggning eller anläggningsdel tas i drift. I SFL 2, där utbyggnaden av deponeringstunnlarna kommer att ske fortlöpande under deponeringsskedet, har emellertid även kostnaderna för detta arbete hänförts till investeringskostnaderna.

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

3.2 BERÄKNINGSMETOD

Som grund för kostnadsberäkningarna 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.

Beräkningen av kostnaderna görs i flera steg. För varje kostnadspost beräknas en baskostnad, varefter ett pålägg för oförutsett görs. Baskostnaderna 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 enhetspris 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. I årets rapport har de för första gången beräknats i detalj för BS och SFL utgående ifrån det bedömda servicebehovet under anläggningsskedet.

På de beräknade baskostnaderna görs ett pålägg för oförutsett. Påläggets storlek bedöms objektvis med hänsyn till riskerna för tillkommande arbete och till anläggningens grad av teknisk komplexitet och detaljeringsgraden i underlaget. I genomsnitt är påslaget ca 27 %.

3.3 REDOVISNING AV FRAMTIDA KOSTNADER

De i detta avsnitt redovisade kostnaderna är angivna i prisnivån januari 1988. Kostnaderna är uppdelade i tiden, vilket medger att diskontering kan göras med olika värden på realräntan.

Tabell 3.1 visar de framtida kostnaderna för avfallshanteringen. Kostnaderna delas upp per objekt och kostnadsslag. De totala framtida kostnaderna från och med 1989 uppgår till MSEK 40 700.

Tabellen särskiljer även kostnader som omfattas av finansieringslagen, d v s den totala kostnaden exklusive kostnader för låg- och medelaktivt driftavfall och avfall från Studsvik och Ägesta. De framtida kostnaderna enligt finansieringslagen fr o m 1989 uppgår till MSEK 39 300.

Tabell 3.2 visar de framtida kostnaderna, uppdelade per objekt i tiden. Figur 3.1 ger en sammanställning av de årliga framtida kostnaderna.

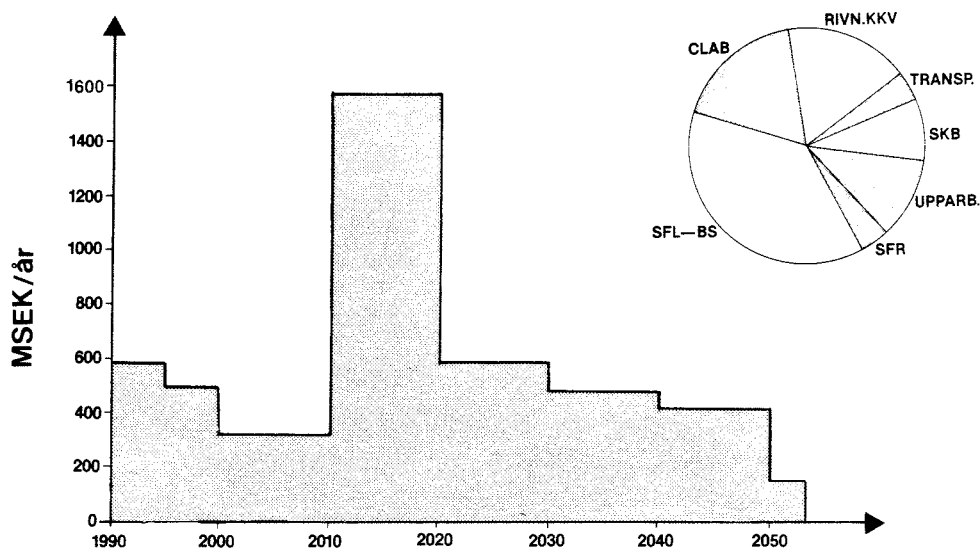
Tabell 3.1 Sammanställning av framtida kostnader (MSEK)
fr o m 1989, inkl påslag för oförutsett
(Prisnivå januari 1988)

Objekt	Kostnads- slag	Totala fram- tida kostnader	Summa fram- tida kostnader per objekt	Framtida kostn. enligt finansieringslagen 1)
SKB, Adm, FoU	-	3 361	3 361	3 361
Transport	Reinvestering Drift	479 765	1 244*)	1 082
Rivn. kkv	Avställningsdrift Rivning	988 7 586	8 574	8 574
CLAB	Investering Reinvestering Drift Rivning	690 654 3995 255	5 594*)	5 566
SFL-BS GA	Investering Reinvestering Drift Rivning	2 499 154 1 282 170	4 105*)	3 977
BS	Investering Reinvestering Drift Rivning	2 345 106 4 586 210	7 247*)	7 211
SFL 2	Investering Reinvestering Drift Försegling Rivning	2 849 35 491 2 406 37	5 818*)	5 789
SFL 3-5 GD	Investering Reinvestering Drift Rivn.+försegling	480 17 240 74	811*)	650
SFL 3	Investering Drift Rivn.+försegling	223 17 51	291*)	132
SFL 4	Investering Drift Rivn.+försegling	19 12 1	32*)	32
SFL 5	Investering Drift Rivn.+försegling	79 24 46	149*)	145
SFR GD	Investering Rivn.+försegling	29 2	31*)	4
SFR 1	Investering Drift Rivn.+försegling	212 377 66	655*)	81
SFR 3	Investering Drift Rivn.+försegling	306 110 39	455*)	438
Upparbetning ²⁾	-	2 301	2 301	2 301
Totalt	-		40 668	39 324

* Innefattar även kostnader utanför finansieringslagen. Totalt över samtliga berörda objekt:
Avfall från Studsvik, Ågesta m m MSEK 616.
Övrigt låg- och medelaktivt avfall MSEK 728.

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

2) Kostnader för upparbetning inkluderar kostnader vid BNFL samt för kvarvarande kontrakt med Cogema



Figur 3.1 Sammanställning av den framtida kostnaden samt fördelning av den totala kostnaden på olika anläggningar. (Prisnivå januari 1988)

Tabell 3.2 Framtida kostnader (MSEK) per objekt enligt finansieringlagen fördelade i tiden (Prisnivå januari 1988)

Ar	SKB Adm, FoU	Transp.	Rivn. kkv	CLAB	SFL- -BS	SFR 1 o 3	Upparb.	Summa	Ackumulerade kostnader
1989	113	18	0	79	0	2	308	520	520
1990-94	684	47	0	954	0	10	1159	2854	3374
1995-99	775	48	0	464	0	40	834	2161	5535
2000-talet	1789	244	0	800	110	38	0	2961	8496
2010-talet	0	170	7815	823	6342	359	0	15509	24005
2020-talet	0	346	759	964	3606	74	0	5749	29754
2030-talet	0	121	0	797	3824	0	0	4742	34496
2040-talet	0	108	0	584	3440	0	0	4132	38628
2050-talet	0	0	0	101	595	0	0	696	39324
Totalt fr o m 1989	3361	1082	8574	5566	17917	523	2301	39324	

3.4 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER

Tabell 3.3 redovisar nedlagda kostnader till och med 1987 i löpande prisnivå exklusive räntor samt 1988 års budgeterade kostnader.

Tabell 3.3 Nedlagda och beräknade kostnader t o m 1988 (MSEK löpande penningvärde)

Objekt	Kostnadslag	Nedlagda kostnader tom 1987	Beräknade kostnader 1988
SKB (FoU, Info, Adm)	-	524	113
Transport	Investering	149	10
	Drift	254	26
CLAB	Investering	1747	0
	Drift	330	89
SFR 1	Investering	682	55
	Drift	0	18
Upparbetning	-	2336	321
Totalt		6022	632

2000 789

3.5 MARGINALKOSTNADER

I Tabell 3.4 redvisas anläggningarnas kostnader per enhet, dels som medelkostnad, dels som marginalkostnad. Marginalkostnaderna har beräknats utifrån en bedömning av den rörliga kostnadsandelen för varje kostnadspost. Behandlingsstationens (BS) kapacitet har behållits konstant, varför en förändring i bränslemängden leder till ändrad drifttid.

De i tabellen angivna marginalkostnaderna är relativt grovt beräknade och gäller endast inom ett begränsat intervall (ca 20 %) av de i kolumn 3 angivna mängderna.

Tabell 3.4 Marginalkostnader för vissa delar av systemet (Prisnivå januari 1988)

OBJEKT	KOSTNAD MSEK	MÄNGD	ENHET (PARAMETER)	kSEK/ENHET	MARG.KOSTN kSEK/ENHET	ANMÄRKNING
<u>SUMMERAT ANLÄGGNINGAR M M FÖR HANTERING AV BRÄNSLE</u>						
Anläggningar för hantering av bränsle inkl hårdkomponenter och FoU	31 000	7 619	ton bränsle	4 060	1 900	
<u>VISSA DELAR AV SYSTEMET</u>						
<u>TRANSPORTER</u>						
Totalt	1 770	12 700	trpt enhet	139		Omfattar kostnader för alla transporter av resp. avfall
Använt bränsle	1 278	7 619	ton bränsle	168	45	Fartygstransporterat bränsle och avfall. Trpt. enhet är B-behållare eller container
Driftavfall från KKV	157	59 300	m ³ LM-avfall	2,6	0,3	Kostn inkl hårdkomponenter samt LM-avfall från CLAB. 1681 ton bränsle internt transporterats OKG-CLAB
Rivningsavfall från KKV	267	68 000	m ³ rivningsavfall	3,9	0,5	Med fartygstransport från KKV till SFR 3, av totalt 100 000 m ³ . Inkl. interna delar till SFL 5
Studsviksavfall	68	20 000	m ³ avfall	3,4	0,4	Varierande avfall
<u>MELLANLAGER</u>						
CLAB	8 400	7 619	ton bränsle	1 102	470	Inkl hårdkomponenter och reaktorernas interna delar (ca 10 % av lagervolymer)
<u>SLUTLAGER</u>						
SFL-BS totalt	18 453	7 619	ton bränsle	2 422	1 425	
	alt	5 575	kopparkapsel	3 310	1 950	
BS	9 320	7 619	ton bränsle	1 223	660	
	alt	5 575	kopparkapsel	1 672	900	Inkl del av SFL GA samt hårdkomp.
SFL 2	7 483	7 619	ton bränsle	982	690	
	alt	5 575	kopparkapsel	1 342	940	Inkl del av SFL GA,
SFL 3	1 017	11 000	m ³ LM-avfall	92	25	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-5
SFL 5	521	2 350	kokill	222	70	
	alt	7 619	ton bränsle	68	23	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-5
SFR 1	1 514	90 000	m ³ LM-avfall	17	8	Inkl SFR GD
SFR 3	455	104 000	m ³ rivningsavfall	4,4	2,6	

REFERENSER

1. KBS 3
Kärnbränslecykelns slutsteg
Använt kärnbränsle, Del I-IV
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB
Maj 1983
2. Värme kraftens tillgänglighet.
SDT-rapport
(Statistisk drifterfarenhetsuppföljning och tillförlitlighetsteknik.)
April 1987.
3. Kärnkraftens slutsteg
Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle
- konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader
Svensk Kärnbränslehantering AB
December 1985
4. SKB PLAN 86
Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter
Juni 1986
5. SKB FoU-Program 86
Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring.
Program för forskning, utveckling och övriga åtgärder
September 1986.
6. Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk
Svensk Kärnbränslehantering AB
Maj 1986
7. SKB PLAN 87
Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter.
Juni 1987.

ANVÄNT BRÄNSLE OCH RADIOAKTIVT AVFALL I SVERIGE VID FÖRUTSÄTTNING AV DRIFT AV SAMTLIGA VERK T O M 2010

Avfallskategori	Avfallsenheternas dimensioner i m φ = diameter (Dimensioner före inkapsling för slutdeponering)	Antal kolli	Antal transporterenheter B-behållare/ container	Volym i slutlager m ³	Sluttransporteras till
Använt BWR-bränsle	0.14x0.14x4.383	32 673	1 922		
Använt PWR-bränsle	0.214x0.214x4.103	3 816	546	12 100	BS/SFL 2
Övrigt använt bränsle (MOX, Ågesta, Studsvik)	Diverse	641	21		
Härdkomponenter samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	450	450	19 400*	BS/SFL 5
Reaktorernas interna delar samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	555	555		
Driftavfall från CLAB till silo	1.2x1.2x1.2	1 150 2 370	80 170	2 000 4 100	SFR 1 SFL 3
Driftavfall från CLAB till bergsal	1.2x1.2x1.2	290 400	20 30	500 700	SFR 1 SFL 4
Avfall från Studsvik till silo **)	φ0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2 φ0.6, L = 0.9	3 750 690 18 000	50 50 250	1 200 1 200 6 000	SFR 1 SFR 1 SFL 3
Avfall från Studsvik till bergsal **)	φ0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2 ISO-cont.	8 750 690 200	150 50 200	2 800 1 200 7 600	SFR 1 SFR 1 SFR 1
Driftavfall från inkapsl.station till silo	1.2x1.2x1.2	520	43	900	SFL 3
Driftavfall från kärnkraftverken till silo	φ0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2	3 375 8 650	45 620	2 500 15 000	SFR 1 SFR 1
Driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	φ0.6, L = 0.9 1.2x1.2x1.2 ISO-cont. 3,3x1,3x2,15	18 200 5 770 750 1 100	350 410 750 365	5 800 10 000 28 500 11 000	SFR 1 SFR 1 SFR 1 SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till bergrum	ISO-cont. m m	4 800	4 800	100 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till bergrum	ISO-cont.	100	100	4 000	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och BS till bergrum	2.4x2.4x2.4	640	640	8 900	SFL 4
Transportbehållare		50	50	600	SFL 4
Summa ca		119 000	12 700	246 000	

*) Inkl. de ingjutna BWR-boxar som transporterats med bränslet

**) Inkl totalt ca 3 500 m³ avfall inom KKV ansvarsområde