



SKB

**KÄRNKRAFTENS
SLUTSTEG**

PLAN 86

Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Juni 1986



Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter

Juni 1986


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 reaktorläggningarna. 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 femte årliga redovisningen, ger en uppdaterad sammanställning av erforderliga kostnader.

Stockholm i juni 1986

Svensk Kärnbränslehantering AB



Sten Bjurström
VD

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING

	<u>Sid</u>
1. FÖRUTSÄTTNINGAR	1
1.1 ALLMÄNT	1
1.2 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLS- MÄNGDER	2
1.3 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGS- SYSTEMET	3
2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM	4
2.1 ALLMÄNT	4
2.2 FORSKNING OCH UTVECKLING	5
2.3 TRANSPORTSYSTEM	6
2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB	7
2.5 BEHANDLINGSSTATION FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, BS	8
2.6 SLUTFÖRVAR FÖR LÅNGLIVAT AVFALL, SFL	10
2.7 SLUTFÖRVAR FÖR REAKTORAVFALL, SFR	12
2.8 RIVNING AV KÄRNKRAFTVERK	14
3. KOSTNADER	16
3.1 ALLMÄNT	16
3.2 BERÄKNINGSMETOD	16
3.3 REDOVISNING AV FRAMTIDA KOSTNADER	17
3.4 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER	20
3.5 MARGINALKOSTNADER	21
REFERENSER	22
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. För att fullgöra denna uppgift planeras, byggs och drivs en rad olika anläggningar och system. Kraftföretagen har givit SKB i uppgift att genomföra detta arbete.

I denna rapport presenteras en beräkning över kostnaderna för att genomföra samtliga dessa åtgärder. Som underlag för kostnadsberäkningarna ligger ett scenario för hantering och slutförvaring av de radioaktiva restprodukterna, 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.

De anläggningar och system, som finns eller planeras är:

- Transportsystem för radioaktiva restprodukter.
- Centralt mellanlager för använt bränsle, CLAB.
- Behandlingsstation för använt kärnbränsle.
- Slutförvar för långlivat avfall.
- Slutförvar för reaktoravfall och rivningsavfall, SFR.

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

De totala framtida kostnaderna för det svenska avfallssystemet från och med 1987 har beräknats bli 39 miljarder kronor i prisnivå januari 1986, inklusive påslag för oförutsett. Dessa kostnader utfaller under ca 60 år. Till och med 1986 har 5,3 miljarder kronor lagts ned

ANVÄNDA FÖRKORTNINGAR

BS	behandlingsstation för använt bränsle och hårdkomponenter
BWR	kokarreaktor (ASEA-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 2015) och behandlingsstation
SFL 4	- för rivningsavfall från mellanlager och behandlingsstation
SFL 5	- för hårdkomponenter m m
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 och används som underlag för beräkning av den avgift för omhändertagande av kärnkraftens radioaktiva restprodukter, som uttas på kärnkraftproducerad el.

Förutsättningarna för kostnadsberäkningarna har valts, så att de framtida kostnaderna inte skall underskattas. Sälunda har det presenterade avfallshanteringssystemet 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 Norrlands inland. En placering i Syd- eller Mellansverige skulle ge lägre kostnader.

Lager och transportsystem är dimensionerade för att ta hand om allt använt bränsle och radioaktivt avfall, som kommer från tolv kärnkraftblock i drift till år 2010. I detta antagande finns marginaler för förändringar dels i den årliga avfallsproduktionen, dels i tillgänglighet och drifttid för reaktorerna.

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 reaktor- och anläggningarna. I det här redovisade systemet har hänsyn även tagits till avfall från icke elproducerande anläggningar, främst i Studsvik, vilket uppskattas utgöra ca 4 % av den totala avfallsvolymen, samt till driftavfall från kärnkraftverk.

1.2 ENERGIPRODUKTION OCH AVFALLSMÄNGDER

Energiproduktionen i de svenska kärnkraftverken var under 1985 totalt 56 TWh, vilket motsvarar en energiutnyttjningsfaktor på 74 %. Detta värde förväntas öka under de kommande åren. Vid beräkning av förväntad framtida energiproduktion bibehålles emellertid i årets rapport utnyttjningsfaktorn 74 %, ett värde som även används vid planering av framtida utbyggnader av kraftproduktion (ref. 2).

Elproduktionen i kärnkraftverken har bedömts bli totalt 1 900 TWh. Bränslemängden, som åtgår för denna elproduktion är ca 7 800 ton uran, varav 6 000 ton uran från BWR-reaktorer och 1 800 ton uran från PWR-reaktorer. En sammanställning över elproduktion och bränsleförbrukning i de olika reaktorblocken ges i Tabell 1.1.

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. Det bränsle som redan levererats till Cogema (57 ton) kommer att bytas mot västtyskt MOX-bränsle. Detta medför att inget avfall från upparbetning behöver tas omhand och slutförvaras i Sverige. Vissa ekonomiska förpliktelser för upparbetning kvarstår dock.

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 1985	per år fr o m 1986	Totalt	Uttaget t o m 1985	Totalt
B1 75-07-01	1800	595	37.833	3.86	134	160	592
B2 77-07-01	1800	595	34.213	3.86	131	140	572
R1 76-01-01	2270	750	41.389	4.86	163	128	704
R2 75-05-01	2432	800	44.772	5.19	174	132	625
R3 81-09-09	2775	915	18.835	5.93	167	46	597
R4 83-11-21	2775	915	14.752	5.93	163	38	583
O1 72-02-06	1375	440	35.996	2.85	107	155	503
O2 74-12-15	1800	595	41.998	3.86	138	170	603
O3 85-08-15	3020	1050	3.839	6.81	174	-	698
F1 80-12-10	2928	972	31.774	6.30	189	129	827
F2 81-07-07	2928	972	26.724	6.30	184	76	764
F3 85-08-22	3020	1050	4.156	6.81	174	-	699
BWR	20941	7019	257.922	45.51	1394	958	5962
PWR	7982	2630	78.359	17.05	504	216	1805
Samtliga	28923	9649	336.281	62.56	1898	1174	7767

Utnyttjningsfaktorn antagen till 74 %

Utbränningsgrad för BWR: 1986-90 32 MWd/kgU Efter 1990 36 MWd/kgU

Utbränningsgrad för PWR: 1986-90 38 MWd/kgU Efter 1990 40 MWd/kgU

Utöver använt bränsle ger det svenska kärnkraftsprogrammet upphov till låg- och medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken, CLAB och behandlingsanläggningen, samt, när anläggningarna rivs, rivningsavfall. I Tabell 1.2 sammanfattas beräknade avfallsmängder. De redovisas i detalj i Bilaga 1. Aktivitetssinnehållet i de olika avfallstyperna är mycket olika. Kravet på hantering och slutförvaring blir därför beroende av avfallstyp.

1.3 PRINCIPER FÖR AVFALLSHANTERINGSSYSTEMET

Som grund för tidplanen för det svenska avfallshanteringsystemet 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).

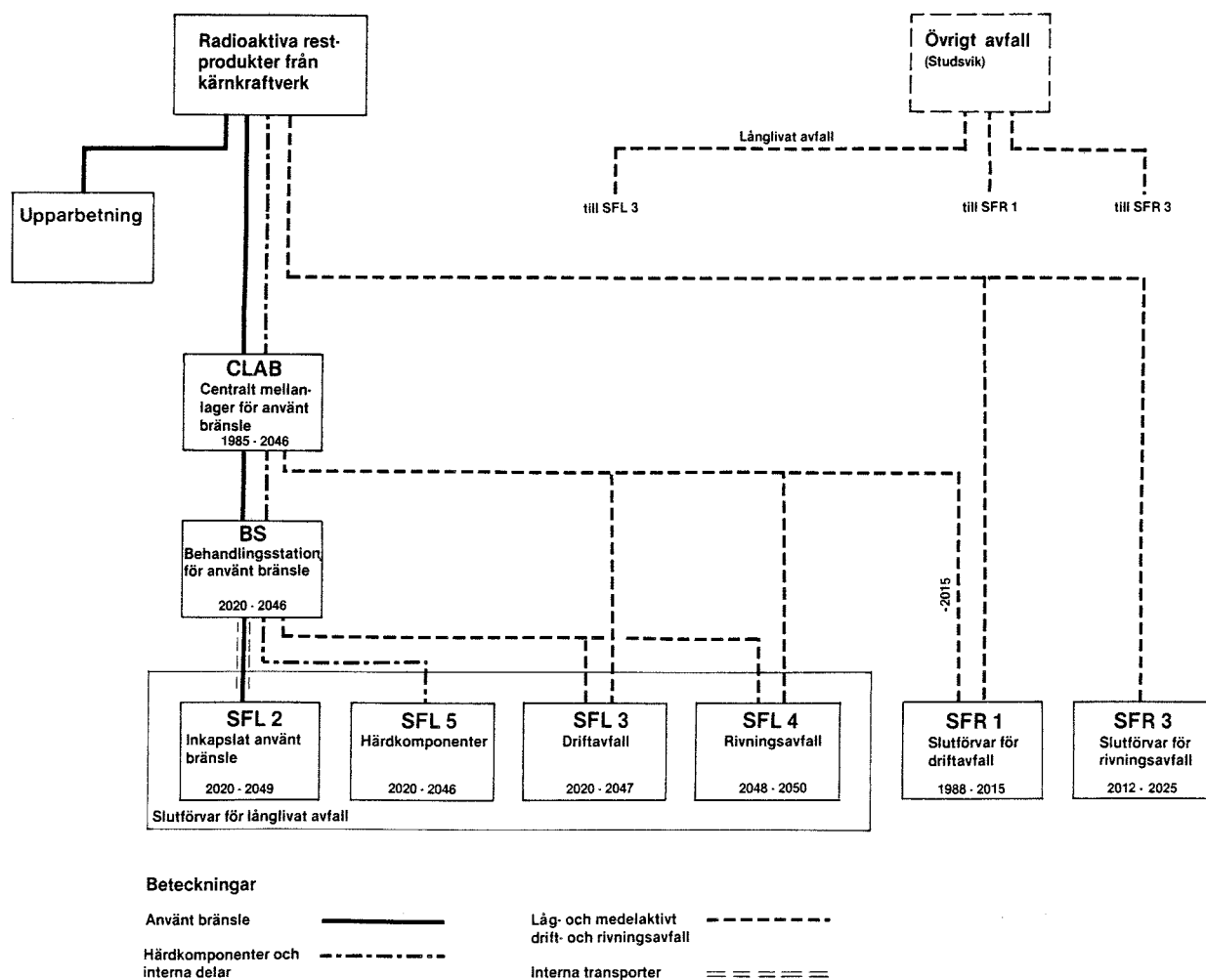
Tabell 1.2 Huvudtyper av radioaktiva restprodukter att deponera

Produkt	Huvudsakligt ursprung	Enhet	Antal enheter	Volym i slutlager m ³
Använt bränsle		kapslar	5 600	12 600
Alfa-kontaminerat avfall	Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik	fat	18 000	6 000
Härdkomponenter	Reaktordelar	kokiller	2 300	19 000
Låg- och medelaktivt avfall	Driftavfall från kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	fat och kokiller	102 700	95 000
Rivningsavfall	Från rivning av kärnkraftverk och behandlingsanläggningar	10-20 m ³ behållare	5 600	113 000
Total mängd ca			134 000	246 000

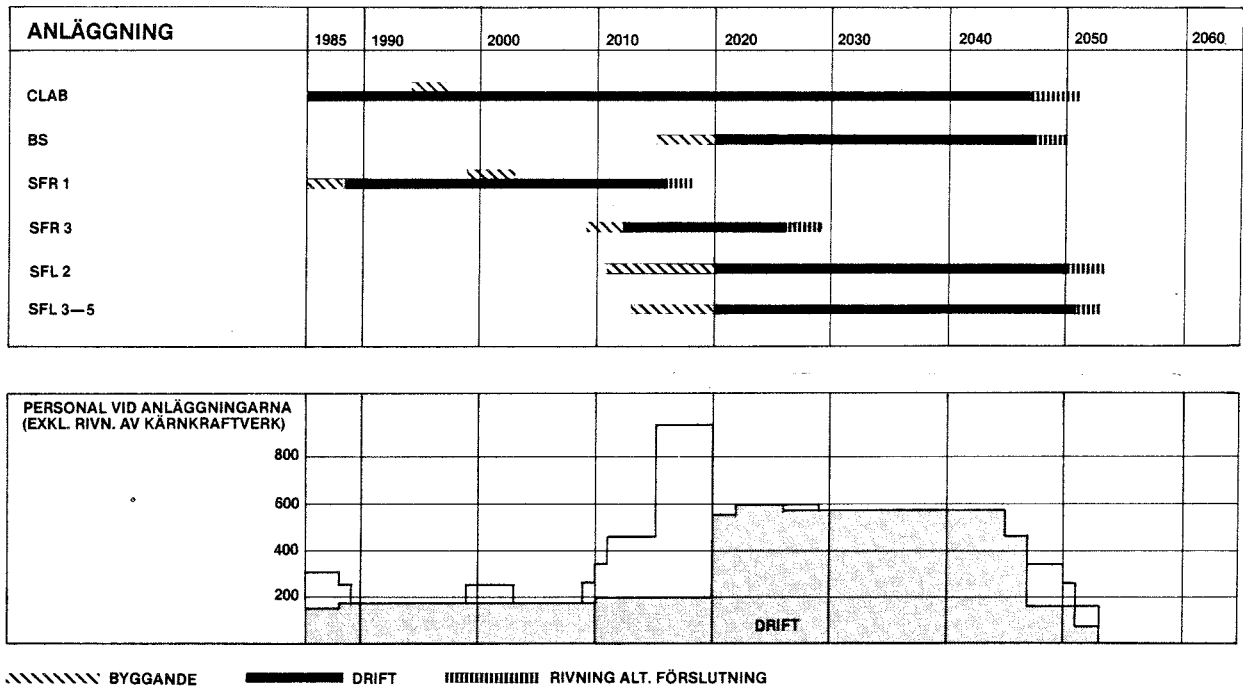
2. ANLÄGGNINGAR OCH SYSTEM

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 ett bestämt scenario ställts upp. I detta kapitel redovisas översiktligt de anläggningar, system och övriga åtgärder som ingår i detta scenario. Deras funktion och utformning beskrivs kortfattat. En mera detaljerad beskrivning ges i bilagedelen till denna rapport.



Figur 2.1 Översiktlig hanteringsgång för kärnkraftens radioaktiva restprodukter



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

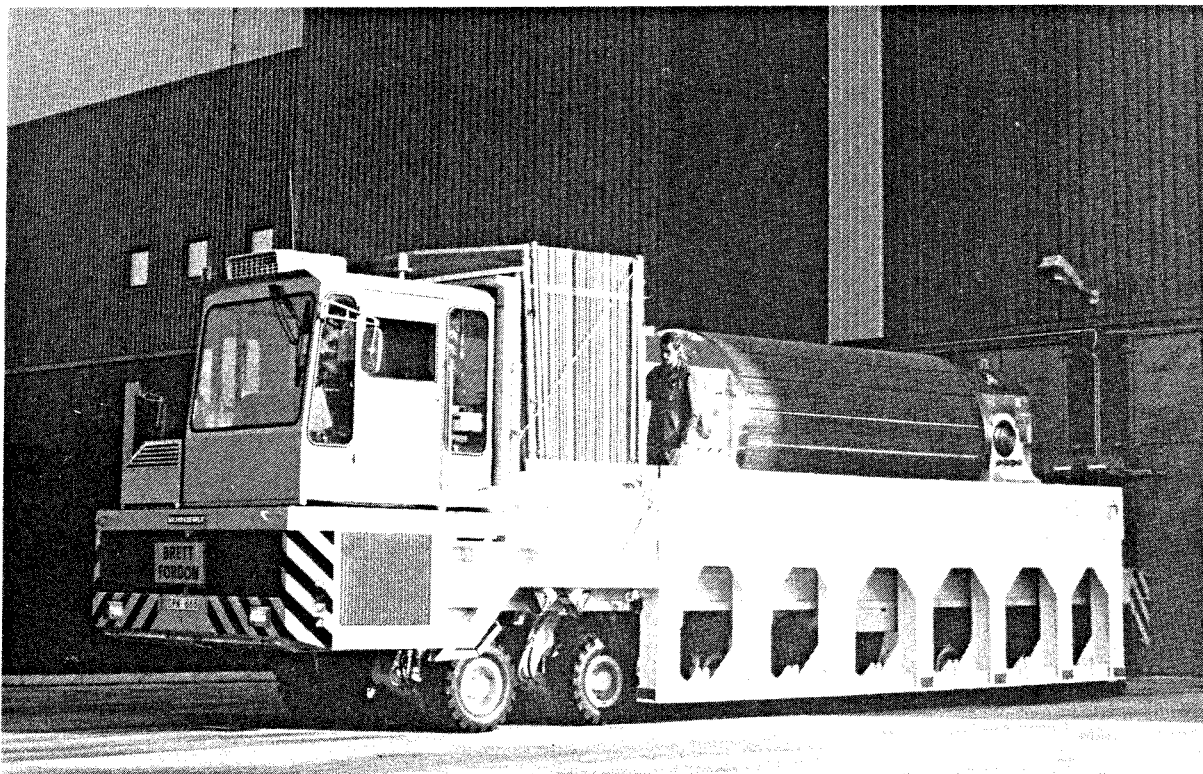
Då slutlagring av det högaktiva (långlivade) avfallet skall ske först en bit in på 2000-talet kan nya metoder innebära förändringar i såväl utformning som kostnader.

I Figur 2.1 visas vilka anläggningar som ingår och hur avfallshanteringen planeras ske. Några av anläggningarna är under byggnad eller i drift, vilket ger ett gott underlag för kostnadsberäkningar. För övriga anläggningar har inte utformningen valts ännu. Som underlag för kostnadsberäkningarna har emellertid en möjlig avfallshantering beskrivits i detalj och layoutritningar upprättats. Två anläggningar, SFL 1 och SFR 2, som tidigare funnits med i systemet har i år utgått. Tidplanen för anläggningarnas byggnad och drift framgår av Figur 2.2.

2.2 FORSKNING OCH UTVECKLING

Forskningsverksamheten syftar till att ta fram nödvändigt kunskaps- och dataunderlag och att utveckla lämpliga metoder för en säker slutförvaring av det radioaktiva avfallet. En uppdaterad forskningsplan kommer att presenteras i september 1986.

Insatserna omfattar dels grundläggande studier för att fördjupa kunskaperna kring de processer, som bestämmer slutförvarets säkerhet, dels studier av möjliga förlägningsplatser och alternativa utformningar av barriärsystemet i ett slutförvar (ref. 4).



Figur 2.3 Transportbehållare för använt bränsle lastad
på terminalfordon

Under 1990-talet kommer detaljerade geologiska undersökningar att genomföras på en eller ett par platser. I dessa ingår bland annat sänkning av ett schakt eller tunnel ner till förvarsnivå. Från senare delen av 90-talet planeras även pilotförsök och testanläggningar, där utrustningar och arbetsmetoder kommer att testas.

Fr o m år 2010, då byggandet av slutförvaret för det långlivade avfallet påbörjas, redovisas inga separata FoU-kostnader. De inkluderas 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.

För drift och underhåll av fartyget har avtal träffats med Rederiaktiebolaget Gotland. Genom avtalet finns dessutom möjlighet att som reserv utnyttja ro/ro-fartyget M/S Gute, vilket har stora likheter med M/S Sigyn.

Vid transportererna används behållare som konstruerats för att fylla höga krav på strålskärning och tåla stora yttre påkänningar. Använt bränsle, hårdkomponenter och interna delar kommer att transporteras i cylindriska transportbehållare, se Figur 2.3. En transportbehållare rymmer mellan 3 och 6 ton bränsle. För transport av medelaktivt avfall till SFR kommer strålskärmande stålbehållare att användas. De rymmer ca 20 m³ avfall. Maximala transportvikten per behållare är 120 ton. För lågaktivt avfall från driften liksom för huvuddelen av rivningsavfallet kan standardcontainers användas.

Vid lastning och lossning transporteras behållarna kortare sträckor mellan lager och fartyg med hjälp av speciella terminalfordon.

Transportsystemet som varit i drift sedan 1983 har t o m juni 1986 transporterat 57 ton bränsle till Frankrike (Cherbourg) och 250 ton bränsle till CLAB. 1988 beräknas transporter av driftavfall kunna påbörjas till SFR.

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 15-20 mil med järnväg till SFL.

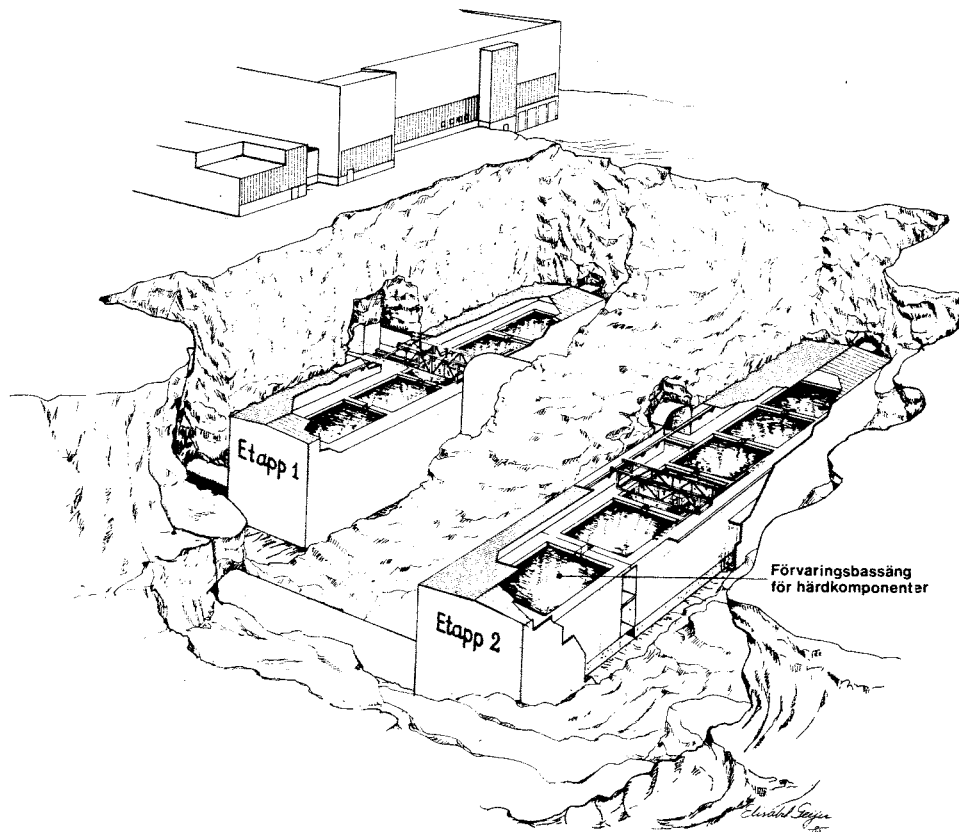
2.4 CENTRALT LAGER FÖR ANVÄNT BRÄNSLE, CLAB

Det centrala lagret för använt bränsle, CLAB, är placerat intill Oskarshamnsväret. Lagret har tagits i drift under 1985 och kan i sin nuvarande storlek lagra drygt 3 000 ton bränsle (uranvikt) i 4 bassänger. I mitten av 1990-talet kommer kapaciteten att byggas ut, så att allt bränsle från det svenska programmet, ca 8 000 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.

Utökningen av förvaringskapaciteten planeras ske genom att ett nytt bergtrum 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.



Figur 2.4 CLAB lagerdel etapp 1 och 2

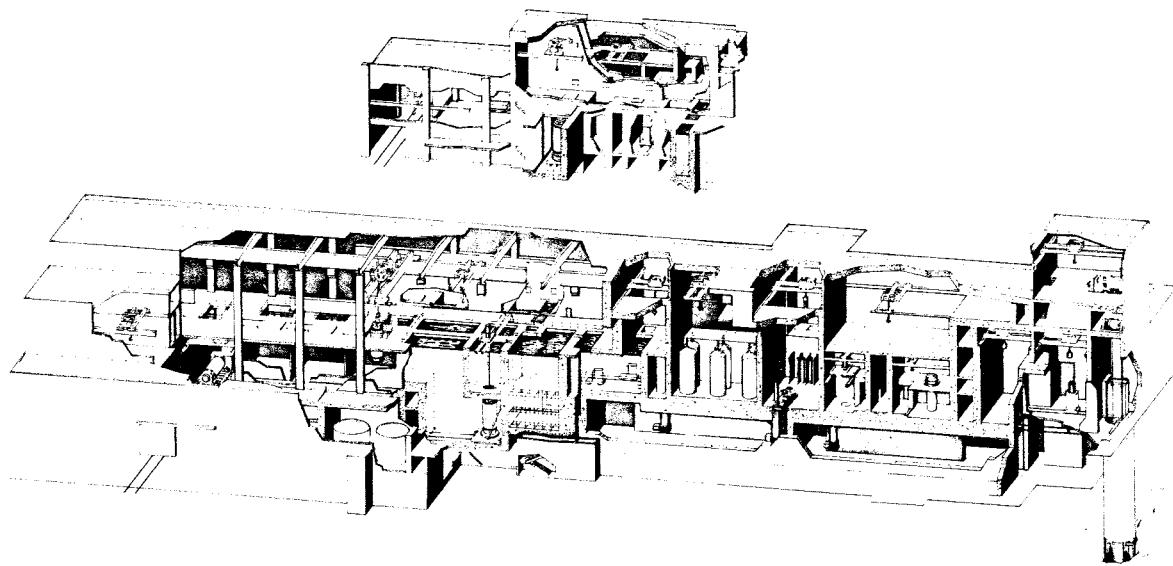
Den fasta personalstyrkan under drift är ca 75 man. Härtill kommer servicepersonal som främst tas huvudsakligen ur OKGs ordinarie basorganisationen. I genomsnitt motsvarar dessa insatser ca 60 helårstjänster. Under perioder, då ingen in- eller utlastning sker, kan personalstyrkan reduceras med ca 15 man.

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 förvaringsnivån.

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



Figur 2.5 Behandlingsstation för använt bränsle

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.
- Hjälpssystem med bl a kyl- och reningssystem samt el- och kontrollutrustning.
- I en sidobyggnad inryms 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 locksveitsning, 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 dag under 10 månader.) Anläggningen drivs huvudsakligen på dagtid. Driftpersonalen är inräknad i SFLs platsorganisation. Totalt skall 5 560 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 Norrlands inland. Transporterna antas ske med fartyg till en befintlig hamn och därifrån med järnväg till slutförvaret. I kostnadsalkylen har hamnen kompletterats med en separat ro/ro-kaj, breddad och fördjupad inseglingsränna, hamnplan, vaktkur m m. Vidare antas att 50 kilometer järnväg fram till SFL behöver nyanläggas och att tillhörande utrustning (lok, vagnar o d) anskaffas.

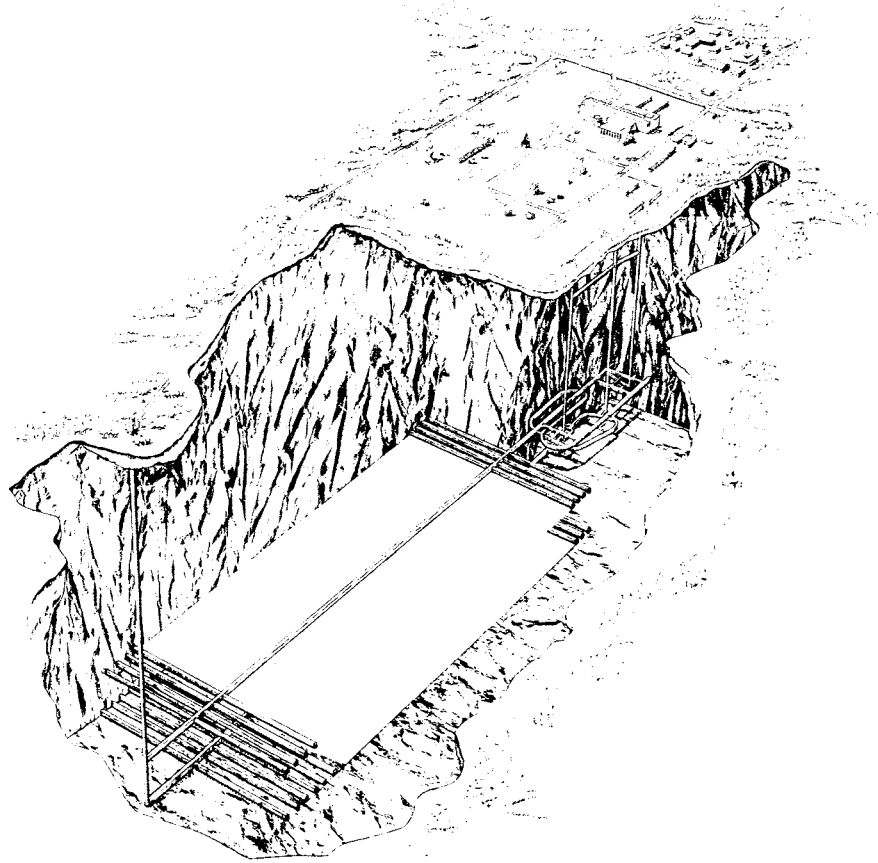
Vid SFL byggs serviceanläggningar såsom bostäder, verkstäder, vatten och avlopp, elförsörjning, betongstation, matsalar, vaktlokal m m. På platsen kommer även att finnas kompakteringsanläggning för bentonit och krossanläggning för bergmaterial.

Till de gemensamma anläggningarna räknas även den centrala administrationsbyggnaden och platsorganisationen. Under driftskedet kommer totalt ca 350-400 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 2015) och behandlingsstationen, samt långlivat avfall från Studsvik
- SFL 4 för rivningsavfall från mellanlager och behandlingsstation
- SFL 5 för hårdkomponenter och interna delar

Ett tidigare använt utrymme, SFL 1, för förglasat avfall från upparbetning har utgått.



Figur 2.6 SFL-B5 (exkl SFL 3-5) Översikt

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 två plan med en sammanlagd längd av ca 38 km. Deponeringstunnlarna är förbundna med två transporttunnlar. Deponeringstunnlarna ligger på ett inbördes avstånd av 33 m och har en area på 14 m².

Avfallet placeras i borrarade vertikala hål i tunnelbotten 7,5 m djupa och 1,5 m i diameter. Avståndet mellan deponeringshål är 6 m. Kopparkapslarna omges i deponeringshål av ett 35 cm tjockt lager av kompakterad bentonit. Tunnel- och hålavstånd har valts, så att maximala temperaturen i bentoniten ej överstiger 80°C. Antalet deponeringshål är 5 560. För att ta hänsyn till vissa bergpartier, där deponering ej bör ske, har 10 % reservtunnlar lagts in.

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 kompakterad bentonit appliceras runt kapseln i hålet.

Deponeringstunnlarna återfylls med en blandning av bentonit (10-20 %) och sand. Återfyllningen sker i etapper sedan deponeringen i 8 à 10 deltunnlar har genomförts.

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 2020-2049 (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 2015, då SFR 1 stängts, placeras i SFL 3, 4 eller 5 beroende på avfallstyp. Hänsyn till temperatureffekter erfordras ej då värmeavgivningen är obetydlig. Lagren, som ligger på ca 500 m djup nås genom ett gemensamt schakt. Det är placerat några kilometer ifrån SFL 2.

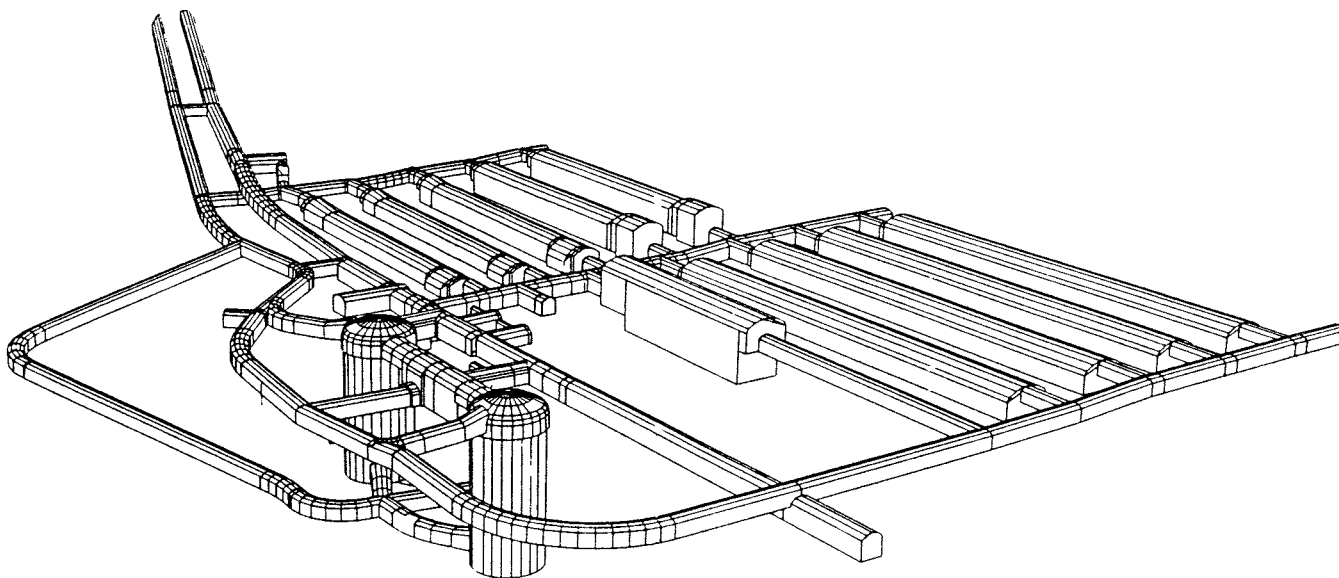
SFL 3 utgörs av en 120 m lång, 18 m bred och 21 m hög bergsal. Avfallet staplas i betongceller 2,5 m i fyrkant, varefter resterande tomrum i cellerna fylls med betong. All hantering utförs fjärrstyrt med en hanteringsmaskin. Utrymmet mellan betongcellerna och berget utfylls med sand-bentonitblandning.

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 hårdkomponenter 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 byggs ett slutförvar för driftavfall från kärnkraftverken. Anläggningen är placerad under Östersjön med ca 60 m bergtäckning. Från hamnen i Forsmark leder två stycken 1 km långa tillfartstunnlar ut till förvarsområdet. I anslutning till SFR 1 planeras även slutförvar för kärnkraftverkens rivningsavfall, SFR 3. SFR 2 som är avsett för hårdkomponenter m m förutsätts i denna utredning ej komma till utförande utan är ersatt av SFL 5.



Figur 2.7 SFR fullt utbyggt

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

SFR 1

SFR 1 kommer att bestå av fem till sex stycken 160 m långa bergsalar samt två stycken 70 m höga cylindriska bergrum, som innehåller betongsilor. I de senare placeras det avfall, som innehåller huvuddelen av de radioaktiva ämnena. I den första byggnadsetappen byggs 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.

Betongsilon står på en bädd av sand och bentonit. Invändigt är varje silo uppdelad i vertikala fack, där avfallet placeras och kringgjuts med betong. Utrymmet mellan silon och berget fylls sedan med bentonit. Ovanför silon sker fyllningen 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 beräknas tas i drift 1988 och förslutas i mitten av 2010-talet. Under drift behövs en personalstyrka på 20 à 25 man.

SFR 3

Rivningsavfallet från kärnkraftverken och Studsvik kommer att deponeras i SFR 3. SFR 3 planeras bestå av 5-6 bergsalar av liknande typ som i SFR 1. Huvuddelen av rivningsavfallet kan transporteras i standardcontainers, 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. En separat studie har genomförts av teknik och kostnader för att riva de svenska kärnkraftverken (ref. 5), och dess resultat används här.

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 fördelar med senare rivning. Här antas att verken rivs tidigt, vilket med hänsyn till effekten av realräntan är konservativt ur avgiftssynpunkt.

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.

Huvuddelen av den utrustning som kommer att användas vid rivningsarbeten används redan idag vid ombyggnads- och revisionsarbeten på kärnkraftverken. Specialutrustning behöver endast tas fram för demontering av reaktortanken.

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 mellanlagrade i CLAB under ca 30-40 år, innan de slutdeponeras i SFL 5. Övrigt radioaktivt rivningsavfall kommer att direkt transporteras till SFR 3 och deponeras där. En stor mängd 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 det scenario och de anläggningar, system m m, som beskrivits i kapitel 2.

I redovisningen särskiljs nedlagda kostnader till och med 1986, och framtida kostnader. De framtida kostnaderna är beräknade i prisnivån januari 1986. Tidigare nedlagda kostnader anges i löpande penningvärde.

Nya kostnadskalkyler har gjorts för alla anläggningar och system. Erfarenheterna från CLAB, SFR och transportsystemet har därvid tillgodgjorts.

Kostnaderna finns redovisade i detalj i ett datoriserat sammanställningssystem, vilket ger möjlighet till nuvärdesberäkningar och variationsanalyser samt fördelning av kostnaderna på olika användare.

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 eller under byggnad, är detta underlag mycket detaljerat, medan detaljeringsgraden är lägre för framtida anläggningar.

Beräkningen av kostnaderna för de framtida anläggningarna 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. De tillägg som görs för dessa kostnader är relativt väl kända, även om variationerna kan vara stora beroende på arbetets karaktär och yttre omständigheter.

På de beräknade baskostnaderna görs ett pålägg för oförutsett. Påläggets storlek bedöms objektvis med hänsyn till riskerna för komplikationer och anläggningens grad av teknisk bearbetning. Detta innebär att pålägget är störst för de anläggningar som ligger långt fram i tiden. I genomsnitt är det ca 28 %.

3.3 REDOVISNING AV FRAMTIDA KOSTNADER

De i detta avsnitt redovisade kostnaderna är angivna i prisnivån januari 1986 och är icke nuvärdesberäknade. Kostnaderna är emellertid 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 kostnadslag. De totala framtida kostnaderna från och med 1987 uppgår till MSEK 39 300.

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. De framtida kostnaderna enligt finansieringslagen från 1987 uppgår till MSEK 37 900.

Tabell 3.2 visar de framtida kostnaderna, uppdelade per objekt i tiden.

Figur 3.1 ger en sammanställning av de årliga framtida kostnaderna.

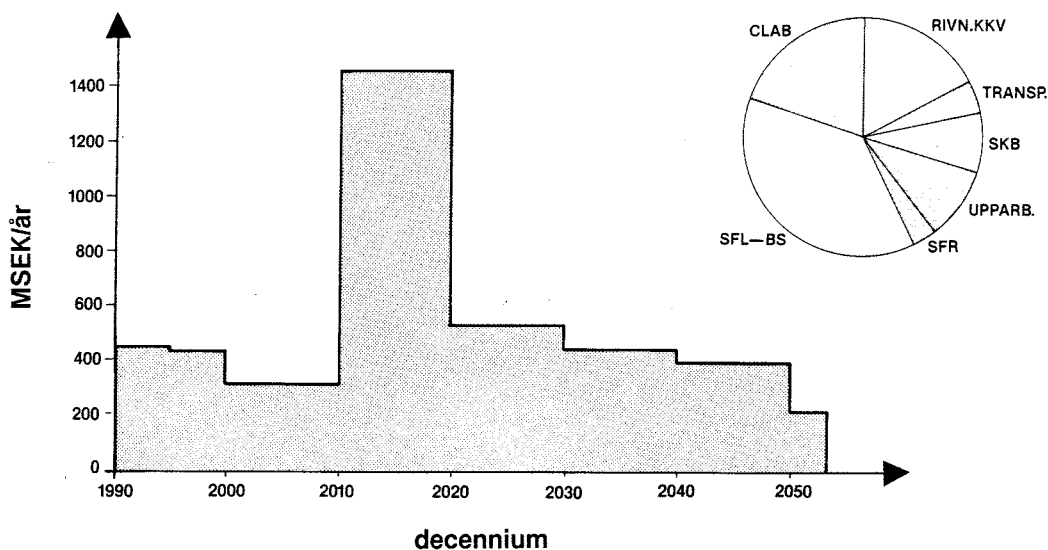
Tabell 3.1 Sammanställning av framtida kostnader (MSEK)
fr o m 1987, inkl påslag för oförutsett
(Prisnivå januari 1986)

Objekt	Kostnads- slag	Totala fram- tida kostnader	Summa fram- tida kostnader per objekt	Framtida kostn. enligt finansieringslagen 1)
SKB, Adm, FoU	-	3 158	3 158	3 158
Transport	Investering Reinvestering Drift	56 440 1 013	1 509*)	1 271
Rivn. kkv	Avställningsdrift Rivning	873 6 690	7 563	7 563
CLAB	Investering Reinvestering Drift Rivning	621 594 4 889 228	6 331	6 331
SFL-BS GA	Investering Reinvestering Drift Rivning	1 876 116 1 407 132	3 531*)	3 422
BS	Investering Reinvestering Drift Rivning	2 310 80 4 241 236	6 866	6 866
SFL 2	Investering Reinvestering Drift Försegling Rivn.	2 614 28 407 2 136 30	5 216	5 216
SFL 3-5 GD	Investering Reinvestering Drift Rivn.+försegling	472 16 166 127	781*)	610
SFL 3	Investering Drift Rivn.+försegling	324 16 64	403*)	183
SFL 4	Investering Drift Rivn.+försegling	27 11 1	39	39
SFL 5	Investering Drift Rivn.+försegling	103 19 50	172	172
SFR GD	Investering Rivn.+försegling	136 2	138*)	17
SFR 1	Investering Drift Rivn.+försegling	297 240 60	597*)	75
SFR 3	Investering Drift Rivn.+försegling	275 98 35	408*)	392
Upparbetning ²⁾	-	2 614	2 614	2 614
Totalt	-		39 326	37 929

* Innefattar även kostnader utanför finansieringslagen (enligt 1)).
Totalt över samtliga berörda objekt (exkl riskpåslag): Studsviksavfall m m MSEK 570.
Övrigt låg- och medelaktivt avfall MSEK 826.

1) Framtida kostnader minus kostnader för studsviksavfall 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 1986)

Tabell 3.2 Framtida kostnader per objekt enligt finansieringslagen¹⁾ fördelade i tiden (MSEK Prisnivå januari 1986)

År	SKB Adm, FoU	Transp.	Rivn. kkv	CLAB	SFL- -BS	SFR 1 o 3	Upparb.	Summa kostnader	Ackumulerade kostnader
1987-89	270	96	0	253	0	29	844	1 492	1 492
1990-94	498	73	0	526	0	6	1 141	2 244	3 736
1995-99	483	69	0	920	0	33	629	2 134	5 870
2000-talet	1 907	260	0	906	0	27	0	3 100	8 970
2010-talet	0	158	6 893	924	5 660	322	0	13 957	22 927
2020-talet	0	349	670	1 024	3 135	67	0	5 245	28 172
2030-talet	0	139	0	877	3 621	0	0	4 637	32 809
2040-talet	0	126	0	882	3 002	0	0	4 010	36 819
2050-talet	0	0	0	19	1 089	0	0	1 108	37 927
Totalt fr o m 1987	3 158	1 271	7 563	6 331	16 508	484	2 614	37 927	

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

3.4 TIDIGARE NEDLAGDA KOSTNADER

Tabell 3.3 redovisar nedlagda kostnader till och med 1985 i löpande prisnivå och 1986 års budgeterade kostnader.

Tabell 3.3 Nedlagda och beräknade kostnader t o m 1986 (MSEK Löpande penningvärde)

Objekt	Kostnadsslag	Nedlagda kostnader tom 1985	Beräknade kostnader 1986
SKB	-	334	82
Transport	Investering	129	3
	Drift	193	57
CLAB	Investering	1 730	20
	Drift	95	158*)
SFR 1	Investering	255	265
	Drift		1
Upparbetning	-	1 414	614
Totalt		4 150	1 200

*) Inkluderar ett engångsbelopp på 75 MSEK

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 anläggningsdel. Inkapslingsstationens 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 olika delar av systemet (Prisnivå januari 1986)

OBJEKT	KOSTNAD MSEK	MÄNGD	ENHET (PARAMETER)	kSEK/ ENHET	MARG.KOSTN kSEK/ENHET	ANMÄRKNING
<u>TRANSPORTER</u>						Omfattar kostnader för alla transporter av resp. avfall
Totalt	1 950	13 600	trpt enhet	143		Fartygstransporterat bränsle och avfall. Trpt. enhet är B-behållare eller container
Använt bränsle	1 410	7 627	ton bränsle	185	51	Kostn inkl härdkomponenter samt LM-avfall från CLAB. 1664 ton bränsle internt transporterats OKG-CLAB
Driftavfall från KKV	170	59 300	m ³ LM-avfall	2,9	0,3	Med fartygstransport från KKV till SFR 1, av totalt 72 800 m ³
Rivningsavfall från KKV	270	68 000	m ³ rivningsavfall	4,0	0,5	Med fartygstransport från KKV till SFR 3, av totalt 100 000 m ³ . Inkl. interna delar till SFL 5
Studsavfall	100	13 060	m ³ avfall	7,7	0,6	Varierande avfall
<u>MELLANLAGER</u>						
CLAB	8 700	7 627	ton bränsle	1 141	330	Inkl härdkomponenter och reaktorernas interna delar (ca 10 % av lagervolymen)
<u>SLUTLAGER</u>						
SFL-BS totalt	17 008	7 627	ton bränsle	2 230	1 020	
		alt 5 560	kopparkapsel	3 059	1 400	
BS	8 710	7 627	ton bränsle	1 142	540	Inkl del av SFL GA samt härdkomp.
		alt 5 560	kopparkapsel	1 567	740	
SFL 2	6 530	7 627	ton bränsle	856	460	Inkl del av SFL GA,
		alt 5 560	kopparkapsel	1 175	640	Inkl del av SFL GA,
SFL 3	910	11 000	m ³ LM-avfall	83	21	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-
SFL 4	50	10 300	m ³ rivn.avfall	4,9	1,5	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-
SFL 5	810	2 350	kokill	345	37	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-
		alt 7 627	ton bränsle	106	14	Inkl del av SFL GA och omförd. SFL 3-
SFR 1	1 270	89 100	m ³ LM-avfall	14	6	Inkl omfördelning SFR 1 och 3
SFR 3	408	104 000	m ³ rivningsavfall	3,9	2	Inkl omfördelning SFR 1 och 3
Samtliga anläggningar exkl LM-avfall, Studsavfall, rivningsavfall och upparbetning	26 150	7 627	ton bränsle	3 430	1 390	Inkl härdkomponenter och FoU

REFERENSER

1. KBS 3
Kärnbränslecykelns slutsteg
Använt kärnbränsle, Del 1-IV
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB
Maj 1983
2. Värme kraftens tillgänglighet
Rapport från KRAFTSAMs driftutskott
Januari 1985
3. Kärnkraftens slutsteg
Alternativa tidplaner för hantering av använt kärnbränsle
- konsekvenser för planering, säkerhet och kostnader
Svensk Kärnbränslehantering AB
December 1985
4. SKB Annual Report 1985
Svensk Kärnbränslehantering AB
April 1986
5. Teknik och kostnader för rivning av svenska kärnkraftverk
Svensk Kärnbränslehantering AB
Maj 1986

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 transportenheter B-behållare/ container	Volym i slytlager m ³	Sluttransporteras till
Använt BWR-bränsle	0.14x0.14x4.383	32 708	1 924	12 600	BS/SFL 2
Använt PWR-bränsle	0.214x0.214x4.103	3 924	561		
Härdkomponenter samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	450	450	19 500*	BS/SFL 5
Reaktorernas interna delar samlade i kassetter	0.8x0.8x4.6	555	555		
Crudavfall från CLAB till silo	ϕ 1.1, L = 1.44	150 28	25 5	260 50	SFR 1 SFL 3
Medelaktivt driftavfall från CLAB till silo	1.2x1.2x1.2/ ϕ 0.6, L = 0.9	3 990 2 850	370 191	6 900 4 030	SFR 1 SFL 3
Lågaktivt driftavfall från CLAB till bergsal	Diverse	1 550 440	90 33	2 100 700	SFR 1 SFL 4
Långlivat avfall från Studsvik till silo	ϕ 0.6, L = 0.9	18 000	380	6 000	SFL 3
Medelaktivt avfall från Studsvik till silo	ϕ 0.6, L = 0.9	5 750	100	1 860**	SFR 1
Låg- och medelaktivt avfall från Studsvik till bergsal	ϕ 0.6, L = 0.9/1.2x1.2x1.2	11 960	195	5 200**	SFR 1
Medelaktivt driftavfall från inkapsl.stationer till silo	1.2x1.2x1.2	520	43	900	SFL 3
Medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken till silo	1.2x1.2x1.2/ ϕ 0.6, L = 0.9	21 400	1 280	23 600	SFR 1
Medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken i betongtankar till berggrum	3.3x1.3x2.15	1 540	515	15 400	SFR 1
Medelaktivt driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	1.2x1.2x1.2/ ϕ 0.6, L = 0.9	22 270	630	13 700	SFR 1
Lågaktivt driftavfall från kärnkraftverken till bergsal	ϕ 0.6, L = 0.9 Diverse	30 240	650	20 100	SFR 1
Rivningsavfall från kärnkraftverken till berggrum	ISO-cont. m m	4 800	4 800	100 000	SFR 3
Rivningsavfall från Studsvik till berggrum	ISO-cont.	140	140	4 000	SFR 3
Rivningsavfall från CLAB och BS till berggrum	2.4x2.4x2.4	640	640	8 900	SFL 4
Transportbehållare		30	30	400	SFL 4
Summa ca		164 000	13 600	246 000	

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

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