

SKBF
KBS

TEKNISK
RAPPORT

79-15

**Kostnader för hantering och slutför-
varing av högaktivt avfall och använt
kärnbränsle**

Sammanställd av Arne W Finné

Åke Larson Byggare AB
April 1979

SVENSK KÄRNBRÄNSLEFÖRSÖRJNING AB / PROJEKT KÄRNBRÄNSLESÄKERHET

POSTADRESS: Kärnbränslesäkerhet, Box 5864, 102 48 Stockholm, Telefon 08-67 95 40

KOSTNADER FÖR HANTERING OCH SLUTFÖRVARING AV
HÖGAKTIVT AVFALL OCH ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE

Sammanställd av Arne W Finné

Åke Larson Byggare AB

April 1979

Underlag till denna rapport har lämnats av ett flertal medverkande i KBS-projektet. Rapporten avser att ge en uppfattning i stort av kostnaderna för vissa av kärnbränslecykelns slutsteg, så som de beskrivits i KBS rapporter rörande förglasat avfall och använt bränsle.

En förteckning över hittills utkomna rapporter i denna serie, som påbörjades 1979, återfinns i slutet av rapporten. Uppgift om KBS tekniska rapporter nr 1 - 120 i en tidigare serie kan erhållas från SKBF/KBS.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

KOSTNADER FÖR HANTERING OCH SLUTFÖRVARING AV HÖGAKTIVT AVFALL OCH ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE

	SUMMARY	i
	SAMMANFATTNING	1
1	INLEDNING	3
1.1	Förutsättningar	
1.2	Utförandet av kostnadsberäkningarna	
1.3	Forskning och utveckling	
2	ALTERNATIVET UPPARBETNING	6
2.1	Centralt bränslelager	
2.2	Mellanlager och inkapslingsstation	
2.3	Slutförvar	
2.4	Transporter	
2.5	Sammanfattning av alternativet upparbetning	
3	ALTERNATIVET DIREKTDEPONERING	18
3.1	Centralt bränslelager	
3.2	Inkapslingsstation	
3.3	Slutförvar	
3.4	Transporter	
3.5	Sammanfattning av alternativet direktdeponering	
BILAGOR		
Bilaga 1	Kostnad för kärnbränslecykelns slutsteg utformad enligt KBS	
Bilaga 2	Anläggningarnas kapacitetsbehov vid olika tidpunkter	
Bilaga 3	Tidplan för anläggningarnas byggande och drift	

SUMMARY

This report is concerned with the results of a calculation of certain costs for the handling and final storage of spent nuclear fuel in accordance with the proposals presented in two KBS reports. The first report deals with the handling and final storage of vitrified high level reprocessing waste, while the second deals with the direct disposal of unprocessed spent nuclear fuel. In both cases, the proposed facilities are designed to handle all the fuel discharged from 13 reactors over a period of 30 years of operation, corresponding to about 9000 metric tons of uranium.

In reality, it may be necessary to dispose of waste in accordance with both alternatives. Since the proportions of the two types of waste are not yet known, the alternatives are presented here separately in their pure form.

The initial and operating costs have been calculated in 1978 monetary values for each stage of the "back end" of the nuclear fuel cycle. Reprocessing is assumed to take place abroad, and the costs for this reprocessing are not specified in this report, nor is the value of recovered uranium and plutonium. The costs specified below therefore do not reflect the total cost of the back end of the nuclear fuel cycle (which also includes reprocessing), but rather only the cost of the stages studied by KBS. For this reason, it is not possible to obtain a total cost relationship between the two alternatives from the reported data.

The total costs for the vitrified reprocessing waste alternative have been calculated to be Skr 9000 million, while the total costs for the alternative with direct disposal of unprocessed spent fuel have been calculated to be Skr 13 500 million. This does not include value-added tax and costs for the handling and disposal of low- and medium-level waste either from reprocessing or from nuclear facilities in Sweden; nor does it include costs for decommissioning.

It is possible to obtain an idea of the relative significance of the quoted cost figures by dividing the costs by the total amount of energy that can be produced from the amount of fuel in question, which is equivalent to 9000 metric tons of uranium. This amount of energy is approximately 2000 TWh, so that the costs correspond to about $0.5 \text{ öre/kWh}^{\text{x)}}$ for the first alternative and about 0.7 öre/kWh for the second alternative. (Interest is not considered here).

The cost per produced kWh has also been calculated according to the present value method with a "real interest rate" of 4%, in which case it is about 0.4 öre/kWh for both alternatives. The reason why the costs for the direct disposal alternative are reduced more than the costs for the reprocessing alternative is due to the spreading of the costs over time.

In order to illustrate the effects of the capacity of the system on the costs, a rough calculation has also been carried out for a fuel quantity of 4500 metric tons. The cost per produced kWh is thereby about 60% higher for the reprocessing alternative and 50% higher for the direct disposal alternative. An estimate of how the cost depends on the total amount of disposed waste is shown in Appendix 1.

Cost calculations for facilities that are to be build and operated for such a long period of time as we are concerned with here cannot, for natural reasons, be anything other than approximate. The merit of the present value calculation over such a long period of time is also dubious.

x) 1 öre = Skr 0.01

SAMMANFATTNING

I denna rapport redovisas resultatet av en beräkning av vissa kostnader för kärnbränslecykelns slutsteg utformade enligt KBS två huvudrapporter. Den första huvudrapporten avser förglasat avfall från upparbetning, den andra direktdeponering av använt bränsle. I båda fallen är ingående anläggningar dimensionerade för att kunna ta hand om allt bränsle som tas ut från 13 reaktorer under 30 års drift vilket motsvarar ca 9000 ton uran.

I verkligheten kan det bli fråga om att ta hand om avfall enligt båda alternativen. Då proportionerna t v inte är kända presenteras alternativen här var för sig i renodlad form.

Investerings- och driftkostnaderna har beräknats i 1978 års prisnivå för varje del av bränslecykelns slutsteg. Upparbetning förutses ske utomlands och kostnaderna härför redovisas ej i denna rapport, ej heller värdet av återvunnet uran och plutonium. Nedan angivna kostnadsuppgifter avspeglar därför inte totalkostnaden för kärnbränslecykelns slutsteg utan endast kostnaden för de led som studerats av KBS. Någon total kostnadsrelation mellan de två behandlade alternativen erhålls därför ej heller av de redovisade uppgifterna.

Sammanlagt har kostnaderna beräknats till 9000 Mkr för alternativet förglasat avfall från upparbetning och till 13 500 Mkr för alternativet med direktdeponering av använt bränsle. Häri ingår ej mervärdeskatt och kostnader för omhändertagandet av låg- och medelaktivt avfall vare sig från upparbetning eller från kärntekniska anläggningar i Sverige, ej heller rivningskostnader.

Ett begrepp om den relativa innebörden av angivna kostnader erhålls om man fördelar dem på den totala energimängd som kan utvinnas ur den aktuella bränslemängden som motsvarar 9000 ton uran. Denna energimängd utgör ca 2000 TWh och kostnaderna motsvarar då ca 0,5 öre/kWh respektive ca 0,7 öre/kWh. Dessa värden gäller om man bortser från räntebegreppet.

Kostnaden utslagen på producerad kWh har även beräknats enligt nuvärdesmetoden med en "realränta" av 4% och blir då ca

0,4 öre/kWh för båda alternativen. Att kostnaderna för alternativet direktdeponering minskar mer än för alternativet upparbetning beror på kostnadernas fördelning i tiden.

För att belysa inverkan på kostnaderna av systemets kapacitet har en överslagsberäkning även utförts för en bränslemängd av 4500 ton. Kostnaden per producerad kWh ökar därvid med ca 60% i upparbetningsalternativet och med ca 50% i direktdeponeringsalternativet.

Kostnadsberäkningar för anläggningar som skall byggas och vara i drift under en så lång tid som det här är fråga om kan, av naturliga skäl, inte vara annat än ungefärliga. Berättigandet av en nuvärdesberäkning över så lång tid kan också ifrågasättas.

1 INLEDNING

1.1 FÖRUTSÄTTNINGAR

Denna rapport har på uppdrag av SKBF/Projekt KBS sammanställts av Åke Larson Byggare AB med A W Finné som handläggare. Den har till syfte att ange investerings- och driftkostnaderna för hantering och förvaring av högaktivt avfall från de svenska kärnkraftstationerna.

Kostnaderna har beräknats för de två alternativa system för omhändertagandet av det högaktiva avfallet som redovisas i KBS två huvudrapporter "Förglasat avfall från upparbetning" och "Använt bränsle", i fortsättningen benämnda "alternativet upparbetning" respektive "alternativet direktdeponering". I alternativet upparbetning redovisas kostnader för följande delar:

- centralt bränslelager (kapacitet 3000 ton)
- mellanlager och inkapslingsstation (kapacitet 6000 ton)
- slutförvar (kapacitet 9000 ton)
- transporter av använt bränsle och förglasat avfall

Däremot redovisas inte kostnader för:

- upparbetning
- hantering och slutförvaring av det låg- och medelaktiva avfall som erhålls från den centrala bränslelagringen eller upparbetningen och ej heller
- värdet av det uran och plutonium som återvinns vid upparbetningen

I alternativet direktdeponering redovisas kostnader för följande delar:

- centralt bränslelager (kapacitet 9000 ton)
- inkapslingsstation
- slutförvar (kapacitet 9000 ton)
- transporter av använt bränsle

Däremot redovisas inte kostnader för:

- hantering och slutförvaring av det låg- och medelaktiva avfall som erhålls från den centrala bränslelagringen.

De här angivna kostnaderna ger sålunda ej en fullständig bild av kostnaderna för kärnbränslecykelns slutsteg och möjliggör ej

heller någon kostnadsjämförelse mellan de två behandlade alternativen.

Båda alternativen är dimensionerade för omhändertagandet av använt bränsle från 30 års drift av 13 reaktorer, vilket motsvarar ca 9000 ton uran.

I verkligheten kan det bli fråga om att ta hand om avfall i enlighet med båda alternativen. Men eftersom proportionerna inte är kända presenteras alternativen här var för sig i renodlad form.

I bilaga 1 redovisas schematiskt när de i de båda alternativen ingående anläggningarna förutsätts bli utnyttjade.

För alternativet upparbetning har i enlighet med detta schema antagits:

- att bränsleuttaget är konstant 300 ton/år från och med 1980
- att det centtala bränslelagret tas i drift 1980
- att 750 ton sänds till upparbetning under 80-talet, 2250 ton under 90-talet och därefter 3000 ton under vardera av de två följande 10-årsperioderna
- att förglasat avfall från upparbetningen återsänds 10 år efter det att bränslet sänts till upparbetning.

I själva verket kommer bränsleuttagen inte att uppgå till 300 ton/år förrän i slutet av 80-talet. Å andra sidan började de redan under 70-talet varför den ackumulerade mängden kommer att uppgå till nära 3000 ton år 1990. Centrallagret förutses i verkligheten vara i drift först år 1984. De här angivna schematiska förutsättningarna ger därför inte en riktig detaljbild av förhållandena under 80-talet. Denna rapport avser emellertid endast ge en översiktlig bild och kostnadernas fördelning i tiden har endast angetts för varje årtionde, ej för enskilda år.

För alternativet direktdeponering har förutsatts att bränslet lagras under 40 års tid i ett utbyggt centrallager och därefter kapslas in och deponeras i slutförvaret. För bränsleuttagen och centrallagrets idrifttagande gäller därvid samma förutsättningar som ovan.

I bilaga 2 visas den av KBS föreslagna schematiska tidplanen för anläggningarnas uppförande och drift.

1.2 UTFÖRANDET AV KOSTNADSBERÄKNINGARNA

Vid utförandet av kostnadsberäkningarna har AB Jacobson & Widmark samt AB Vattenbyggnadsbyrån medverkat. Kostnaderna för det centrala bränslelagret och för transportsystemet är i stort sett de som framtagits av SKBFs Projekt CLAB i juli 1978. Upparbetningskostnaderna och värdet av återvunnet uran och plutonium redovisas ej i denna rapport. För upparbetningsalternativets mellanlager och inkapslingsstation samt för båda alternativens slutförvar har kostnaderna beräknats med utgångspunkt från den redovisning som finns återgiven i KBS Teknisk Rapport Nr 38,

varvid kostnaderna delvis reviderats på grundval av de mera detaljerade beräkningar som nu utförts.

De angivna byggnadskostnaderna bygger på approximativa mängdbereäkningar. Kostnaderna för processutrustningar och hjälpsystem har bedömts av de företag som medverkat i utformningen av processanläggningarna (SGN och ASEA-ATOM).

Kostnaderna har genomgående angetts i 1978 års prisnivå exkl. mervärdesskatt. Räntor under byggnadstiden ingår med en antagen "realränta" av 4%.

För det centrala bränslelagret och transportsystemet kan kostnaderna relativt väl beräknas efter de utredningar som utförts av SKBFs Projekt CLAB. För övriga anläggningar är osäkerheten större speciellt avseende investeringskostnaderna för processutrustning och hjälpsystem. I syfte att undvika en underskattning av kostnaderna har ett större påslag för "oförutsett" ansatts ju mera bristfälligt beräkningsunderlaget har bedömts vara. Sådana påslag ingår i de olika delkostnader som redovisas. För investeringskostnaderna anges dessutom ett allmänt pålägg för "oförutsett och avrundning" i varje kostnadssammanställning. Ett ytterligare pålägg av ca 20% har slutligen gjorts vid sammanställningen av kostnaderna för de båda alternativen. Sammantaget utgör påläggen mellan 30 och 50% av de beräknade nettokostnaderna.

Kostnadsberäkningar för anläggningar som skall byggas och vara i drift under en så lång tid som det här är fråga om kan, av naturliga skäl, inte vara annat än ungefärliga.

1.3 FORSKNING OCH UTVECKLING

Utöver de kostnader som redovisas i det följande för de olika delarna i kärnbränslecykelns slutsteg tillkommer kostnaderna för ett övergripande forsknings- och utvecklingsarbete samt för de undersökningar som föregår valet av förlägningsplats för slutförvaret. Dessa kostnader har uppskattats till 25 Mkr/år under 20 år, d v s sammanlagt 500 Mkr.

2.1 CENTRALT BRÄNSLELAGER

2.1.1 Beskrivning

Det centrala bränslelagret består av en underjordsdel, förlagd i berg, i vilken lagringsutrymmen för använt bränsle motsvarande 3000 ton uran och en del processystem är inrymda samt en ovanjordsdel för mottagningen av bränslet, administrations- och serviceutrymmen etc, se fig 1.

Det använda bränslet kommer till anläggningen från kärnkraftverken i transportbehållare som transporteras på ett för ändamålet specialinrett fartyg. Anläggningen förutses vara belägen nära en befintlig hamn. Transporterna till och från hamn sker med trailers.

Bränslet lastas ur i anläggningens mottagningsdel och överförs till lagringsdelen genom ett vattenfyllt schakt. Bränsleelementen lagras stående i speciella kassetter i vattenfyllda bassänger, där vattnet ger erforderlig kylning och strålskärning. Efter avslutad lagring transporteras det använda bränslet i transportbehållare med fartyg till upparbetningsanläggningen.

Den utformning av det centrala bränslelagret som legat till grund för kostnadsberäkningen avviker något från den som redovisas i KBS rapporter som ett resultat av den bearbetning av projektet som utförts av SKBFs projekt CLAB.

2.1.2 Utförande

Bergarbetena utförs med konventionella metoder varvid de utsprängda massorna transporteras till en uppläggningsplats som förutsätts vara belägen ca 2 km från anläggningen. Fullortsborrning nedifrån och upp tillämpas vid schaktdrivningen. Schaktväggar och bergrumstak förstärks med bergbult. Armerad sprutbetong anbringas på bergrummens tak och oarmerad på väggarna.

Betongstommarnas väggar utförs fristående från bergväggarna. Inträngande grundvatten uppsamlas i det mellanliggande utrymmet och leds till pumpgröpar varifrån det pumpas till recipient ovan mark.

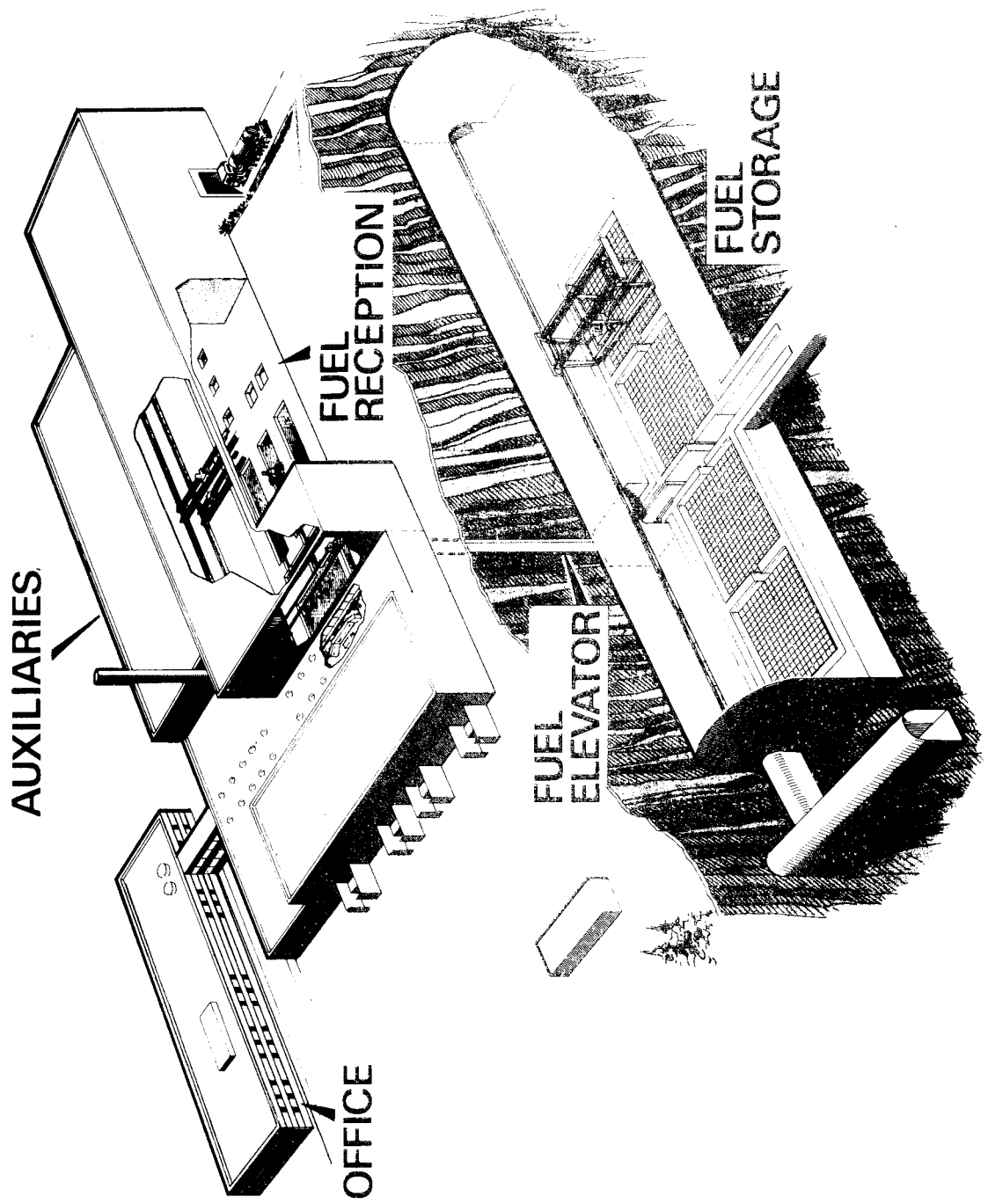


Figure 1. Central spent fuel storage.

Bränslebassängerna förses med rostfri plåtinklädnad på ett sådant sätt att tätheten kan inspekteras.

2.1.3 Investeringskostnader

<u>Allmänna kostnader</u>	Mkr
Projektledning	16
Projektering, bygg	30
Projektering, process	130
Administration	27
Gemensamma provisorier	20
<hr/>	
Summa allmänna kostnader	223
<u>Byggkostnader</u>	Mkr
Yttre anläggningar	14
Byggnader ovan jord	143
Bergarbeten	16
Byggnader i berg	67
<hr/>	
Summa byggkostnader	240
<u>Processutrustning och hjälpsystem</u>	Mkr
Mottagningsutrustning och system	31
Kassetter	60
Övrig processutrustning och hjälpsystem	100
Kontroll och elutrustning	57
Servicesystem	66
<hr/>	
Summa processutrustning och hjälpsystem	314
<u>Sammanställning</u>	Mkr
Allmänna kostnader	223
Byggkostnader	240
Processutrustning och hjälpsystem	314
Räntor (4%) under byggnadstiden	62
Oförutsett och avrundning	86
<hr/>	
Summa investeringskostnader	925

2.1.4 Driftkostnader, reinvesteringar

Driftkostnaden för det centrala bränslelagret har av SKBF/Projekt CLAB beräknats till 24 Mkr/år varav hälften utgörs av personalkostnader. Antalet anställda har därvid antagits till ca 90 personer. I denna rapport förutses en (avrundad) driftkostnad av 25 Mkr/år, varav ungefär hälften avser personalkostnader.

Därutöver kommer sannolikt efter en tid reinvesteringar att bli nödvändiga för att bli anpassa anläggningen till den teknologiska utvecklingen. Reinvesteringsbehovet har antagits vara 5 Mkr/år, med undantag av den inledande och den avslutande tioårsperioden, då inget sådant behov antagits föreligga.

Enligt tidschemat i bilaga 1 kommer det centrala bränslelagret att vara i drift under 40 år.

2.1.5 Sammanfattning

Kostnaderna, i Mkr, för det centrala bränslelagret (kapacitet 3000 ton), i 1978 års prisnivå har sammanställts i följande tabell.

År	80-90	90-00	00-10	10-20	Summa
Investeringar	925	50	50	-	1025
Driftkostnader	250	250	250	250	1000
Summa	1175	300	300	250	2025

2.2 MELLANLAGER OCH INKAPSLINGSSTATION

2.2.1 Beskrivning

Mellanlagret och inkapslingsstationen är enligt KBS förslag i huvudsak förlagd i anslutning till slutförvaret. Lokaliseringen är emellertid inte bunden till slutförvaret utan anläggningen kan måhända med fördel förläggas i anslutning till annan kärnteknisk verksamhet.

Endast entrébyggnaden med administrations- och serviceutrymmen samt vissa byggnader tillhörande ventilationssystemet är förlagda ovan jord, se fig 2. Underjordsdelen är förlagd i två bergtrum belägna vinkelrätt mot varandra. I det ena inryms mottagnings- och inkapslingsdelen och i det andra mellanlagret. Bergtrummen kommunicerar med varandra med tunnlar och med markytan med schakt och med en transporttunnel.

Det förglasade avfallet från upparbetningen kommer till anläggningen i transportbehållare som transporterats från upparbetningsanläggningen på fartyg och därefter på trailers. Anläggningen förutsätts vara lokaliserad nära en befintlig hamn.

Avfallet som är inneslutet i cylindriska behållare av rostfritt stål lastas ut och inspekteras i mottagningsdelens urlastningscell och överförs sedan till mellanlagret. Avfallet i en behållare motsvara 1 ton uran.

I mellanlagret förvaras avfallscyldrarna i stålrör som står i två betongfack. Den värme som avfallet utvecklar bortleds genom att luft cirkuleras genom lagringsrören. Lagret har en kapacitet av 6000 avfallsbehållare motsvarande 6000 ton uran.

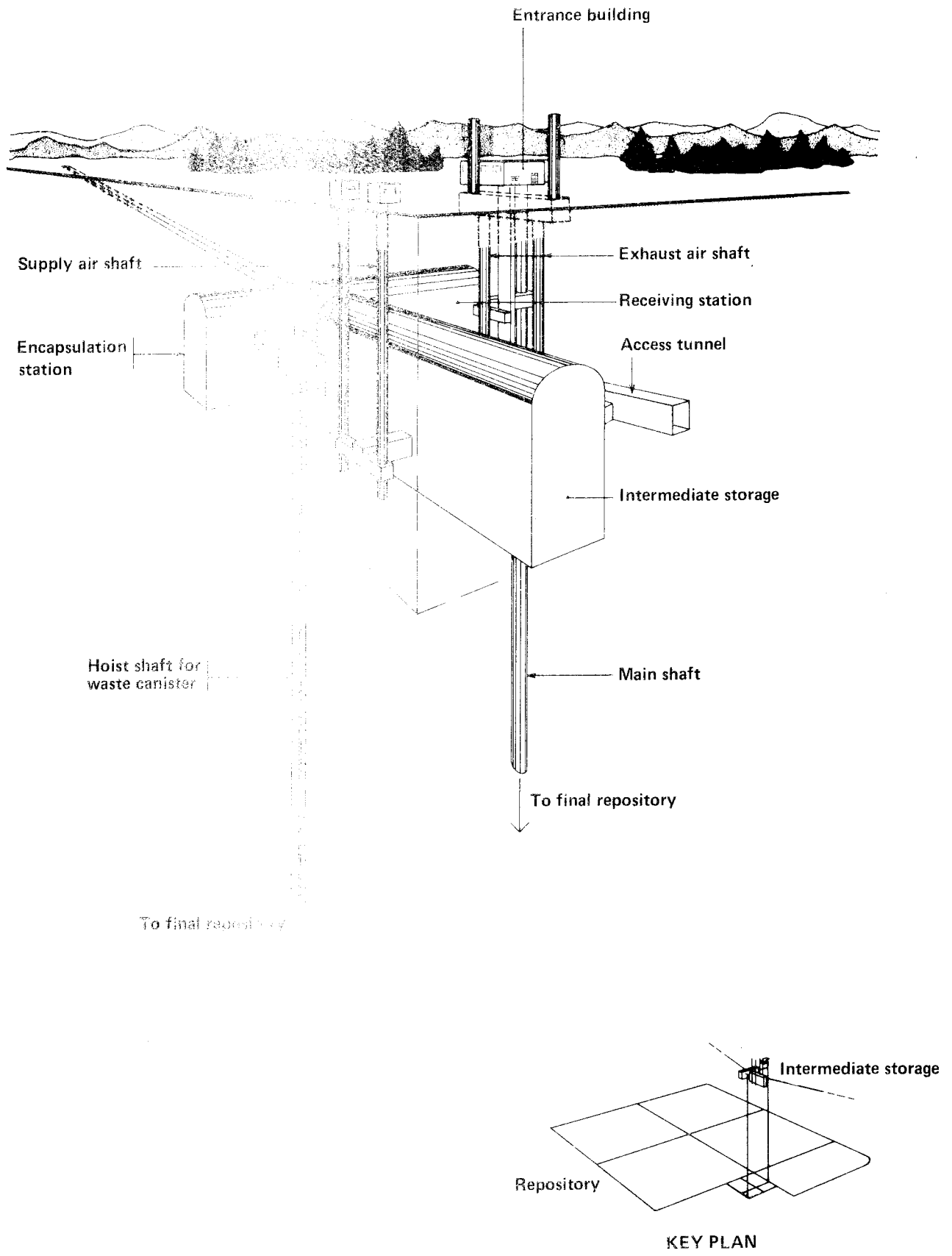


Figure 3. Waste encapsulation plant.

Efter avslutad lagring överförs avfallscyldrarna till anläggningens inkapslingscell i vilken de förses med en inkapsling av bly och titan. Kapslarna deponeras därefter i slutförvaret som är beläget på 500 m djup under anläggningen.

2.2.2 Utförande

Anläggningen utförs på ett liknande sätt som det centrala bränslelagret. Se 2.1.2 ovan.

De strålskärnade celler som ingår i anläggningen är invändigt klädda med rostfri plåt för att underlätta rengöring i samband med att cellerna skall dekontamineras.

För att skydda byggnadskonstruktionerna i mellanlagrets betongfack och ventilationsrum mot den heta ventilationsluften är de klädda på insidan med stålplåt med ett mellanrum mellan plåten och betongen.

Anläggningen utförs i etapper. I enlighet med schemat i bilaga 1 är en lagringskapacitet av 3000 ton tillräcklig till år 2010 varför lagrets andra fack inte behöver vara färdigställt förrän då. Inkapslingsstationen behöver inte tas i drift förrän år 2020 då deponeringen i slutförvaret skall påbörjas.

2.2.3 Investeringskostnader

<u>Allmänna kostnader</u>	Mkr
Projektleddning	16
Projektering, bygg	23
Projektering, process	50
Administration	23
Gemensamma provisorier	10
Summa allmänna kostnader	122
<u>Byggkostnader</u>	Mkr
Yttre anläggningar	11
Byggnader ovan jord	21
Bergarbeten	40
Byggnader under jord	57
Summa byggkostnader	129
<u>Processutrustning och hjälpsystem</u>	Mkr
Mottagning och inkapsling	56
Mellanlagring	42
Ventilationsanläggningar	43
Övriga hjälpsystem	21
Summa processutr och hjälpsystem	162

<u>Sammanställning</u>	Mkr
Allmänna kostnader	122
Byggkostnader	129
Processutrustning och hjälpsystem	162
Räntor under byggnadstiden	33
<u>Oförutsett och avrundning</u>	<u>104</u>
Summa investeringskostnader	550

Som ovan nämnts behöver inte hela anläggningen stå klar när den tas i drift år 1990. Hälften av mellanlagret kan färdigställas i slutet av 2000-talets första årtionde varför motsvarande investeringskostnader, ca 50 Mkr, infaller under denna tid. Inkapslingsstationen färdigställs under 2010-talet till en kostnad av ca 25 Mkr.

2.2.4 Driftkostnader, reinvesteringar

Antas överslagsmässigt att såväl personalkostnader som övriga kostnader är något mer än hälften av de som angetts ovan under 2.1.4 för det centrala bränslelagret blir driftkostnaderna för mellanlagret och inkapslingsstationen ca 15 Mkr/år.

Härtill kommer kostnaden för det förtillverkade kapselmaterialet (bly, titan) som uppskattas till 50.000 kr/kapsel. Totalt skall 9000 avfallsbehållare kapslas in under en 30 års period, vilket ger en sammanlagd kostnad av 450 Mkr.

Med hänsyn till att investeringskostnaderna för processutrustning och hjälpsystem är ungefär hälften så stora som för centrallagret antas att också reinvesteringsbehovet är hälften så stort eller 2,5 Mkr/år.

I enlighet med schemat i bilaga 1 kommer anläggningen att vara i drift under 60 år. Under den inledande och den avslutande tioårsperioden förväntas inga reinvesteringsbehov föreligga.

2.2.5 Sammanfattning

Kostnaderna, i Mkr, för mellanlagret (kapacitet 6000 ton) och för inkapslingsstationen, i 1978 års prisnivå, har sammanställts i följande tabell:

År	80-90	90-00	00-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Summa
Invest	475	-	75(1)	50(2)	25	25	-	650
Kapslar	-	-	-	-	150	150	150	450
Drift	-	150	150	150	150	150	150	900
Summa	475	150	225	200	325	325	300	2000

(1) Inklusive 50 Mkr för mellanlagrets andra fack

(2) Inklusive 25 Mkr för inkapslingsstation

2.3 SLUTFÖRVAR

2.3.1 Beskrivning

Slutförvaret för förglasat avfall från upparbetning består av ett system av parallella förvarings- och transporttunnlar på 500 m djup som med ett antal vertikala schakt står i förbindelse med markytan och med den ovanför belägna anläggningen för mellanlagring och inkapsling, se fig 3.

Det förglasade avfallet deponeras i vertikala hål i förvarings-tunnlarnas golv, en kapsel i varje hål. Efter det att en kapsel deponerats återfylls deponeringshålet med en blandning av sand och bentonit. En sand/bentonitblandning används även för att återfylla alla tunnlar och schakt när förvaret skall förseg-las. Förseglingen utförs efter det att alla kapslar, för vilka förvaret är avsett, har deponerats.

2.3.2 Utförande

Anläggningen förutsätts bli utförd i etapper.

I ett inledande skede som har till uppgift att slutgiltigt fast-ställa att den valda platsen är lämplig för ett slutförvar utförs ett schakt (skipschaktet) samt den centrala och de yttre anslut-ningstunnlarna. Visar den kartläggning av bergets egenskaper som därvid kan utföras, att bergformationen är lämplig fortsätter arbetet därefter med drivningen av återstående schakt och av förvaringstunnlar, ventilationstunnel, serviceutrymmen etc.

Efter det att en fjärdedel av förvaringstunnlarna färdigställts påbörjas deponeringen av avfallskapslar. Deponeringsarbetet och den fortsatta drivningen av förvaringstunnlar hålls åtskiljda från varandra.

Förseglingen av förvaret förutses bli utförd omedelbart efter det att all deponering slutförts.

Av de fyra schakt som ingår i anläggningen antas att ett (skip-schaktet) kommer att drivas som sänkschakt. De övriga tre drivs med fullortsborrning nedifrån och upp till en diameter av 2,4 m vilken svarar mot ventilationsschaktets storlek, med åtföljande utstrossning till full area för centralschaktet och transport-schaktet. En förbindelseort på halva djupet under markytan möjliggör att fullortsborrningen kan utföras i två etapper.

Alternativt kan även centralschaktet och transportschaktet (för kapslarna) utföras med fullortsborrning till full area på samma sätt som ventilationsschaktet. Det är dessutom möjligt att driva de tre större schakten med fullortsborrning uppifrån och ned.

Ur teknisk synpunkt är fullortsborrning till full area det bästa alternativet eftersom man därvid undviker de störningar av det kringliggande berget som sprängning ger.

Fullortsborrningen möjliggör också att schakten kan färdigställas på kortare tid.

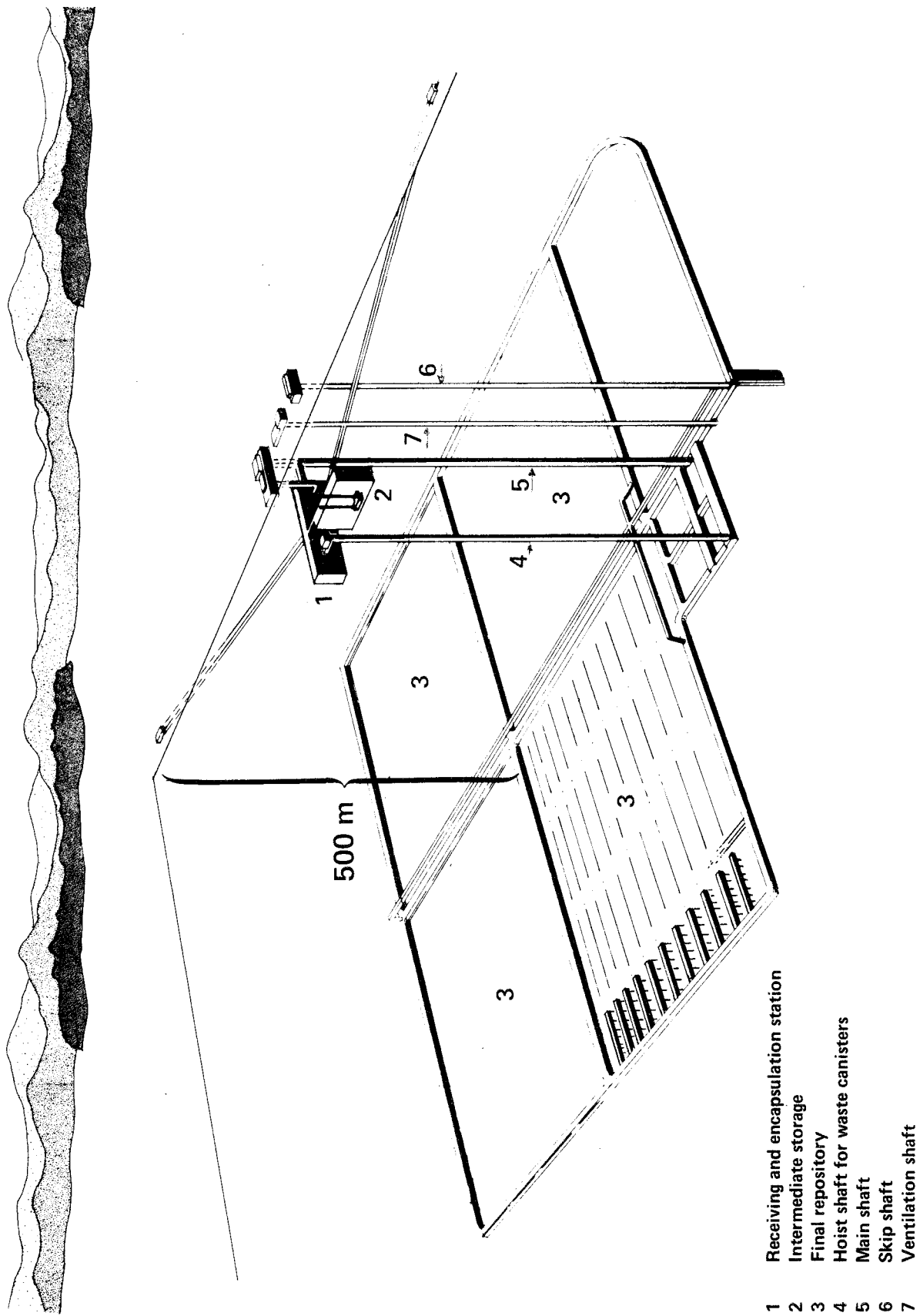


Figure 3. Final storage.

Erfarenheterna från fullortsborrning av stora och djupa schakt i hårt berg är emellertid mycket begränsade, speciellt med avseende på drivning uppifrån och ned. Här redovisade kostnader är därför baserade på den först angivna, mer konventionella metoden.

Även för tunneldrivning finns relativt liten erfarenhet av fullortsborrning av stora areor genom hårt berg. Tunnelsystemet har därför förutsatts bli utfört med konventionella drivningsmetoder, med försiktig sprängning för att minimera störningarna i det omgivande berget.

Det är emellertid sannolikt att när det blir aktuellt att utföra ett slutförvar så har tekniken för fullortsborrning vidareutvecklats så att man kommer att utföra både schakt och tunnlar med den tekniken.

För deponeringshålen har emellertid fullortsborrning förutsatts eftersom väl beprövad utrustning finns att tillgå för detta arbete och eftersom sömborrning och sprängning eljest måste tillgripas med uppenbara nackdelar för denna speciellt känsliga anläggningsdel.

Med konventionell tunneldrivningsteknik erfordras en krossanläggning för att minska styckesstorleken av det utsprängda berget före lastningen i skip. Denna anläggning förläggs i anslutning till skipschaktet.

I botten av transportschaktet inryms en pumpgröp i vilken inläckande grundvatten uppsamlas under anläggningskedet och där efter pumpas upp till markytan.

Den sand/bentonitblandning som omger kapseln i deponeringshålet anbringas och kompakteras med en specialbyggd utrustning. Återfyllningen med sand och bentonit i den undre delen av tunnlar och i schakten anbringas i skikt som kompakteras med konventionella jordpackningsmetoder. I den övre delen av tunnlar anbringas sand/bentonitblandningen med sprutning med samma typ av utrustning som den som användes vid sk robotsprutning av betong.

2.3.3 Investeringskostnader

<u>Allmänna kostnader</u>	Mkr
Förundersökningar	40
Projektledning	10
Projektering, bygg	17
Projektering, process	6
Administration	21
<u>Gemensamma provisorier</u>	<u>6</u>
Summa allmänna kostnader	100

<u>Byggkostnader</u>	Mkr
Yttre anläggningar	1
Byggnader ovan jord	6
Bergarbeten	435
Byggnader under jord	37
<hr/>	
Summa byggkostnader	479

Anm. Huvuddelen av yttre anläggningar och byggnader ovan jord är gemensam med mellanlagret och inkapslingsstationen och ingår därför under 2.2.3 ovan.

<u>Hjälpssystem</u>	Mkr
Ventilationsanläggning	10
Kraft och belysning	1
Dränagesystem	2
Övriga hjälpssystem	2
<hr/>	
Summa hjälpssystem	15

<u>Återfyllning (med sand/bentonit)</u>	Mkr
Deponeringshål	63
Tunnlar och schakt	344
<hr/>	
Summa återfyllning	407

<u>Sammanställning</u>	Mkr
Allmänna kostnader	100
Byggkostnader	479
Hjälpssystem	15
Återfyllning	407
Räntor under byggnadstiden	122
Oförutsett och avrundning	227
<hr/>	
Summa investeringskostnader	1350

Som nämnts ovan utförs slutförvaret i etapper. Under den första tioårsperioden färdigställs schakt, serviceutrymmen, transporttunnlar, ventilationstunneln och en fjärdedel av förvaringstunnlarna till en sammanlagd kostnad av ca 425 Mkr.

Denna etapp måste vara klar senast år 2020 då deponeringen av avfall i slutförvaret skall påbörjas.

Under de följande två tioårsperioderna färdigställs resten av förvaringstunnlarna medförande investeringskostnader av vardera 225 Mkr. Därefter (år 2040-2050) slutförs deponeringen medförande kostnader på 25 Mkr för återfyllning av deponeringshålen och länshållning. Slutligen återfylls tunnlar och schakt till en kostnad av 450 Mkr.

I de etappkostnader som ovan redovisas ingår uppskattade andelar av de allmänna kostnaderna, räntor under byggnadstiden och av påslaget för oförutsett.

2.3.4 Driftkostnader, reinvesteringar

Om slutförvaret förutsätts bli förseglat omedelbart efter det att all deponering av avfallskapslar slutförts behöver driftkostnaderna endast täcka själva deponeringsarbetet (exklusive återfyllningen av deponeringshålen). Övriga kostnader kan anses ingå i ovan angivna investeringskostnader eftersom byggnadsarbeten pågår under den tid som slutförvaret hålls öppet.

Driftkostnaden uppskattas till ca 5 Mkr/år inklusive reinvesteringsbehoven för den utrustning som används för deponeringen. Slutförvaret och anläggningen för mellanlagring och inkapsling förutsätts ha gemensam administration vars kostnad ingår i den ovan under 2.2.4 angivna driftkostnaden.

2.3.5 Sammanfattning

Kostnaderna, i Mkr, för slutförvaret (kapacitet 9000 ton) i 1978 års prisnivå har sammanställts i följande tabell.

År	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	Summa
Invest	425	225	225	25	450	1350
Drift	-	50	50	50	-	150
Summa	425	275	275	75	450	1500

2.4 TRANSPORTER

2.4.1 Beskrivning

Under transporten mellan de olika anläggningarna som ingår i uppberedningsalternativet är bränslet respektive det förglasade avfallet inneslutet i speciella transportbehållare. Behållarna fraktas till och från närmaste hamn lastade på trailers och mellan hamnarna med specialutrustade fartyg.

2.4.2 Utförande

Här förutsätts att alla transporter utförs av en svensk transportorganisation, som anskaffar och driver den utrustning som krävs inklusive fartyg.

För transportererna från kärnkraftstationerna till det centrala bränslelagret erfordras därvid åtta transportbehållare som vardera lastar bränsle motsvarande 3 ton uran, trailers med dragfordon samt ett fartyg med 1500 tons dödvikt som kan lasta åtta behållare. Allt bränsle antas bli transporterat till centrallagret innan det sänds till uppberedning.

För transporter till upparbetningsanläggningen antas att transportbehållare med 6 tons lastkapacitet kommer till användning. Sju behållare med trailers och dragfordon erfordras och ytterligare ett fartyg av samma storlek som kan lasta sju behållare av denna typ. Samma utrustning kan användas för återtransport av förglasat avfall varvid en transportbehållare rymmer 15 avfalls-cylindrar motsvarande sammanlagt 15 ton uran.

2.4.3 Investeringskostnader

Investeringskostnaderna har av SKBFs projekt CLAB angetts till 44 Mkr för de åtta mindre avfallsbehållarna, 3 Mkr för trailers och dragfordon samt 25 Mkr för fartyget. Sammanlagt således 72 Mkr eller såg 75 Mkr för den utrustning som erfordras för transporter till det centrala bränslelagret.

För de sju större behållarna uppskattas kostnaden till 70 Mkr samt oförändrat 3 Mkr för trailers och dragfordon och 25 Mkr för fartyget. Sammanlagt således 98 Mkr eller såg 100 Mkr för den utrustning som erfordras för transporter till och från upparbetningsanläggningen.

2.4.4 Driftkostnader, reinvesteringar

Driftkostnaderna för transporter till det centrala bränslelagret har beräknats till 4 Mkr vartill kommer en uppskattad underhållskostnad för transportbehållarna av ca 1 Mkr/år, sammanlagt således 5 Mkr/år. Enligt schemat i bilaga 1 kommer dessa transporter att pågå under 30 år.

För transporter till och från upparbetningsanläggningen antas att driftkostnaderna är 50% större, således 7,5 Mkr/år. De transporter pågår under 50 år.

Vidare förutsätts att en förnyelse av all utrustning som ingår i transportsystemet kommer att erfordras vart tionde år.

2.4.5 Sammanfattning

Kostnaderna (i Mkr) för transporter till centrallagret och till och från upparbetsanläggningen av 9000 ton använt bränsle och motsvarande mängd förglasat avfall i 1978 års prisnivå har sammanställts i följande tabell:

År	80-90	90-00	00-10	10-20	20-30	Summa
Centrallager						
Invest	75	75	75	-	-	225
Drift	50	50	50	-	-	150
Upparbetning						
Invest	100	100	100	100	100	500
Drift	75	75	75	75	75	375
Oförutsett	50	50	50	25	25	200
Summa	350	350	350	200	200	1450

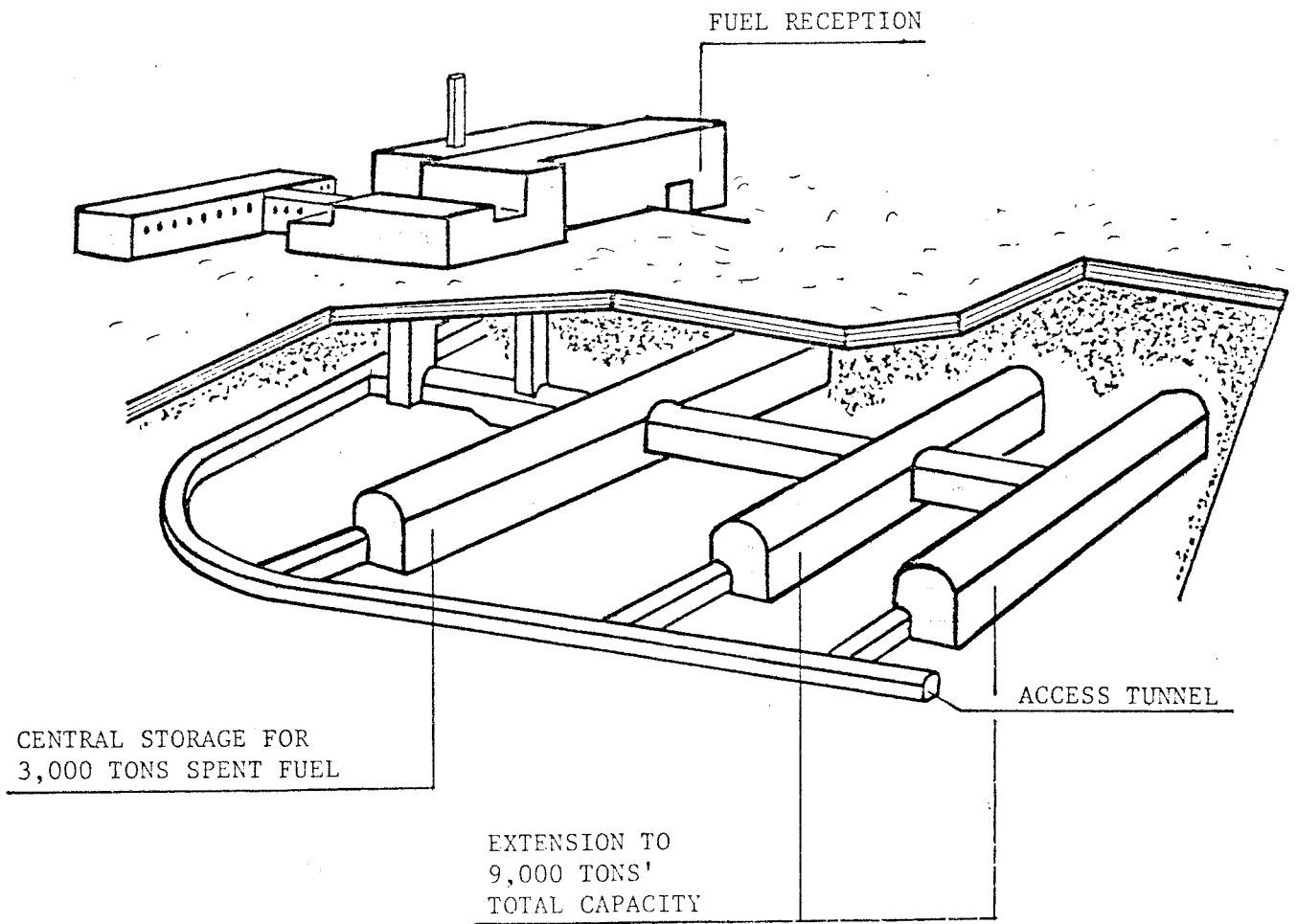


Figure 4. Central spent fuel storage extended to 9,000 tons capacity.

2.5 SAMMANFATTNING AV ALTERNATIVET UPPARBETNING

Investerings- och driftkostnaderna för omhändertagandet av använt bränsle motsvarande 9000 ton uran (30 års drift av 13 reaktorer) i enlighet med alternativet upparbetning kan sammanfattas på följande sätt:

	Mkr
CENTRALLAGER (CL) för använt bränsle med 3000 tons lagringskapacitet	2025
MELLANLAGER OCH INKAPSLING (ML) för förglasat avfall med 6000 tons lagringskapacitet, inklusive kapslar	2000
SLUTFÖRVAR (SF) för kapslar med förglasat avfall med 9000 tons förvaringskapacitet	1500
TRANSPORTER (TRP) till centrallager samt till och från upparbetning	<u>1450</u>
Summa	6975

Kostnaderna är angivna i 1978 års prisnivå. Mervärdesskatt och kostnader för omhändertagandet av låg- och medelaktivt avfall samt av annat avfall från upparbetningen än det förglasade, högaktiva avfallet ingår ej, ej heller rivningskostnader.

Av de totala kostnaderna utgör 3850 Mkr investeringar (inkl reinvesteringar), 2675 Mkr driftkostnader och 450 Mkr kapselmaterial.

Läggs till ovan nämnda kostnader 500 Mkr för FoU i enlighet med 1.3 ovan erhålls en sammanlagd kostnad av 7475 Mkr.

Den elproduktion som utvinns ur bränsle motsvarande 9000 ton uran kan uppskattas till 2000 TWh. Den sammanlagda kostnaden enligt ovan kan därför omräknas till 0,37 öre/kWh.

Fördelningen i tiden av kostnaderna framgår av en sammanställning på nästa sida.

Det har därvid förutsatts att anläggningarna utnyttjas i enlighet med det i bilaga 1 angivna tidsschemat.

Ansätts en "realränta" av 4% blir nuvärdet (1980) av kostnaderna 3250 Mkr. Antas vidare att elproduktionen är 600 TWh fram till 1990 och därefter 700 TWh under vardera av de två följande årtiondena är "nuvärdet" av denna produktion diskonterad med 4%, 1130 TWh. Med denna räntesats kan således kostnaderna enligt ovan omräknas till 0,29 öre/kWh.

År	80-90	90-00	00-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	Summa
CL	1175	300	300	250	-	-	-	-	2025
ML	475	150	225	200	325	325	300	-	2000
SF	-	-	-	425	275	275	75	450	1500
TRP	350	350	350	200	200	-	-	-	1450
FoU	250	250	-	-	-	-	-	-	500
TOT	2250	1050	875	1075	800	600	375	450	7475

Med hänsyn till osäkerheten i underlag och realkostnadsutveckling kan det som tidigare nämnts vara motiverat att göra ett ytterligare pålägg på ca 20% (avrundat) till de ovan framräknade kostnaderna i enlighet med följande sammanställning:

	Beräknat	Avrundat
Totalkostnad i Mkr	7475	9000
Kostnad i öre/kWh:		
utan ränta	0,37	0,5
vid 4% ränta	0,29	0,4

För att ge en uppfattning av kapacitetens inverkan på kostnaderna har en överslagsmässig beräkning utförts för en total bränslemängd av 4500 ton på 30 år i stället för de 9000 ton som förutsatts av KBS. Totalkostnaden blir därvid ca 20% lägre och kostnaden per producerad kWh ca 60% högre än vad som ovan angivits.

Ovan angivna kostnadsuppgifter baseras på den hantering och den slutförvaringsmetod som beskrivs i KBS huvudrapport rörande förglasat avfall. Kostnaderna inkluderar ej upparbetningsmoment, ej heller har hänsyn tagits till värdet av det uran och plutonium som återvinns vid upparbetningen. Beräkningsresultatet avspeglar sålunda inte totalkostnaden för hela hanteringskedjan utan endast de delar som specificerats.

3 ALTERNATIVET DIREKTDEPONERING

3.1 CENTRALT BRÄNSLELAGER

3.1.1 Beskrivning

För alternativet direktdeponering förutsätts att det använda bränslet lagras i ett centrallager under 40 års tid. Anläggningen måste därför kunna lagra allt bränsle från 30 års drift av 13 reaktorer, motsvarande 9000 ton uran, som ju enligt förutsättningarna för KBS-rapporten skall omhändertas.

För detta alternativ erfordras därför ett centralt bränslelager med tre gånger så stor lagringskapacitet som för alternativet upparbetning. I övrigt är anläggningarna lika, se 2.1.1 ovan. Lagringsutrymmena förläggs i tre parallella bergrum vardera med vattenfyllda bränslebassänger med en kapacitet av 3000 ton, se fig 4.

3.1.2 Utförande

Anläggningens lagerutrymmen utförs i etapper så att kapaciteten ökas från 3000 ton i början av 80-talet till 6000 ton i slutet av samma årtionde och till 9000 ton i slutet av 90-talet.

I övrigt hänvisas till 2.1.2 ovan.

3.1.3 Investeringskostnader

<u>Allmänna kostnader</u>	Mkr
Projektledning	28
Projektering, bygg	46
Projektering, process	200
Administration	53
Gemensamma provisorier	36
<hr/>	
Summa allmänna kostnader	363
<u>Byggkostnader</u>	
Yttre anläggningar	14
Byggnader ovan jord	181
Bergarbeten	46
Byggnader i berg	167
<hr/>	
Summa byggkostnader	408
<u>Processutrustning och hjälpsystem</u>	
Mottagningsutrustning och system	33
Kassetter	60
Övrig processutrustning och hjälpsystem	200
Kontroll och elutrustning	107
Servicesystem	118
<hr/>	
Summa processutrustning och hjälpsystem	518
<u>Sammanställning</u>	
Allmänna kostnader	363
Byggkostnader	408
Processutrustning och hjälpsystem	518
Räntor under byggnadstiden	82
Oförutsett och avrundning	154
<hr/>	
Summa investeringskostnader	1525

Som nämnts kan anläggningen utföras i etapper. I början av 80-talet byggs den ut till en kapacitet av 3000 ton vilket svarar mot en investeringskostnad av 925 Mkr enligt 2.1.3 ovan. I slutet av samma årtionde måste kapaciteten ökas till 6000 ton varvid investeringarna ökar med 300 Mkr. Den sammanlagda investeringskostnaden under 80-talet blir således 1225 Mkr. I slutet av påföljande årtionde erfordras en ytterligare tillbyggnad till full kapacitet, 9000 ton, medförande ytterligare 300 Mkr i investeringar.

3.1.4 Driftkostnader, reinvesteringar

I enlighet med schemat i bilaga 1 kommer anläggningen att vara i drift under 70 år. Lagret fylls under de tre första årtiondena och töms under de tre sista. Under ett årtionde däremellan (år 2010 till 2020) förekommer inga in- och uttransporter till anläggningen.

För en anläggning med 3000 tons kapacitet har driftkostnaden enligt 2.1.4 beräknats till 25 Mkr/år. För varje tillbyggnad av kapaciteten med 3000 ton beräknas denna kostnad öka med 5 milj kr/år till sammanlagt 35 Mkr/år för det fullt utbyggda centrallagret. Under det årtionde då inga transporter förekommer antas emellertid att driftkostnaden minskar till 20 Mkr/år.

Liksom under 2.1.4 antas att reinvesteringsbehov av 5 Mkr/år föreligger för att anpassa anläggningen till den teknologiska utvecklingen med undantag för den inledande och avslutande tioårsperioden, då inget sådant behov antagits föreligga.

3.1.5 Sammanfattning

Kostnaderna, i Mkr, för det centrala bränslelagret (kapacitet 9000 ton) i 1978 års prisnivå har sammanställts i följande tabell:

År	80-90	90-00	00-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Summa
Invest	1225	350	50	50	50	50	-	1775
Drift	250	300	350	200	350	350	350	2150
Summa	1475	650	400	250	400	400	350	3925

(1) Inklusive 50 Mkr i reinvesteringar.

3.2 INKAPSLINGSSTATION

3.2.1 Beskrivning

Inkapslingsstationen består av process- och servicebyggnader förlagda ovan jord i anslutning till slutförvaret, se fig 5. Hit kommer det använda bränslet efter avslutad lagring i det centrala bränslelagret. Transportsystemet är detsamma som det som användes mellan kraftstationerna och centrallagret.

I anläggningarnas mottagningsdel lyfts bränslet ur transportbehållaren och placeras i speciella kassetter. Därefter demonteras bränsleelementen. Denna hantering äger rum i vattenfyllda bas-sänger där vattnet ger erforderlig kylning och strålskärning.

I anläggningens inkapslingsdel innesluts bränslestavar i kapslar av koppar. Hålrutorna mellan stavarna fylls därvid med bly. Bränsleelementens metalldelar gjuts in i kokiller av betong. Denna hantering utförs i luft i strålskärnade celler.

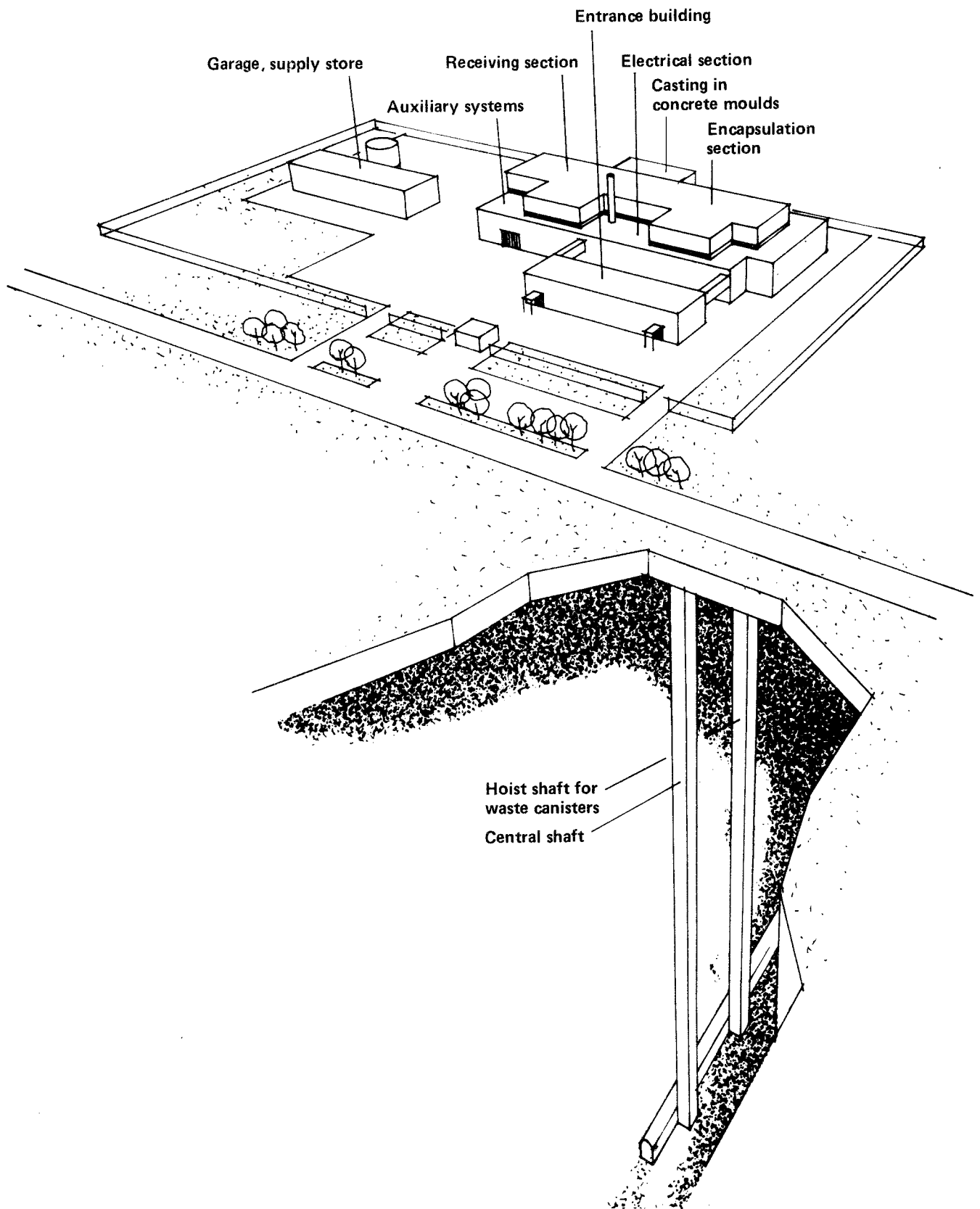


Figure 5. Encapsulation plant for spent nuclear fuel.

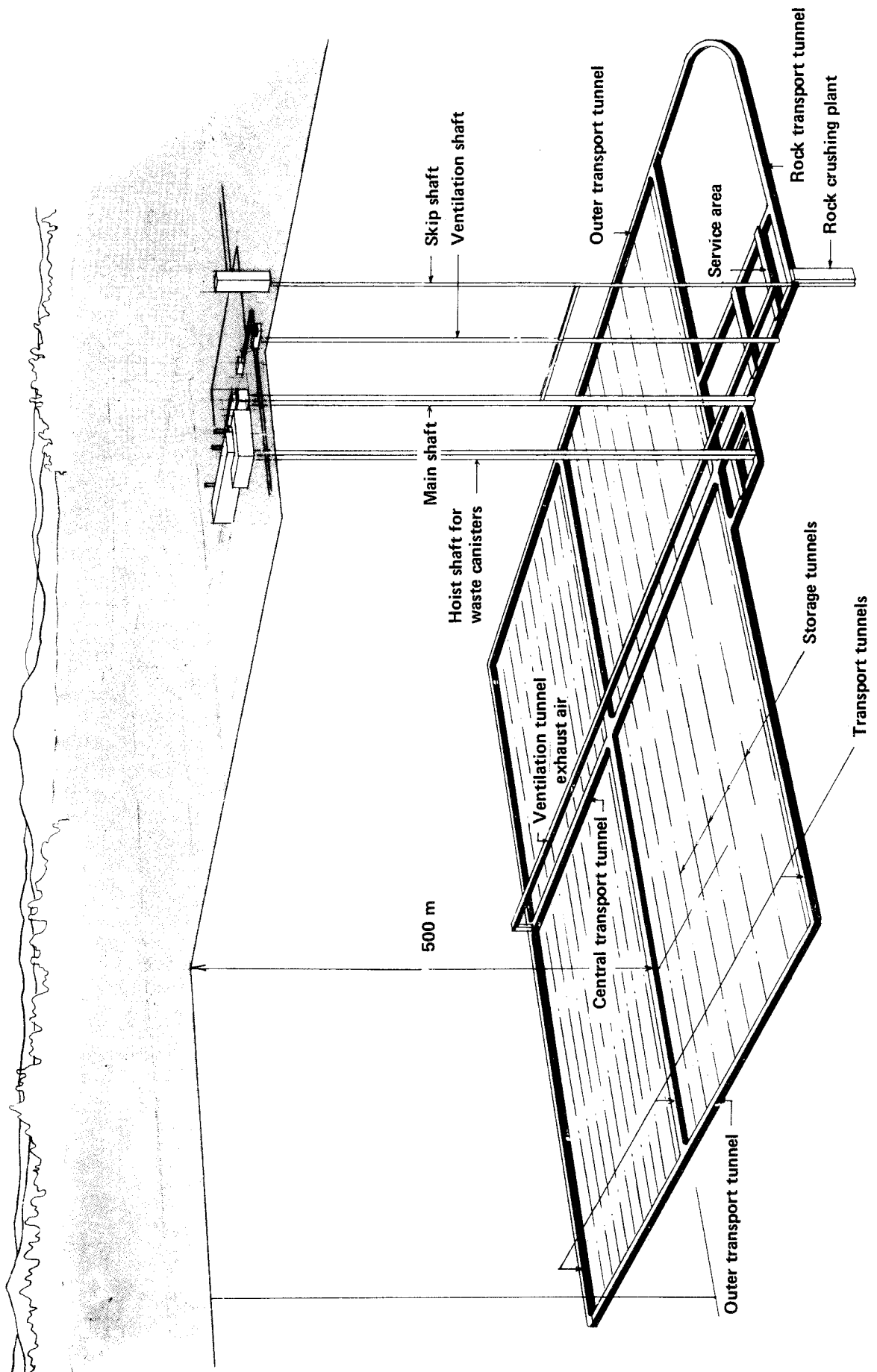


Figure 6. Perspective sketch of the final storage. The encapsulation plant is located above the ground. The final storage consists of parallel tunnels situated 500 m below the ground.

Kapslarna och kokillerna överförs därefter till var sitt slutförvar. För bränsle motsvarande 9000 ton uran erfordras ca 7000 kopparkapslar och 1200 betongkokiller.

3.2.2 Utförande

Anläggningen utförs i huvudsak i betong. Vattenbassängerna förses med rostfri plåtinklädnad på ett sådant sätt att tätheten kan inspekteras. Även de strålskärnade cellerna är invändigt klädda med rostfri plåt för att underlätta rengöring i samband med att cellerna skall dekontamineras.

3.2.3 Investeringskostnader

<u>Allmänna kostnader</u>	Mkr
Projektledning	16
Projektering, bygg	22
Projektering, process	90
Administration	24
Gemensamma provisorier	11
<hr/>	
Summa allmänna kostnader	163
<u>Byggkostnader</u>	
Yttre anläggningar	12
Inkapslingsstation	120
Entrébyggnad etc	16
<hr/>	
Summa byggkostnader	148
<u>Processutrustning och hjälpsystem</u>	
Mottagning och inkapsling	145
Kontroll- och elutrustning	60
Övriga hjälpsystem	55
<hr/>	
Summa processutr och hjälpsystem	260
<u>Sammanställning</u>	
Allmänna kostnader	163
Byggkostnader	148
Processutrustning och hjälpsystem	260
Räntor under byggnadstiden	46
Oförutsett och avrundning	108
<hr/>	
Summa investeringskostnader	725

3.2.4 Driftkostnader, reinvesteringar

Ett 50-tal personer erfordras för anläggningens drift. Den administrativa personalen förutsätts därvid även sköta slutförvaret. Personalkostnaderna beräknas till ca 6 Mkr/år och övriga kostnader (förbrukningsmaterial, underhåll, försäkringar, avgifter etc) till 9 Mkr/år, totalt 15 Mkr/år.

Härtill kommer kostnaden för de förtillverkade kopparkapslarna, ca 250 000 kr/kapsel och för blyet, ca 10 000 kr/kapsel. För 7000 kapslar blir den sammanlagda kostnaden ca 1800 Mkr. Kostnaden för betongmaterialet i kokillerna förutsätts ingå i ovan angivna "övriga kostnader".

För att anpassa anläggningen till den teknologiska utvecklingen antas ett reinvesteringsbehov av 5 Mkr/år.

Inkapslingsstationen kommer att vara i drift under samma tid som deponering i slutförvaret pågår, d v s under 30 år (se bilaga 1). Under den avslutande tioårsperioden förväntas inga reinvesteringsbehov föreligga.

3.2.5 Sammanfattning

Kostnaderna, i Mkr, för inkapslingsstationen (kapacitet 300 ton/år) i 1978 års prisnivå inklusive kapslingsmaterial har sammanställts i följande tabell:

År	10-20	20-30	30-40	40-50	Summa
Invest	725	50	50	-	825
Kapslar	-	600	600	600	1800
Drift	-	150	150	150	450
Summa	725	800	800	750	3075

3.3 SLUTFÖRVAR

3.3.1 Beskrivning

Liksom för alternativet upparbetning består slutförvaret för det kapslade bränslet av ett system av parallella förvarings- och transporttunnlar på 500 m djup, som med ett antal vertikala schakt står i förbindelse med markytan och med den ovanför belägna inkapslingsstationen, se fig 6.

Kopparkapslarna deponeras i vertikala hål i förvaringstunnlarnas golv, en kapsel i varje hål. I deponeringshålet omges kapseln av högkompakterad ren bentonit i stället för med en sand/bentonitblandning som i alternativet upparbetning. Sand/bentonit används emellertid för att återfylla tunnlar och schakt vid förvarets försegling och i övrigt skiljer sig förvaren från varandra endast genom att tunnlar har större area och något större längd samt deponeringshålen större dimensioner än i upparbetningsalternativet.

Slutförvaret för betongkokillerna med bränsleelementens aktiva metalldelar förutsätts bli utfört som en separat anläggning (en samförläggning är emellertid tänkbar). Den består av två parallella förvaringstunnlar belägna på ca 300 m djup som är förbundna med markytan medelst två transporttunnlar och två vertikala schakt, se fig 7.

Kokillerna staplas i förvaringstunnlarna två i höjd och tre i sida. De täcks med betongplank på överytan och på sidorna och kringgjuts etappvis med betong. När hela förvaret är fyllt med kokiller förseglas transporttunnlar och schakt med sand och bentonit.

3.3.2 Utförande

För en redovisning av utförandet av slutförvaret för kopparkapslarna hänvisas till 2.3.2 ovan med den skillnaden att den högkompakterade bentoniten anbringas i deponeringshålen i form av pressade block.

Principerna för utförandet av bergarbetena för slutförvaret för betongkokillerna och för förseglingen med sand/bentonit är desamma som beskrivits under 2.3.2. För kringgjutningen av kokillerna används betongpumpning.

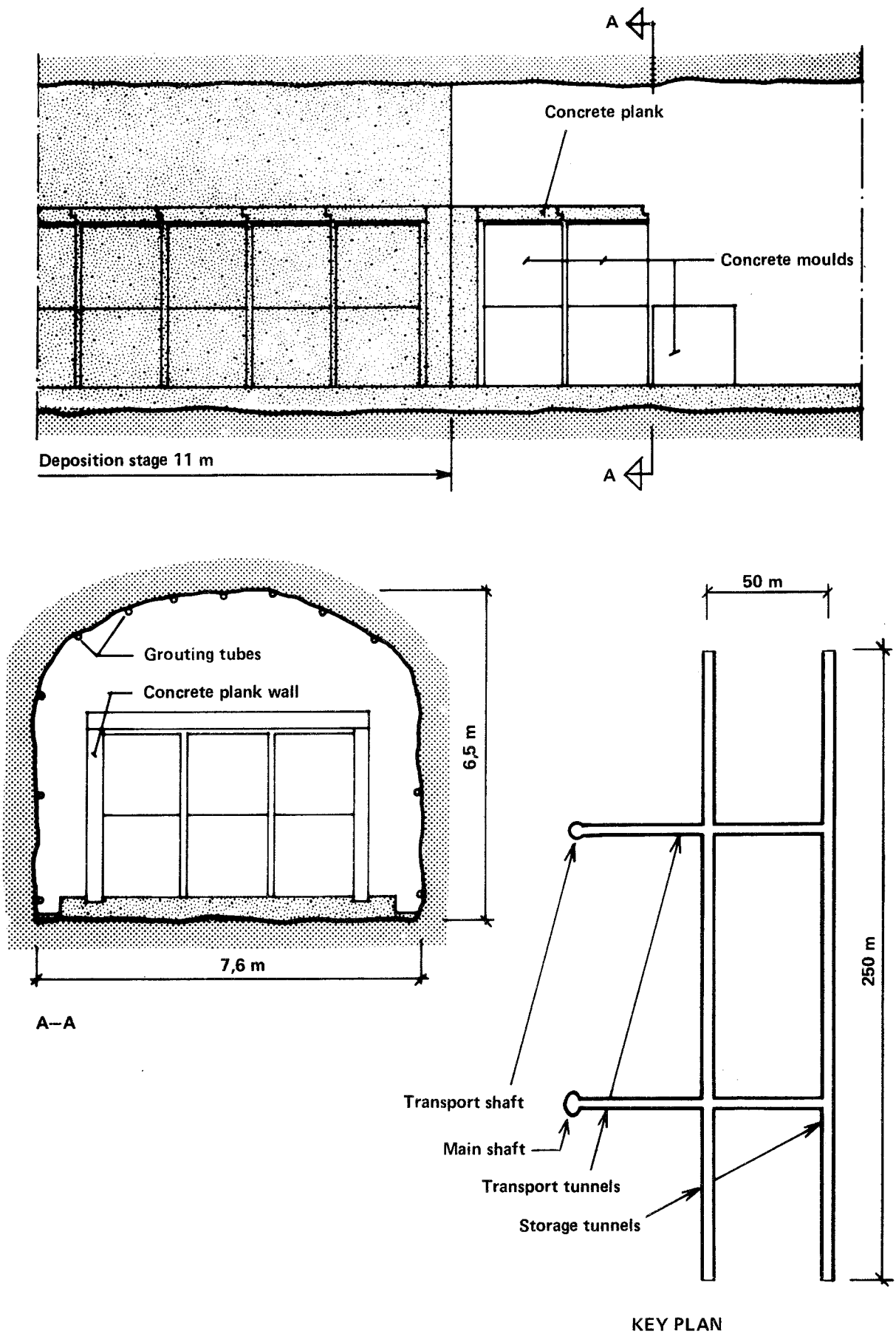


Figure 7. Final storage for concrete containers with radioactive metal pieces from the fuel elements. The sealing of the storage will be executed instages of 11 meters by filling up the tunnel with concrete. To guarantee good contact between concrete and rock, cement grout will be injected through pipes along the rock surface.

3.3.3 Investeringskostnader

A SLUTFÖRVAR FÖR BRÄNSLEKAPSLAR

<u>Allmänna kostnader</u>	Mkr
Förundersökningar	40
Projektledning	10
Projektering, bygg	17
Projektering, process	6
Administration	21
Gemensamma provisorier	6
<hr/>	
Summa allmänna kostnader	100

Byggkostnader

Yttre anläggningar	1
Byggnader ovan jord	6
Bergarbeten	734
Byggnader under jord	37
<hr/>	
Summa byggkostnader	778

Anm: Huvuddelen av yttre anläggningar och byggnader ovan jord är gemensam med inkapslingsstationen och ingår därför under 3.2.3 ovan.

<u>Hjälpssystem</u>	Mkr
Ventilationsanläggning	10
Kraft och belysning	1
Dränagesystem	2
Övriga hjälpssystem	2
<hr/>	
Summa hjälpssystem	15

Återfyllning

Deponeringshål (bentonit)	347
Tunnlar, schakt (sand/bentonit)	467
<hr/>	
Summa återfyllning	814

Sammanställning

	Mkr
Allmänna kostnader	100
Byggkostnader	778
Hjälpssystem	15
Återfyllning	814
Räntor under byggnadstiden	236
Oförutsett och avrundning	407
<hr/>	
Summa investeringskostnader	2350

Liksom i alternativet upparbetning utförs slutförvaret för bränslekapslar i etapper. Under den första tioårsperioden färdigställs schakt, serviceutrymmen, transporttunnlar, ventilations-tunneln och en fjärdedel av förvaringstunnlarna till en sammanlagd kostnad av 550 Mkr. Denna etapp måste vara klar senast år 2020 då deponeringen av kapslar i slutförvaret skall påbörjas.

Under de följande två tioårsperioderna färdigställs resten av förvaringstunnlarna medförande investeringskostnader av vardera 525 Mkr. Därefter (år 2040–2050) slutförs deponeringen medförande kostnader på 150 Mkr för återfyllning av deponeringshål och länshållning. Slutligen återfylls tunnlarna och schakt till en kostnad av 600 Mkr.

I de etappkostnader som ovan redovisats ingår uppskattade andelar av de allmänna kostnaderna och av påslaget för oförutsett.

B	SLUTFÖRVAR AV BETONGKOKILLER	Mkr
	Allmänna kostnader	20
	Byggkostnader (inkl återfyllning med betong)	89
	Hjälpssystem	10
	Återfyllning (sand/bentonit)	8
	Räntor under byggnadstiden	10
	<u>Oförutsett och avrundning</u>	<u>38</u>
	Summa investeringskostnader	175

Bergrummen för slutförvaret färdigställs i en etapp till en kostnad av ca 100 Mkr. Även denna anläggning måste vara klar år 2020 då deponeringsarbetet skall påbörjas. Återstående 75 Mkr utgör kostnaderna för intäckningen av kokillerna med betongplank och för ingjutningen i betong samt för återfyllningen av transporttunnlar och schakt med sand/bentonit. De kostnaderna fördelar sig ungefär lika på de följande tre årtiondena.

3.3.4 Driftkostnader, reinvesteringar

Om båda slutförvaren förutsätts bli förseglade omedelbart efter det att deponeringen slutförts behöver driftkostnaderna endast täcka transport och hantering av kapslar och kokiller. Övriga kostnader ingår i ovan angivna investeringskostnader eftersom byggnadsarbeten pågår under hela den tid slutförvaren hålls öppna.

Driftkostnaden för båda förvaren uppskattas till sammanlagt ca 5 Mkr/år inklusive reinvesteringar för den utrustning som används för deponeringen. Slutförvaren förutsätts ha gemensam administration med inkapslingsstationen, vars kostnad ingår i den ovan under 3.2.4 angivna driftkostnaden.

3.3.5 Sammanfattning

Kostnaderna, i Mkr, för slutförvaret (kapacitet 9000 ton) i 1978 års prisnivå har sammanställts i följande tabell:

År	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	Summa
Invest	550	525	525	150	600	2350
	100	25	25	25	-	175
Drift	-	50	50	50	-	150
Summa	650	600	600	225	600	2675

3.4 TRANSPORTER

3.4.1 Beskrivning

Som tidigare nämnts förutsätts samma transportsystem som det som används mellan kraftstationerna och centrallagret komma till användning för transportererna från centrallagret till inkapslingsstationen vid slutförvaret.

Bränslet fraktas sålunda till och från närmaste hamn i speciella transportbehållare lastade på trailers och mellan hamnarna med specialutrustade fartyg. Härvid antas att inkapslingsstationen kommer att vara förlagd på ett så stort avstånd från centrallagret att sjötransport blir önskvärd.

3.4.2 Utförande

Liksom för upparbetningsalternativet erfordras för transportererna från kraftstationerna till centrallagret åtta transportbehållare som vardera lastar bränsle motsvarande 3 ton uran, trailers med dragfordon samt ett fartyg med 1500 tons dödvikt som kan lasta åtta behållare.

För transportererna från centrallagret till inkapslingsstationen förutsätts samma transportsystem komma till användning.

3.4.3 Investeringskostnader

Investeringskostanderna blir desamma som angetts under 2.5.3 för transportererna till det centrala bränslelagret, d v s ca 75 Mkr för åtta transportbehållare, trailers och dragfordon samt för fartyget.

3.4.4 Driftkostnader, reinvesteringar

Även driftkostnaderna blir desamma som angetts under upparbetningsalternativet för transportererna till det centrala bränslelagret, d v s ca 5 Mkr/år, se 2.5.4.

Enligt schemat i bilaga 1 kommer transporterna att pågå under 60 år, 30 år för att fylla centrallagret och 30 år för att tömma det. Under en tioårsperiod efter det att centrallagret fyllts kommer inga transporter att erfordras i väntan på att inkapslingsstationen skall tas i drift och slutdeponeringen påbörjas.

Liksom för uppdriftsalternativet förutsätts att all utrustning som ingår i transportsystemet förnyas vart tionde år (med undantag för den tioårsperiod då inga transporter äger rum).

3.4.5 Sammanfattning

Kostnaderna (i Mkr) för transporterna från kraftstationerna till centrallagret och från centrallagret till inkapslingsstationen av använt bränsle motsvarande 9000 ton uran, i 1978 års prisnivå kan sammanställas på följande sätt.

År	80-90	90-00	00-10	10-20	20-30	30-40	40-50	Summa
Invest	75	75	75	-	75	75	75	450
Drift	50	50	50	-	50	50	50	300
Oföruts	25	25	25	-	25	25	25	150
Summa	150	150	150	-	150	150	150	900

3.5 SAMMANFATTNING AV ALTERNATIVET DIREKTDEPONERING

Investerings- och driftkostnaderna för omhändertagandet av använt bränsle motsvarande 9000 ton uran (30 års drift av 13 reaktorer) i enlighet med alternativet direktdeponering kan sammanfattas på följande sätt:

	Mkr
CENTRALLAGER (CL) för använt bränsle med 9000 tons lagringskapacitet	3925
INKAPSLINGSSTATIONEN (INK) inklusive kopparkapslar för bränslestavar och betongkokiller för bränsleelementens aktiva metalldelar	3075
SLUTFÖRVAR (SF) för kopparkapslar och för betongkokiller motsvarande 9000 ton använt bränsle	2675
TRANSPORTER (TRP) till centrallager och från centrallager till inkapslingsstation	900
Summa	10 575

Kostnaderna är angivna i 1978 års prisnivå. Mervärdesskatt och kostnader för omhändertagandet av låg- och medelaktivt avfall ingår ej, ej heller rivningskostnader.

Av de totala kostnaderna utgör 5650 Mkr investeringar (inkl reinvesteringar), 3125 Mkr driftkostnader och 1800 Mkr kapselmaterial.

Läggs till ovan nämnda kostnader 500 Mkr för FoU i enlighet med 1.3 ovan erhålls en sammanlagd kostnad av 11 075 Mkr.

Den elproduktion som utvinns ur bränsle motsvarande 900 ton uran kan uppskattas till 2000 TWh. Den ovan angivna totalkostnaden kan därför omräknas till 0,55 öre/kWh exklusive alla räntor.

Kostnadernas (i Mkr) fördelning i tiden framgår av följande sammanställning:

År	80-90	90-00	00-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	Summa
CL	1475	650	400	250	400	400	350	-	3925
INK	-	-	-	725	800	800	750	-	3075
SF	-	-	-	650	600	600	225	600	2675
TRP	150	150	150	-	150	150	150	-	900
FoU	250	250	-	-	-	-	-	-	500
TOT	1875	1050	550	1625	1950	1950	1475	600	11075

Anläggningarna har därvid förutsatts bli utnyttjade i enlighet med det i bilaga 1 angivna tidsschemat (alternativet direkt-

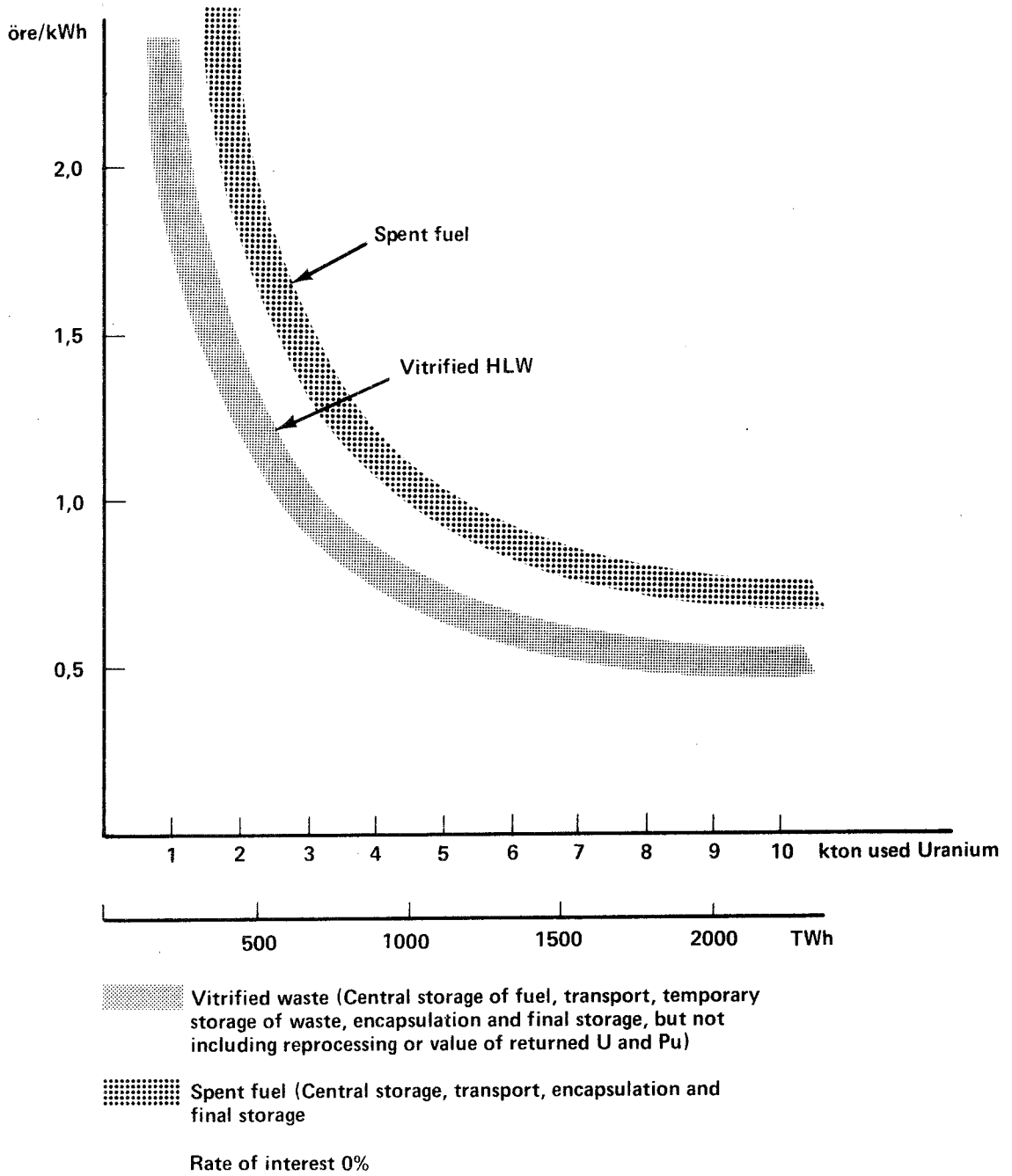
deponering), varvid inkapslingsstationen är i drift under den tid slutförvaret fylls upp.

Ansätts en "realränta" av 4% blir nuvärdet (1980) av kostnaderna enligt ovanstående tabell 3400 Mkr. Antas vidare att elproduktionen är 600 TWh fram till 1990 och därefter 700 TWh under vardera av de två följande årtiondena är "nuvärdet" av denna produktion diskonterat med 4% 1130 TWh. Med denna räntesats kan således kostnaderna omräknas till 0,30 öre/kWh.

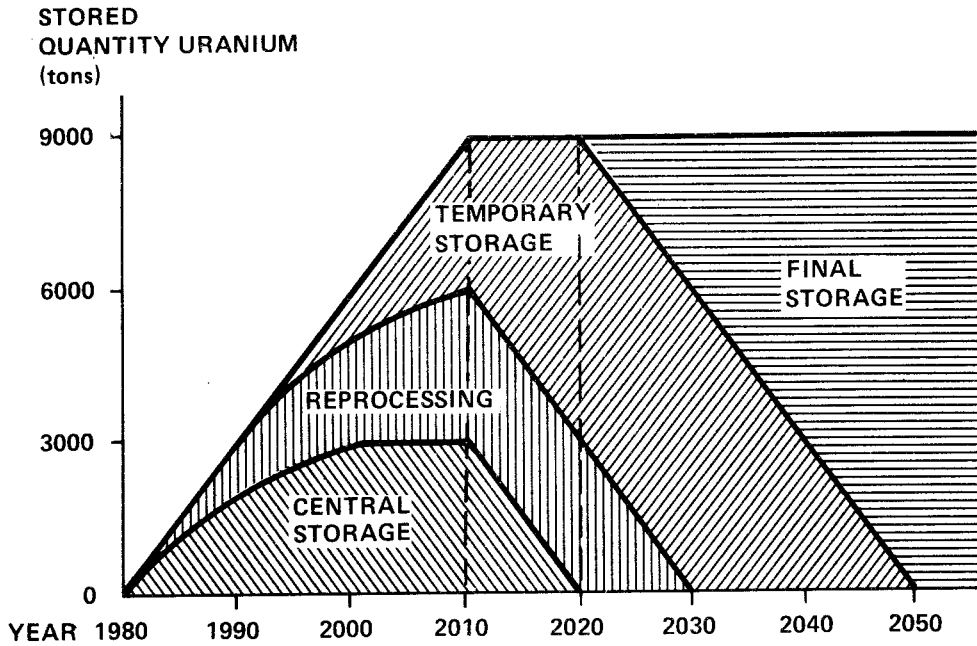
Med hänsyn till osäkerheten i underlag och realkostnadsutveckling kan det vara motiverat att göra ett ytterligare pålägg på ca 20% (avrundat) till de ovan framräknade kostnaderna i enlighet med följande sammanställning

	Beräknat	Avrundat
Totalkostnad i Mkr	11 075	13 500
Kostnad i öre/kWh:		
utan ränta	0,55	0,7
vid 4% ränta	0,30	0,4

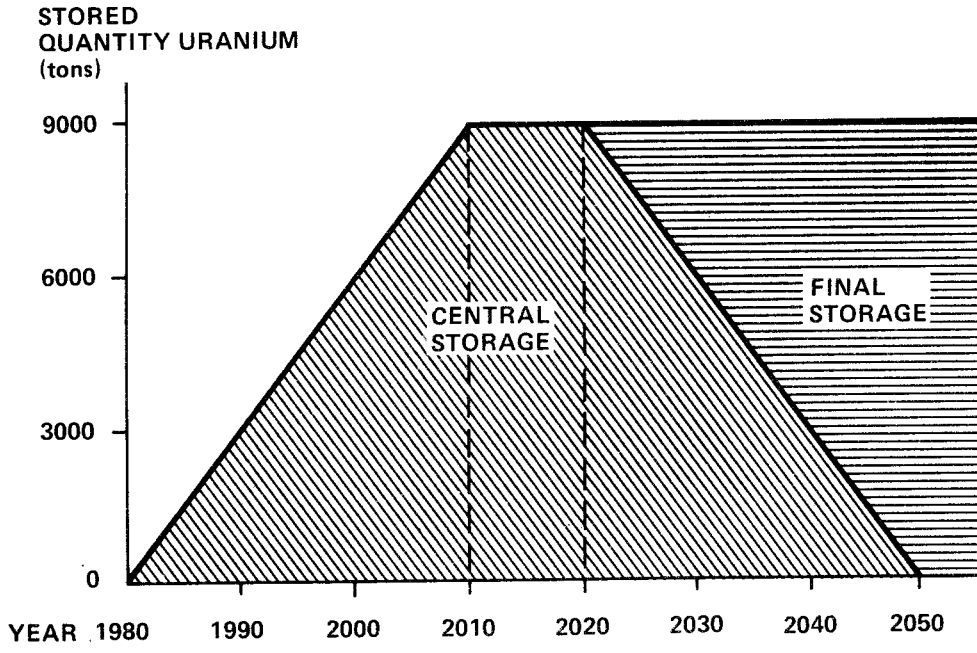
För att ge en uppfattning om kapacitetens inverkan på kostnaderna har en överslagsmässig beräkning utförts för en total bränslemängd av 4500 ton på 30 år i stället för de 9000 ton som förutsatts av KBS. Därvid erhålls en minskning av de totala kostnaderna med drygt 25% vilket i sin tur skulle öka kostnaden per producerad kWh med nära 50%.



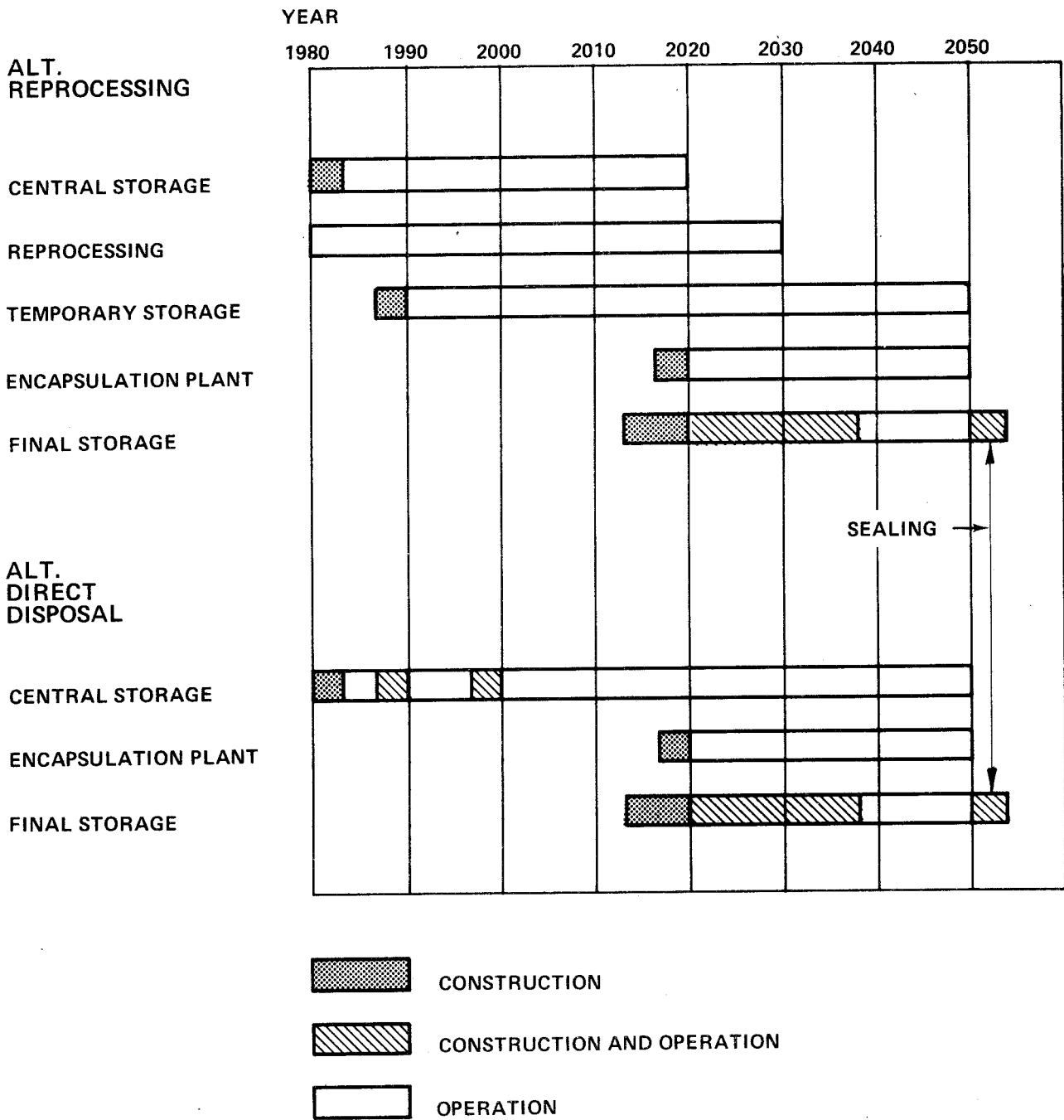
Appendix 1. Cost for the back end of the fuel cycle. Estimated variation with total amount disposed material.



ALTERNATIVE: REPROCESSING



ALTERNATIVE: DIRECT DISPOSAL



Appendix 3. Time schedule for construction and operation of facilities.

FÖRTECKNING ÖVER SKBF PROJEKT KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 79-01 Clay particle redistribution and piping phenomena in bentonite/
quartz buffer material due to high hydraulic gradients
Roland Pusch
University of Luleå 1979-01-10
- 79-02 Försöksområdet vid Finnsjön
Beskrivning till berggrunds- och jordartskartor
Karl-Erik Almén
Lennart Ekman
Andrzej Olkiewicz
Sveriges Geologiska Undersökning november 1978
- 79-03 Bergmekanisk bedömning av temperaturbelastning vid slutförvaring
av radioaktivt avfall i berg
Ove Stephansson
Bengt Leijon
Högskolan i Luleå 1979-01-10
- 79-04 Temperatur- och spänningsberäkning för slutförvar
Taivo Tarandi
VBB Vattenbyggnadsbyrån, Stockholm februari 1979
- 79-05 Kompletterande berggrundsundersökningar inom Finnsjö- och
Karlshamnsområdena
Andrzej Olkiewicz
Sören Scherman
Karl-Axel Kornfält
Sveriges Geologiska Undersökning 1979-02-02
- 79-06 Kompletterande permeabilitetsmätningar i Karlshamnsområdet
Gunnar Gidlund
Kenth Hansson
Ulf Thoregren
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1979
- 79-07 Kemi hos berggrundvatten i Blekinge
Gunnar Jacks
Institutionen för Kulturteknik, KTH, februari 1979
- 79-08 Beräkningar av grundvattenrörelser inom Sternöområdet i Blekinge
John Stokes
Institutionen för Kulturteknik, KTH, februari 1979
Preliminär utgåva

- 79-09 Utvärdering av de hydrogeologiska och berggrundsgeologiska förhållandena på Sternö
Kaj Ahlbom
Leif Carlsson
Gunnar Gidlund
C-E Klockars
Sören Scherman
Ulf Thoregren
Sveriges Geologiska Undersökning, Berggrundsbyrån,
februari 1979
- 79-10 Modellberäkningar av grundvattenförhållandena på Sternö
Carl-Lennart Axelsson
Leif Carlsson
Sveriges Geologiska Undersökning september 1979
- 79-11 Tolkning av permeabilitet i en befintlig berganläggning
Ulf Lindblom
Alf Norlén
Jesús Granero
Kent Adolfsson
Hagconsult AB februari 1979
- 79-12 Geofysisk borrhålsmätning i 2 st borrhål på Sternö
Kurt-Åke Magnusson
Oscar Duran
Sveriges Geologiska Undersökning februari 1979
- 79-13 Bildning av fritt väte vid radiolys i lerbädd
Trygve Eriksen
Johan Lind
Institutet för Kärnkemi KTH 1979-03-28
- 79-14 Korrosionsprovning av olegerat titan i simulerade deponeringsmiljöer för upparbetat kärnbränsleavfall. Slutrapport.
Sture Henrikson
Marian de Pourbaix
Studsvik Energiteknik AB 1979-05-07
- 79-15 Kostnader för hantering och slutförvaring av högaktivt avfall och använt kärnbränsle
Arne W Finné
Åke Larson Byggare, april 1979
- 79-16 Beräkning av permeabilitet i stor skala vid bergrum i Karlshamns hamn
Ulf Lindblom
J J Granero
Hagconsult AB Göteborg, 23 augusti 1979
- 79-17 Water percolation effects on clay-poor bentonite/quartz buffer material at high hydraulic gradients
R Pusch
Div. Soil Mechanics, University of Luleå, 1979-05-31