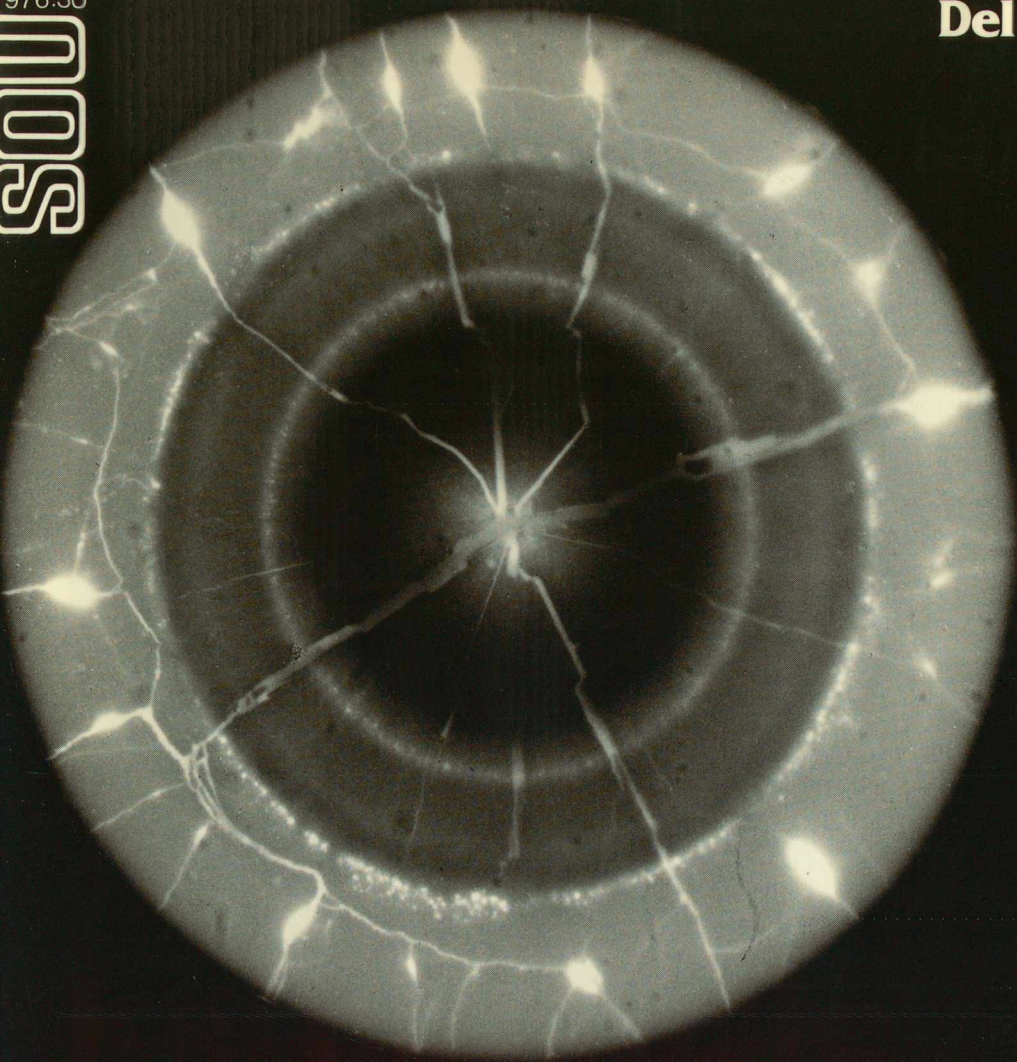




Ur KB:s samlingar

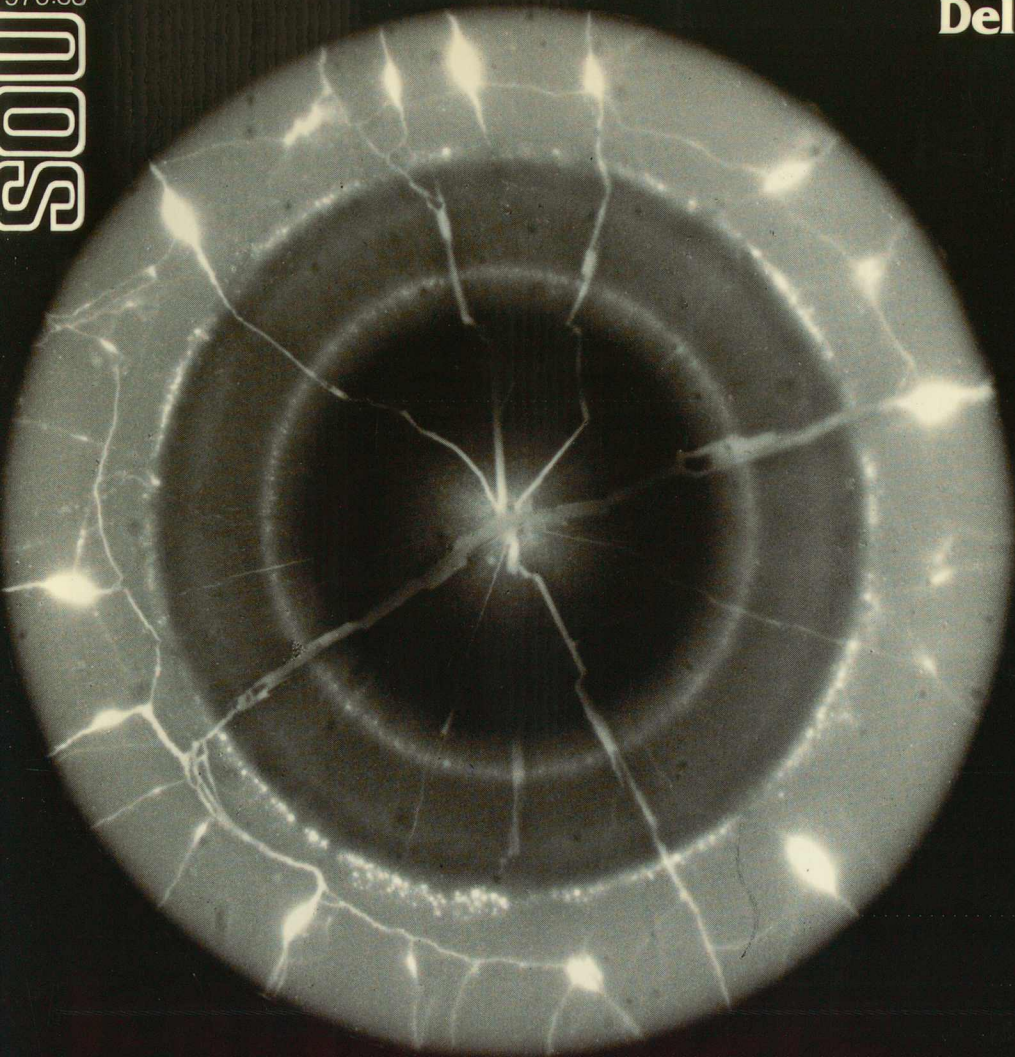
Digitaliserad år 2013



National Library
of Sweden

och radioaktivt avfall

Betänkande av Aka-utredningen

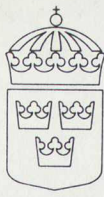


Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall

Betänkande av Aka-utredningen

Ref

42/
38



Statens offentliga utredningar
1976:30
Industridepartementet

Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall

Del I

Betänkande från Aka-utredningen
Stockholm 1976

ISBN 91-38-02971-5
ISSN 0375-250X
Göteborgs Offsettryckeri AB
Malmö 1976

Omslagsbilden visar $\beta\gamma$ -autoradiografi av ett tvärsnitt av en UO_2 -kuts, som bestrålats i R2-reaktorn. Tekniken består i att man trycker en lämplig fotografisk plåt mot provet. Utöver sprickor kan man lätt se fläckar av $\beta\gamma$ -aktivt material och ett komplicerat bandmönster vid olika radiella positioner orsakat av klyvningsprodukternas omfördelning.
Fotot från AB Atomenergi.

Till Statsrådet och chefen för industridepartementet

Med stöd av Kungl. Maj:ts bemyndigande den 28 december 1972 tillkallade chefen för industridepartementet den 25 april 1973 sju sakkunniga med landshövding Gösta Netzén som ordförande för att utreda frågan om hanteringen av högaktivt avfall från kärnkraftverk. Den 28 december tillkallades ytterligare två sakkunniga. De sakkunniga fick i uppdrag att analysera olika frågor som är av betydelse för den svenska handlingsberedskapen på området. Genom särskilda tilläggsdirektiv den 10 maj 1974 utvidgade industriministern utredningsuppdraget till att också omfatta de frågor, som rör hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall. De sakkunniga har antagit namnet utredningen om radioaktivt avfall, förkortat Aka-utredningen.

Vi har tidigare överlämnat en lägesrapport om kärnkraftens högaktiva avfall (Ds I 1974:6) och en lägesrapport om det låg- och medelaktiva avfallet (Ds I 1975:8). Vi överlämnar härmed vårt huvudbetänkande, som redovisas i två delar. Del I (SOU 1976:30) innehåller sammanfattning, översiktlig redovisning av utredningsarbetet och bakgrundsmaterial samt överväganden och förslag. Del II (SOU 1976:31) omfattar sådant faktamaterial, som utgör underlag för våra ställningstaganden och förslag. Som bilagor till betänkandet överlämnas samtidigt vissa expertrapporter.

Vi tackar alla de myndigheter, organisationer och företag inom och utom landet som har bistått utredningen med värdefullt material.

En engelskspråkig sammanfattning av utredningen kommer att utges inom kort (SOU 1976:32).

Utredningen är enhällig i sina förslag. Särskilda yttranden har avgivits av ledamöterna Einar Larsson och John Takman.

Malmö den 26 april 1976

Gösta Netzén

Jan Bergqvist

Einar Larsson

Lars-Gunnar Larsson

John Takman

Arne Westlin

Anders Wijkman

Nils Erik Wååg

Rune Ångström

/Philip Moding

Hans Fransson

The development of industrial development

The main reason for the development of industrial development is the increasing demand for goods and services. This demand is driven by the growing population and the increasing standard of living. The development of industrial development is also driven by the need for more efficient production methods and the need for more advanced technology. The development of industrial development is also driven by the need for more skilled labor and the need for more capital. The development of industrial development is also driven by the need for more infrastructure and the need for more government support.

The development of industrial development is a complex process that involves many different factors. These factors include the availability of raw materials, the availability of capital, the availability of skilled labor, the availability of infrastructure, and the availability of government support. The development of industrial development is also influenced by the global economy and the international trade system. The development of industrial development is also influenced by the environment and the need for sustainable development.

The development of industrial development is a process that is ongoing and constantly evolving. As the world's population continues to grow and the standard of living continues to rise, the demand for goods and services will continue to increase. This demand will drive the development of industrial development and the need for more efficient production methods and more advanced technology. The development of industrial development will also be driven by the need for more skilled labor and more capital, as well as the need for more infrastructure and more government support.

Innehåll

1	<i>Sammanfattning</i>	7
2	<i>Utredningsarbetet</i>	15
2.1	Kommitténs ledamöter, experter och sekretariat	15
2.2	Arbetets uppläggning	15
2.3	Samråd och beställda uppdrag	16
3	<i>Bakgrund</i>	23
3.1	Kärnkraftens utveckling	23
3.1.1	Världen	23
3.1.2	Sverige	27
3.2	Kärnbränslets kretslopp	30
3.3	Hantering av använt kärnbränsle	34
3.3.1	Upparbetning	34
3.3.2	Icke upparbetning	35
3.3.3	Upparbetningsindustrins utveckling	36
3.3.4	Aktuellt läge för upparbetningsindustrin i Europa	36
3.3.5	Hantering av använt svenskt kärnbränsle	38
3.4	Upparbetning i Sverige	39
3.4.1	Beredskap	39
3.4.2	Val av plats	41
3.5	Kärnvapenfrågan och kontrollen av klyvbart material	47
3.6	Användning av radioaktiva ämnen inom medicin, forskning och industri	52
3.6.1	Medicinsk användning av radioaktiva nuklider	52
3.6.2	Forskning och undervisning	53
3.6.3	Industri	53
3.7	Begreppet radioaktivt avfall	54
3.8	Hantering av radioaktivt avfall	54
3.8.1	Kärnkraftens radioaktiva avfall	54
3.8.2	Avfall från icke kärnteknisk verksamhet	58
3.8.3	Framtida mängder radioaktivt avfall i Sverige	59
3.9	Förutsättningar för slutlig förvaring av radioaktivt avfall i svensk berggrund	60

3.10	Strålskydd, miljöskydd och säkerhet	66
3.10.1	Strålning och strålningspåverkan	66
3.10.2	Arbetarskydd	70
3.10.3	Miljöfrågor	70
3.10.4	Sabotage, stöld, terror	71
3.10.5	Krigsskydd	72
3.11	Forskning och utveckling	72
3.11.1	Insatser i Sverige	73
3.12	Kostnader	76
3.13	Svenska myndigheter och lagar	80
4	<i>Överväganden och förslag</i>	83
4.1	Allmänna utgångspunkter	83
4.2	Hantering av använt kärnbränsle	84
4.2.1	Lagring av använt kärnbränsle	84
4.2.2	Transport av använt kärnbränsle	84
4.3	Upparbetning av använt kärnbränsle	85
4.3.1	Upparbetning i Sverige	85
4.3.2	Annan behandling av använt kärnbränsle	87
4.4	Hantering och användning av plutonium	87
4.4.1	Kärnkraftverk	87
4.4.2	Kontroll av klyvbart material	88
4.5	Slutlig förvaring av högaktivt avfall	89
4.6	Hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall	90
4.7	Nedläggning av kärntekniska anläggningar	91
4.8	Forskning och utveckling	92
4.9	Organisation, finansiering och lagar	95
4.9.1	Organisation	95
4.9.2	Finansiering	96
4.9.3	Lagar	97
	Särskilt yttrande av ledamoten Einar Larsson	99
	Särskilt yttrande av ledamoten John Takman	99

Utredningsmaterialet är uppdelat på följande sätt och utgör tillsammans huvudbetänkandet.

Del I Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, SOU 1976:30 (denna del)

Del II Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, SOU 1976:31

Del III Spent fuel and radioactive waste, SOU 1976:32 (utkommer i juni 1976)

Dessutom kommer vissa expertbilagor att sammanställas och utges i juni 1976. Direktiv, begreppsförklaringar och litteraturförteckning återfinns sist i betänkandets del II.

1 Sammanfattning

I följande sammanfattning redovisas översiktligt dels de frågor, som utredningen skall behandla enligt direktiven, dels de förslag till lösningar som utredningen kommit fram till. Sammanfattningen har utformats på detta sätt för att den samtidigt skall ge en överblick över både utredningens förelagda arbetsuppgifter och dess förslag.

Hänvisningar görs till de sidor i betänkandet, som innehåller utredningens analyser och överväganden. Direktiven återges i sin helhet i SOU 1976:31.

Uppgifter enligt direktiven

1. Analysera de tekniska, ekonomiska och säkerhetsmässiga problemen vid upparbetning av använt kärnbränsle, vid behandling och förvaring av radioaktivt avfall samt vid transporter av radioaktivt material.

2. Ange lämpliga metoder för hantering av radioaktivt avfall i Sverige med hänsyn till landets speciella förutsättningar.

Utredningens förslag

En stor del av bakgrundsmaterialet har tidigare presenterats i lägesrapporterna 1974 och 1975. Del II av betänkandet innehåller en mer omfattande genomgång av aktuellt bakgrundsmaterial. Till detta kommer visst expertmaterial, som redovisas separat i särskilda bilagor till utredningen.

Ds I 1974:6, Ds I 1975:8, SOU 1976:30, sid 28–83, SOU 1976:31 Expertbilagor

Insmältning av det högaktiva avfallet i glas eller keramiska material är enligt utredningen den bästa av de metoder, som hittills utvecklas. Slutlig förvaring av radioaktivt avfall bör ske i urberg. De studier som Sveriges geologiska undersökning, SGU, utfört åt utredningen visar att Sverige med sin stabila och sedan årmiljoner lugna berggrund har gynnsamma geologiska förutsättningar för sådan

Uppgifter enligt direktiven

3. Undersöka om hanteringen av det låg- och medelaktiva avfallet kan samordnas med omhändertagandet av det högaktiva avfallet

4. Studera möjligheterna att bygga en upparbetningsanläggning i Sverige och därvid beakta möjligheterna till samlokalisering med bl. a. kärnkraftverk och med förvaringsanläggning för radioaktivt avfall

Utredningens förslag

förvaring. Transporter på järnväg och båt innebär flera fördelar ur säkerhetssynpunkt. Vi föreslår att använt svenskt kärnbränsle och sådant radioaktivt avfall, som kräver tunga, strålskyddade anordningar så långt möjligt fraktas på järnväg eller båt.

SOU 1976:30, sid 60–83, 85, 91, 94.

En central lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall inrättas. Till denna förs reaktoravfall samt sådant avfall från forskning, industri och sjukvård, som kräver förvaring under mycket lång tid. Nergrävning i mark av låg- och medelaktivt avfall bör inte komma ifråga. I likhet med högaktivt avfall bör det förvaras i berg. Slutlig lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall bör samordnas med lagringsanläggning för högaktivt avfall och projekteras samtidigt med denna.

SOU 1976:30, sid 54–60, 90.

Förprojektering av en svensk upparbetningsanläggning bör påbörjas snarast för att den skall kunna stå klar i början av 1990-talet. Dess kapacitet bör vara 800 ton uran per år. Den beräknas sysselsätta närmare 1 000 personer. En förutsättning för upparbetning bör vara att det plutonium som kommer fram som ett resultat av upparbetning så snart som möjligt överförs till nytt bränsle och återgår till reaktorerna. Vi förordar att ett beslut om en svensk upparbetningsanläggning även innefattar en anläggning för tillverkning av plutoniumberikat bränsle.

Utförda lokaliseringsstudier vi-

*Uppgifter enligt direktiven**Utredningens förslag*

sar att det är möjligt att förlägga en upparbetningsanläggning till flera olika platser i landet. Vi vill i första hand förorda att en samförläggning med kärnkraftverken i Forsmark eller i Simpsarp undersöks närmare. I samband med förberedelser för ett eventuellt femte kärnkraftverk i landet bör det om möjligt väljas ett läge, där man även uppfyller kraven för förläggning av en upparbetningsanläggning och en anläggning för slutlig förvaring.

Geologiska detaljstudier av platser lämpliga för slutförvaring bör omgående påbörjas i första hand nära Forsmark och Simpsarp. Även andra platser bör studeras för att klarlägga alternativa lägen. Ur många synpunkter är det lämpligt och önskvärt med en regional, nordisk lösning av frågor som rör upparbetning och slutlig förvaring.

Även om vi i första hand förordar upparbetning för använt svenskt kärnbränsle anser vi att studier bör påbörjas i syfte att närmare klarlägga förutsättningarna för icke-upparbetning. Utredningen bedömer att en teknik där det använda bränslet slutförvaras direkt kan utvecklas. En avgörande nackdel med detta alternativ är att de energiresurser i form av uran och plutonium, som finns i bränslet, inte tas tillvara. En fördel är att plutonium ej avskiljs och förekommer i ren form. Även detta alternativ möjliggör en fortsatt användning av kärnkraft.

SOU 1976:30, sid 39-47, 85-90.

5. Bedöma behovet av ett svenskt forsknings- och utvecklingsarbete på avfallsområdet samt

Vårt förord för en svensk upparbetningsanläggning innebär att FoU-arbetet inom upparbet-

Uppgifter enligt direktiven

eventuellt föreslå allmänna riktlinjer för ett sådant

6. Undersöka möjligheterna till internationellt och i synnerhet nordiskt samarbete i frågor som rör radioaktivt avfall

7. Överväga organisatoriska former för avfallshanteringen varvid som förutsättning gäller att staten skall ombesörja den verksamhet som rör den slutliga förvaringen

Utredningens förslag

ningsområdet snabbt bör förstärkas. Insatserna bör också innefatta arbeten på processer för överföring av flytande högaktivt avfall till fast form, främst förglasningsmetoder. Det geologiska FoU-arbete, som SGU redan inlett, bör fortsätta och utvidgas. Vi förutser också behov av betydande FoU-arbeten för plutoniumberikat bränsle.

Vi vill understryka vikten av att kärnkraftinspektionen, SKI, och strålskyddsinstitutet, SSI, genom sina forskningsnämnder ser till att erforderliga insatser som underlag för dessa myndigheters tillståndsgivning och kontroll kommer till utförande.

SOU 1976:30, sid 72–76, 92–95.

Med tanke på det omfattande FoU-arbete, som pågår i utlandet och i internationella organisationer bör Sverige aktivt medverka i det internationella samarbetet. Särskilt bör möjligheterna till ett praktiskt inriktat nordiskt samarbete tas tillvara.

SOU 1976:30, sid 95.

Ansaret för att ta hand om radioaktivt avfall vilar i första hand på det företag eller den institution där avfallet uppstår. Den verksamhet som rör slutlig förvaring kräver långtgående insyn och styrning från det allmännas sida. Vi föreslår en särskild statlig organisation för all långsiktig hantering av radioaktivt avfall och därmed sammanhängande arbetsuppgifter, främst ledning av FoU-arbeten på avfallsområdet. En särskild enhet bör vidare inrättas vid kärnkraftinspektionen för granskning och kontroll på bränsle- och

*Uppgifter enligt direktiven**Utredningens förslag*

avfallsområdet och med ansvar för säkerhetsinriktat utvecklingsarbete på avfallsområdet.

Vi föreslår att ett omorganiserat Svensk Kärnbränsleförsörjning AB får ansvar för fortsatta förstudier och förprojektering av en svensk upparbetningsanläggning, centrallager och transportsystem för använt kärnbränsle. En särskild grupp bör organiseras för detta ändamål. Gruppen har under SKBF ansvar för inriktning och genomförande av erforderligt utvecklingsarbete för upparbetningsanläggningen och för transporter av använt kärnbränsle. Om en svensk upparbetningsanläggning skall uppföras förordar vi att här för organiseras ett statligt eller statsdominerat företag.

Programrådet för radioaktivt avfall avvecklas från 1 juli 1977 och dess arbete överförs på förut nämnda organ. Det är synnerligen viktigt att framtida förändringar i organisationen utformas i riktning mot en sammanhållande planering och ett samlat ansvar för såväl hanteringen av använt kärnbränsle som för radioaktivt avfall.

SOU 1976:30, sid 95-99.

8. Föreslå former för finansiering av behandling, transport och förvaring av radioaktivt avfall samt av forsknings- och utvecklingsprogram, varvid som förutsättning gäller, att samtliga kostnader skall bäras av den som ger upphov till avfallet

Kraftproducenterna skall bära samtliga kostnader som är förknippade med hantering och förvaring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Vi anser att häri ingår även kostnaderna för de organisationer och det utvecklingsarbete som vi föreslagit. I sina kostnadskalkyler bör kraftföretagen vidare medräkna de framtida utgifterna för upparbetning och slutlig förvaring redan när kärnbränslet används för framställning

Uppgifter enligt direktiven

9. Översiktligt bedöma hur stora insatser som behövs för en tillfredsställande svensk beredskap på upparbetnings- och avfallsområdet

Utredningens förslag

av elenergi. Vi förordar att belopp motsvarande dessa utgifter avsätts varje år i företagens bokslut till en särskild fond från vilken kostnaderna täcks när dessa senare uppstår. Under mellantiden skall denna fond arbeta i företagen. Utifrån preliminära överväganden är en avgift på högst 0,5 öre per kilowattimme från kärnkraft tillräcklig för att täcka kärnkraftens restkostnader.

SOU 1976:30, sid 76–80, 96–97.

Med hänsyn till kravet på en tillfredsställande svensk beredskap på detta område anser vi att de inledda förstudierna för en svensk upparbetningsanläggning bör fortsätta så att en förprojektering kan påbörjas snarast. Med nu tillgängligt underlag kan investeringskostnaderna för en i alla avseenden fullständig svensk upparbetningsanläggning för 800 ton uran per år uppskattas till 4 000 milj. kr. Driftskostnaderna har beräknats till omkring 850 milj. kr per år.

Anläggningskostnaderna för slutlig förvaring av använt bränsle utan upparbetning har uppskattats bli omkring hälften av vad anläggningar för upparbetning och förvaring kostar.

Som villkor för tillstånd till kärntekniska anläggningar föreslår vi att det skall finnas en godtagbar, teknisk beskrivning över hur en kommande nedläggning planeras. Det bör åvila statens kärnkraftinspektion tillse att konstruktionen av kraftreaktorer och andra kärntekniska anläggningar utförs så att en framtida nedläggning kan genomföras på ett tekniskt och

*Uppgifter enligt direktiven**Utredningens förslag*

säkerhetsmässigt tillfredsställande sätt.

SOU 1976:30, sid 76–80, 91.

10. Komplettera lagstiftning

Vi föreslår att § 2 i nuvarande atomenergilag får följande tillägg ”eller anläggningar för bearbetning och förvaring av radioaktivt avfall som uppkommer vid användning av kärnbränsle eller bearbetning av använt kärnbränsle”.

Språket i atomenergi-, atoman-svarighets-, strålskyddslagen m. fl. är svårt att tolka och behöver förtydligas och moderniseras.

SOU 1976:30, sid 80–83, 100.

2 Utredningsarbetet

2.1 Kommitténs ledamöter, experter och sekretariat

Industriministern lämnade i december 1972 direktiv till en utredning om högaktivt avfall från kärnkraftverk och tillkallade i början av 1973 landshövding Gösta Netzén som ordförande.

Som sakkunniga i kommittén har från den 1 maj 1973 ingått landshövding Gösta Netzén, riksdagsledamöterna Jan Bergqvist, Einar Larsson, Anders Wijkman och Nils Erik Wååg, professor Lars-Gunnar Larsson och avdelningschef Arne Westlin. Experter i kommittén har från samma tidpunkt varit fil lic Åke Hultgren, civilingenjör Alf Larsson, professor Bo Lindell, direktör Erik Svenke och från den 1 juli 1973 generaldirektör Gunnar Ekevärn.

Den 1 januari 1974 har riksdagsledamöterna John Takman och Rune Ångström tillkommit som sakkunniga och departementssekreterare Lennart Lindgren som expert i utredningen. Som experter ingår vidare fil kand Leif Hjärne från den 15 mars 1974 och ingenjör Bertil Mandahl från den 1 juli 1974. Planeringsdirektör Philip Moding är utredningens sekreterare sedan den 1 juni 1973 och byrådirektör Hans Fransson biträdande sekreterare från den 1 maj 1974. Sekretariatet ligger i Malmö.

Genom särskilda tilläggsdirektiv den 10 maj 1974 utvidgade industriministern utredningsuppdraget till att också omfatta de frågor som rör hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall. Med anledning av tilläggsdirektiven har den tidigare benämningen "Utredningen rörande högaktivt avfall från kärnkraftverk" ändrats till "Utredningen om radioaktivt avfall", förkortat Aka-utredningen. Direktiv och tilläggsdirektiv återges i sin helhet i del II av betänkandet.

2.2 Arbetets uppläggning

Utredningsarbetet ägnades i ett inledande skede åt att från skilda håll insamla översiktlig information om de problem som uppstår vid såväl upparbetning av använt kärnbränsle som vid behandling och förvaring av högaktivt avfall. Resultaten av detta inledande arbete redovisades i en särskild lägesrapport i juni 1974 (Ds I 1974:6). Även om denna rapport

var starkt koncentrerad och preliminär i många stycken har den varit till stor nytta i det fortsatta arbetet. Lägesrapporten gjorde det också möjligt för utomstående att tidigt lära känna det pågående utredningsarbetet och frågorna kring det radioaktiva avfallet m. m. För att underlätta våra kontakter med utlandet utarbetade vi och lät trycka en kortfattad skrift på engelska om kommittén och utredningsuppdraget. Den innehåller också ett kort referat av innehållet i den första lägesrapporten. En lägesrapport om det låg- och medelaktiva avfallet blev färdig den 31 december 1975 (Ds I 1975:8).

I såväl lägesrapporten som i detta betänkande har vi försökt undvika sådana fackuttryck, som är svåra att förstå och som kan ersättas av svenska ord. Som exempel härpå kan nämnas att i stället för uttrycken bränslecykel, deponera, monitera och segregera har vi använt orden bränslegång eller kärnbränslets kretslopp, förvara, mäta och sortera.

Kommittén har avgivit yttranden i olika ärenden. Dessa yttranden har grundats på det utredningsmaterial, som var tillgängligt vid respektive tillfälle. Den första lägesrapporten har därvid utgjort ett viktigt underlag. Remissvar har lämnats i följande ärenden.

- Ansökan från Gränges Hedlund AB om industrietablering vid Sannäs
- Närförläggning av kärnkraftverk (SOU 1974:56)
- Energi 1985/2000 (SOU 1974:64)
- Organisation av forskning och utveckling inom energiområdet (Ds I 1974:60)
- Rapport om utredningsväsendet (Ds Ju 1975:14)
- Medlemsförslag om nordisk samverkan för hantering av radioaktivt avfall (Nordiska rådet A4 73/e)

Kommittén har fått förfrågningar om möjligheterna att förlägga en upparbets- och förvaringsanläggning till vissa platser i landet. Vi har då hänvisat till de förutsättningar för lokalisering, som utredningen arbetat med och som nu återges i mer detaljerad form i föreliggande betänkande.

De flesta sammanträden i kommittén har ägt rum i nya riksdagshuset i Stockholm. Några har förlagts i anslutning till studiebesök. Tvådagars-överläggningar i internatform har hållits vid tre tillfällen. Konferens-TV mellan Malmö och Stockholm med telefonkoppling till Umeå har också använts. Sammanlagt har vi haft fyrtiotvå sammanträden varav fem 1973, fjorton 1974, femton 1975 och åtta 1976.

2.3 Samråd och beställda uppdrag

Vår utredning har samrått med och beställt uppdrag hos olika myndigheter, institutioner och företag enligt följande.

Utrikesdepartementet

Icke-spridningsfördraget (NPT) och den internationella kontrollen av klyvbart material.
Beredskaps- och krigsskyddsaspekter på hantering av radioaktivt material m. m.

Försvarsstaben

Rikspolisstyrelsen	Stöld-, terror- och sabotageaspekter på hantering av radioaktivt material m. m. Strålskyddsgranskning
Statens strålskyddsinstitut (SSI)	
Försvarets forskningsanstalt (FOA)	Studier av uppberbningsanläggningar i USA och Västeuropa Uppkomst och spridning av luftburen aktivitet vid förvaring av plutonium och högaktivt avfall.
Sveriges geologiska undersökning (SGU)	Översiktliga geologiska studier. Geologiska studier av områden lämpliga för slutlig förvaring av radioaktivt avfall. Undersökningar i geologiskt mätområde i Västerbotten. Geologisk bedömning av möjligheterna att finna lagringsplats för radioaktivt avfall i närheten av platser lämpliga för en eventuell uppberbningsanläggning Högaktivt avfall, specialstudie. Datorberäkningar över möjligheterna till återföring av plutonium i bränslets kretslopp.
AB Atomenergi	Expertstöd i lokaliseringsutredning för uppberbningsanläggning Lagring och lagringskrav på plutonium. Driftstörningar och olyckor, en riskanalys för en uppberbningsanläggning inklusive transporter
Svensk Kärnbränsleförsörjning AB (SKBF)	Studier av uppberbningsanläggningar i USA och Västeuropa. Bassängsystem vid uppberbningsanläggning.
AB Vattenbyggnadsbyrån, VBB	Lokaliseringsstudie för uppberbningsanläggning i Sverige.

Om de delar av betänkandet, som berör riksplaneringen och regionalpolitiken, har vissa uppgifter inhämtats från industriverket, bostadsdepartementet och arbetsmarknadsdepartementet. Kommitténs pågående arbeten har redovisats för såväl riksdagens näringsutskott som riksdagspartierna. Genom studiebesök vid forskningsinstitutioner och kärnkraftanläggningar har kommittén skaffat aktuell och värdefull information i olika frågor som rör hanteringen av radioaktivt avfall. AB Atomenergi i Studsvik, AB Asea-Atom i Västerås, Ågestaanläggningen i Stockholm, Ranstadsverket vid Skövde samt kärnkraftverken i Barsebäck, Forsmark, Simpvarp och Ringhals har besökts. Företrädare för statens kärnkraftinspektion, SKI, och statens strålskyddsinstitut, SSI, har redogjort för dessa myndigheters arbete med kontrollen av kärnkraftens säkerhet. SSI ordnade en särskild studiedag för kommittén vid institutet om strålskyddsfrågorna. Experter från försvarets forskningsanstalt har medverkat i utredningsarbetet. Ledamöter och experter från utredningen har deltagit i och medverkat vid journalistseminarier, studiecirklar, konferenser m. m. om energi- och kärnkraftfrågor i olika delar av landet.

Tabell 2.1 visar i korthet vilka myndigheter, institutioner, företag i Sverige och i övriga Norden som representanter från Aka-utredningen besökt. Ett direkt och omfattande samarbete om olika frågor har förekommit med flera av de uppräknade organen.

Tabell 2.1 Förteckning över institutioner, företag m. fl. i Norden som delar av Aka-utredningen besökt 1974–76.

Land	Besökt myndighet eller företag	Behandlade frågor
Sverige	Utrikesdepartementet	Internationell kontroll av klyvbart material
	Försvarsstaben	Skydd, säkerhet, kontroll
	Rikspolisstyrelsen	Skydd, säkerhet, kontroll
	Statens strålskyddsinstitut	Strålskydd, kontroll
	Statens kärnkraftinspektion	Säkerhet, kontroll
	AB Atomenergi	FoU-arbeten, avfallshanteringen i Studsvik
	Länsstyrelsen i Uppsala län	Planeringen av Forsmarksområdet Information om lokaliseringsförsättningar för en uppberetningsanläggning
	Länsstyrelsen i Västerbottens bottens län	Geologiskt mätområde i Pellboda
	Robertsfors kommun	Geologiskt mätområde i Pellboda
	Länsstyrelsen i Kalmar län	Planeringen av Simpsvarsområdet Information om lokaliseringsförsättningar för en uppberetningsanläggning
	Oskarshamns kommun	Planeringen i kommunen
	Svensk Kärnbränsleförsörjning AB	Bränsleförsörjning, FoU-program
	Centrala Driftledningen,	Energibehov, utbyggnadsplaner
	Kärnkraftverket i Simpsvarp	Säkerhets- och avfallsfrågor
	Kärnkraftverket i Barsebäck	Säkerhets- och avfallsfrågor
	Kärnkraftverket i Ringhals	Säkerhets- och avfallsfrågor
	Kärnkraftverket i Forsmark	Säkerhets- och avfallsfrågor
	AB Asea-Atom i Västerås	Bränsletillverkning, Utvecklingsarbeten
	Malmö allmänna sjukhus	Hantering av strålkällor och radioaktivt avfall inom sjukvården
Danmark	Glasforskningsinstitutet i Växjö	FoU-arbeten om glas
	Ingenjörsvetenskapsakademien IVA, Stockholm	Vetenskapligt samarbete Sverige–Sovjetunionen
	Atomenergikommissionen, AEK, Köpenhamn	FoU-arbeten. Avfallshantering. Nordisk samverkan
	Atomenergikommissionen, Risö	FoU-arbeten. Avfallshantering. Nordisk samverkan
	Finland	FoU-arbeten. Avfallshantering. Nordisk samverkan
Finland	Handels- och industriministeriet, Helsingfors	FoU-arbeten. Avfallshantering. Nordisk samverkan
	Statens tekniska forskningscentral, Otnäs	FoU-arbeten. Avfallshantering. Nordisk samverkan
Norge	Institutt for atomenergi, Kjeller	FoU-arbeten. Avfallshantering. Nordisk samverkan

Direkta kontakter med nordiska myndigheter har etablerats genom kommitténs besök hos myndigheterna i de nordiska huvudstäderna och vid forskningsstationerna Risö, Kjeller och Otnäs. Vidare har representanter för utredningen deltagit i nordiska strålskydds- och avfallsseminarier. Utredningen arrangerade i samarbete med det nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor, NKA, en nordisk konferens den 30 september 1975 i Malmö om det radioaktiva avfallet. Ca 80 personer från de

nordiska länderna var närvarande. Föredragen vid denna konferens har ställts samman i en särskild rapport, som utkom i oktober 1975. Företrädare för Aka-utredningen har vidare deltagit i nordiskt seminarium om radioaktivt avfall i Lidingö maj 1974, nordiskt strålskyddsmöte i Köpenhamn oktober 1974, 1975 och NKA-möte i Helsingfors februari 1976. Det nordiska samarbetet under utredningsarbetets gång har i hög grad underlättats genom de många samråd, som ägt rum mellan utredningen och NKA.

En mycket omfattande forskning och utveckling pågår i utlandet. Direktiven anger att det är synnerligen angeläget för kommittén att följa denna och att arbeta för ett internationellt samarbete. Vi har därför redan från början strävat efter att på olika sätt få kontakt med myndigheter, organisationer och experter i utlandet. Tabell 2.2 innehåller uppgifter om besökta myndigheter, anläggningar, konferenser etc.

Vidare har företrädare för utredningen deltagit i följande internationella konferenser.

- IAEA, Wien 1974, om lokalisering av kärnkraftanläggningar, nedläggningsplanering, avfallshantering.
- IAEA, Moskva 1974, om handbok med riktlinjer för hantering av låg- och medelaktivt avfall.
- IAEA–OECD/NEA, Stockholm 1975, om radioaktiva och termiska utsläpps samlade effekter på miljön.
- IAEA–OECD/NEA, Clausthal–Zellerfeld och Wien 1975, om avfallsförvaring i geologiska bildningar.
- IAEA, Karlsruhe 1975, om kärndata.
- IAEA, Wien 1975, om nedläggning av kärntekniska anläggningar.
- IAEA–OECD/NEA, Wien 1976, om hantering av radioaktivt avfall.

En västtysk grupp med företrädare för bl. a. industri- och inrikesministerierna i Bonn har besökt utredningens sekretariat i Malmö och informerat om pågående västtyska arbeten på avfallsområdet.

Ett nära samarbete har ägt rum med FN:s atomenergiorganisation IAEA i Wien. Företrädare för Aka-utredningen har deltagit i konferenser och arbetsgrupper om radioaktivt avfall m. m. Vidare har direkta samråd skett med IAEA:s chef, dr Sigvard Eklund. Aka-utredningen har erhållit en mycket värdefull hjälp från de svenska ambassaderna i utlandet vilka genom utrikesdepartementet översänt ett omfattande material med aktuell information om radioaktivt avfall etc. Ambassaderna har också medverkat vid utredningens olika studiebesök.

Företrädare för europeiska gemenskapens (EG-Euratom) forskningscentrum i Ispra, Italien har besökt utredningens sekretariat och informerat om pågående och planerade arbeten vid forskningscentrumet, särskilt om vissa systemstudier. Representanter för Aka-utredningens motsvarigheter i Danmark (UDAKA) och Norge har under 1976 besökt utredningen för samråd om främst nordiskt samarbete.

Utredningen har vidare haft överläggningar med AB Atomenergi, Svensk Kärnbränsleförsörjning AB, Glasforskningsinstitutet m. fl. och

Tabell 2.2 Förteckning över institutioner, företag m. fl. utanför Norden som Aka-utredningen besökt 1974–97.

Land	Besökt eller kontaktad myndighet, organisation, företag	Behandlade frågor
Västtyskland	Forskningsministeriet, Bonn	Hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall
	Inrikesministeriet, Bonn	Hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall
	Saltgruvan Asse, Braunschweig	Slutförvaring av radioaktivt avfall, geologi
Belgien	Eurochemics uppberetningsanläggning i Mol	Uppberetning, avfallshantering, lokalisering
Frankrike	CEA:s uppberetningsanläggning i La Hague	Uppberetning, avfallshantering, lokalisering
	CEA:s uppberetningsanläggning i Marcoule	Uppberetning, avfallshantering, lokalisering
	Saint Gobain Techniques	Behandling av högaktivt avfall enligt Pivermetoden (ingjutning i glas)
	Nouvelles, Paris	Säkerhet, miljöfrågor
Sovjetunionen	Högsta Sovjets ständiga kommitté för naturvård och rationellt utnyttjande av naturtillgångar, Moskva	
	Atomenergikommissionen, GKAE, Moskva	Uppberetning, radioaktivt avfall, FoU, slutförvaring
	Stationen för lågaktivt avfall, Moskva	Avfallshantering, FoU
Förenta Staterna	Stationen för strålningssäkerhet och radioaktivt avfall, Zagorsk	Avfallshantering, slutförvaring
	Novovoronezj kärnkraftverk	Avfallshantering
	Utrikesdepartementet, Washington DC	Icke-spridning av klyvbart material
	Inrikesdepartementet, Washington DC	Energiförsörjning
	ERDA, Washington DC, m. fl. platser	FoU på energi- och avfallsområdet
	NRC, Washington DC	Kontroll, tillstånd, normer, kärnkraftdebatt
	Kongressen (JCAE)	Säkerhetsfrågor, energipolitik
	EPA, Washington DC	Miljövård, normer
	Kärnkraftverket Indian Point	Reaktoravfall, hantering av använt bränsle
	AGNS uppberetningsanläggning, Barnwell	Planerad avfallshantering, plutoniumhantering, tillståndsfrågor
	Savannah River Plant	Miljöpåverkan, FoU
	ORNL Oak Ridge	Avfallshantering, FoU
	Hanford	Tankförvaring, överföring i fast form, FoU
	Idaho Falls	Tankförvaring, överföring i fast form, nedlägningsplanering
	San Diego	FoU om HTGR-bränsle
	Los Angeles	Geologi, seismologi, amerikansk kärnkraftdebatt

med företrädare för kärnkemisk, geovetenskaplig och radiobiologisk forskning om olika frågor med anknytning till avfallshanteringen. Därvid har främst utformningen av ett svenskt FoU-program behandlats. Förslaget till geologiskt FoU-program och analyserna vid Sveriges geologiska undersökning av möjligheterna att slutligt förvara radioaktivt avfall i urberg har granskats även av dansk, finsk och norsk expertis. Vissa delar av detta material har vidare presenterats vid IAEA:s konferens i Clausthal-Zellerfeld, 1975.

I skrivelser till industriministern hösten 1975 fäste vi uppmärksamheten på vikten av att upprätthålla kontinuiteten i det inledda forsknings- och utvecklingsarbetet i avvaktan på en mera definitiv lösning av organisationsfrågan och myndighetsansvaret för utvecklingsarbetet inom avfallsområdet. Vi föreslog därför att ett ansvarigt programråd inrättades, som skulle fungera till dess ställning tagits till organisationsformen på lång sikt. Detta organ borde också få till uppgift att åstadkomma en förstärkning av Sveriges beredskap i fråga om lagring av använt kärnbränsle. På anmodan av Aka-utredningen utarbetade AB Atomenergi och Kärnbränslebolaget ett förslag till utvecklingsprogram för hantering av reaktoravfall och använt bränsle. Detta förslag kunde enligt vår mening bilda underlag för det föreslagna programrådets inledande verksamhet. Kärnbränslebolaget beslöt om en utvecklingsbudget för år 1976 på 9 milj. kr. och för 1977 på 12 milj. kr. att i huvudsak användas till arbeten inom detta program. Mot denna bakgrund tillsatte regeringen ett programråd för radioaktivt avfall, som tills vidare skall ansvara för erforderligt utvecklingsarbete.

3 Bakgrund

3.1 Kärnkraftens utveckling

3.1.1 *Världen*

En serie naturvetenskapliga framsteg under början av 1900-talet genom forskare som Rutherford, Planck, Einstein, Bohr, makarna Curie m. fl. bildar utgångspunkt för 1930-talets stora upptäckt av kärnklyvningsprocessen. De tyska forskarna Hahn, Frisch och Meitner påvisade år 1939 att det var möjligt att klyva atomkärnan hos uran. Genom en kedjereaktion skulle enorma mängder energi kunna frigöras. Därmed lades grunden till såväl den militära som den civila tillämpningen av kärnkraften. Redan år 1939 lämnade forskarna von Halban och Kowarski in det första patentet på en kraftreaktor till det franska patentverket.

Med utbrottet av andra världskriget följde stora satsningar, främst i Tyskland och Förenta Staterna, på den militära tillämpningen av de nya naturvetenskapliga upptäckterna. Målet blev att tillverka ett nytt och förödande vapen. Utvecklingen fram till den första atombomben följde främst två huvudlinjer. Den ena gick ut på att genom anrikning renframställa den klyvbbara isotopen uran-235 hos naturligt uran och den andra på att framställa ett nytt klyvbart grundämne, plutonium. I december 1942 lyckades ett amerikanskt forskarlag under ledning av Enrico Fermi att starta den första kontrollerbara kedjereaktionen. Försöken ingick som en viktig del i det s. k. Manhattanprojektet som efterhand beviljades mycket stora anslag. Man visste nämligen att Tyskland genom sina framstående forskare satsade på experiment med tungt vatten. I Amerika byggdes de första plutoniumproducerande reaktorerna i Hanford i staten Washington. Samtidigt som reaktorerna producerade plutonium utvecklades en stor mängd värme, som kylades bort med Columbiaflodens kalla vatten. Även om det främst gällde att framställa plutonium till atomvapen insåg många av de deltagande forskarna att processen i reaktorerna också kunde få stor betydelse som framtida energikälla. Vid slutet av andra världskriget fällde amerikanerna atombomber över de japanska städerna Hiroshima och Nagasaki. Efter kriget följde en jättelik kärnvapenkapprustning mellan stormakterna som ännu pågår. Fyra andra länder, Sovjetunionen, Storbritannien, Frankrike och Kina skaffade sig i nämnd ordning kärnvapen.

Samtidigt pågick ett intensivt arbete för att utveckla en fredlig användning av kärnenergin. Många olika typer av reaktorer konstruerades och ännu flera föreslogs. Storbritannien blev det land som först uppförde kärnkraftverk i större skala. De var i första hand avsedda för produktion av vapenplutonium men de levererade också betydande mängder elkraft. Flera av de äldsta kraftreaktorerna är fortfarande i drift t. ex. det första engelska kärnkraftverket Calder Hall, som togs i bruk år 1956. Sovjetunionens första kärnkraftverk, Obninsk utanför Moskva, invigdes redan år 1954. De första engelska reaktorerna utnyttjar naturligt uran i metallform som bränsle och kylv med koldioxid.

Av militära skäl valde Förenta Staterna att mycket hastigt öka sitt innehav av höganrikat uran och byggde därför tre stora anrikningsanläggningar. I slutet av 1950-talet hade dessa amerikanska anläggningar i huvudsak tillgodosett de militära kraven och erbjöd en stor överkapacitet som kunde användas för civila ändamål. På så sätt blev det möjligt att införa en ny reaktortyp, den s. k. lättvattenreaktorn, som för sin drift kräver anrikat uran. Denna reaktortyp dominerar nu utbyggnaden av kärnkraft i världen. De två amerikanska företagen General Electric och Westinghouse blev pionjärer på detta område. Westinghouse kunde därvid bygga på sina omfattande erfarenheter från tillverkning av lättvattenreaktorer för atomubåtar.

Den stränga sekretess på kärnenergiområdet som rått under och efter andra världskriget bröts med president Eisenhowers program "Atomer för fred" år 1955. Inom ramen för detta program träffade amerikanerna atomavtal med de flesta större industriländer och forskningsreaktorer uppfördes i många länder. Genom att Förenta Staterna lovade sälja anrikat uran blev det möjligt att bygga ut kärnkraften i stor skala även i sådan länder som inte hade egna kärnvapenprogram eller satsat på egna utvecklingslinjer som t. ex. Kanada och Sverige.

Svårigheten att utveckla kraftreaktorer visade sig vara betydande. Först vid mitten av 1960-talet blev kärnkraften konkurrenskraftig gentemot andra kraftslag. Det långvariga arbetet med att utveckla reaktorer och kärnbränsle började ge utdelning genom ett ökande antal beställningar hos reaktor- och bränsletillverkarna. Tekniken att upparbeta använt kärnbränsle hade utvecklats för framställning av vapenplutonium och ansågs inte behöva modifieras i alltför hög grad för att även kunna anpassas till bränsle från lättvattenreaktorer. Frågan om avfallens behandling och slutförvaring sköts i stor utsträckning på framtiden. Upparbetning av använt metallbränsle från militära och civila reaktorer har förekommit sedan länge i industriell omfattning på flera håll i världen bland annat i Marcoule, Frankrike, och Windscale, England. Under åren 1966–71 upparbetades också 240 ton högutbränt oxidbränsle från lättvattenreaktorer vid en anläggning i USA. För närvarande upparbetas dock inte sådant bränsle i industriell skala vid någon anläggning i världen. Inom ramen för ett europeiskt samarbetsprojekt Eurochemic har ett tekniskt framgångsrikt utvecklingsarbete bedrivits i Mol, Belgien. Själva upparbetningsanläggningen där har nu lagts ner. Det aktuella läget för upparbetningsindustrin redovisas i avsnitt 3.3.3 och i anslutning till en

genomgång av kostnadsutvecklingen för kärnbränsle i avsnitt 3.12.

Användningen av radioaktiva ämnen och joniserande strålning har även fått en mycket stor betydelse för den medicinska vetenskapen och därmed för dagens sjukvård. Med hjälp av radioaktiva spårämnen är det möjligt att studera och förstå komplicerade processer i människokroppen. Strålkällor används i stor omfattning inom hälso- och sjukvården såväl vid undersökningar som vid behandling av olika sjukdomar. Likaså utnyttjas strålkällor i ökande utsträckning inom andra områden t. ex. för att utveckla växtförädlingen och analysera växt- och djursjukdomar. Även industrin använder radioaktiva spårämnen för att t. ex. pröva olika material, kontrollera produkter och förbättra tillverkningsmetoder.

Förbrukningen av energi, främst elenergi, ökar snabbt i alla delar av världen. De flesta industriländer räknar med att deras behov av elenergi fördubblas vart tionde år. I många utvecklingsländer fördubblas det på kortare tid. Vissa prognoser anger att världens behov av elenergi kommer att öka upp till sju gånger mellan 1970 och år 2000.

Många länder, främst industriländerna, planerar en snabb utbyggnad av kärnkraften. En av anledningarna härtill är att störningarna i oljetillförseln till främst Västeuropa, Förenta Staterna och Japan har medverkat till en ökad utbyggnadstakt för kärnkraften. På senare tid har emellertid snabbt stigande priser på reaktorer, utrustning och kärnbränsle liksom svårigheter att köpa uran dämpat utvecklingen. Hur den nu beslutade utbyggnaden enligt tillgängliga uppgifter hösten 1975 är fördelad i världen åren 1975 och 1985 framgår av figur 3.1.



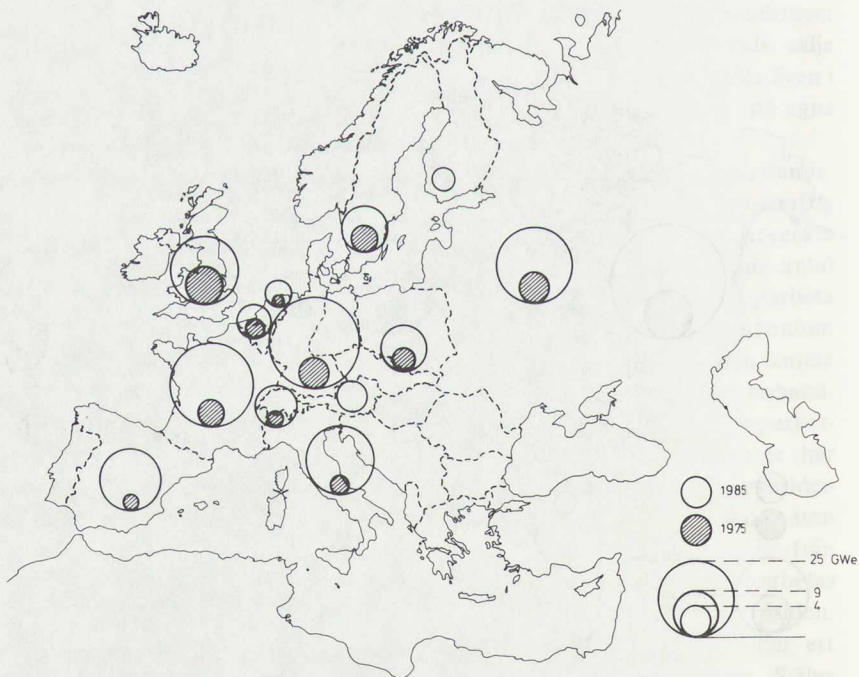
Figur 3.1 Kärnkraft i världen 1975 och 1985

Förenta Staterna beräknas svara för över 40 % av världens installerade kärnkraft år 1985. I dag finns ungefär hälften av världens kärnkraft i USA.

Figur 3.2 visar fördelningen i Europa, där Västtyskland leder utbyggnaden under perioden 1975–1985 följt av Frankrike, Italien och Storbritannien. Den svenska utbyggnaden av kärnkraft fram till 1980 har ungefär samma omfattning som i Spanien och Kanada. År 1985 beräknas Sverige ha ca 10 gigawatt el, GWe, installerad kärnkraft medan Spanien har 17 och Kanada 15. Japan planerar att öka sin installerade kapacitet från ca 7 GWe år 1975 till 47 år 1985. Sovjetunionen avser enligt femårsplanen 1976–1985 att bygga ut kärnkraften avsevärt, främst i den europeiska delen, trots landets stora tillgångar av fossilt bränsle. Bland övriga länder med långt framskridna planer för en kraftig utbyggnad av kärnkraften kan nämnas Mexiko, Argentina, Brasilien, Iran och Indien.

I hela världen finns det f. n. omkring 80 GWe installerad kärnkraft. Tillgängliga uppgifter för planer på utbyggnaden under de närmaste 10 åren tyder på att kärnkraftverken år 1985 kommer att representera över 500 GWe.

I många länder, bland annat Japan, Frankrike, Spanien och Schweiz beräknas mer än hälften av elenergin i slutet av 1980-talet komma från kärnkraftverk. För Sveriges del beräknas kärnkraften vid mitten av 1980-talet utgöra omkring 40 % av den totala elproduktionen.



Figur 3.2 Kärnkraft i Europa 1975 och 1985

3.1.2 Sverige

Vid mitten av 1950-talet drog statsmakterna upp riktlinjerna för den framtida verksamheten inom kärnenergiområdet. Förutsättningarna för införande av kärnenergi bedömdes som goda. Sverige hade stora urantillgångar och en tekniskt välutvecklad industri. Vid denna tid hade landet fortfarande relativt stora outbyggda vattenkraftresurser men de kunde förutses bli nästan fullt utnyttjade under 1970-talet. Sverige saknade olja och kol. Vid en tidpunkt då vattenkraften helt hade tagits i anspråk ansågs kärnkraften bli ett bra alternativ. AB Atomenergi började sin verksamhet redan år 1947. Även kraftföretagen och den tillverkande industrin spelade tidigt en aktiv roll i det svenska kärnenergiprogrammet.

En forskningsreaktor som låg nära tekniska högskolan i Stockholm togs i drift 1954. Viss försöksverksamhet för uranutvinning utfördes vid Kvarntorp i Närke och ett mindre uranverk byggdes vid Ranstad i Västergötland. Flera faktorer, bland dem de stora svenska uranfyndigheterna, gjorde det naturligt för Sverige att länge satsa på utveckling av tungvattenreaktorn, en reaktortyp som kan utnyttja naturligt uran. Under perioden 1964–74 var en tungvattenreaktor i drift vid Ågesta utanför Stockholm. Den producerade både el och värme och fungerade som en viktig demonstrationsanläggning.

Utvecklingen av lättvattenreaktorn utomlands liksom svårigheterna att utveckla en svensk tungvattenreaktor ledde till en omorientering av det svenska kärnkraftsprogrammet. Denna omorientering genomfördes under 1960-talet. ASEA fick år 1965 order på en lättvattenreaktor till landets första större kärnkraftverk vid Simpvarp, nära Oskarshamn. Nya beställningar följde år 1968. Samma år träffade ASEA och staten avtal om samarbete på kärnkraftområdet. Detta ledde till att AB Asea-Atom bildades. Den av bolaget nu marknadsförda lättvattenreaktorn av kokartyp har utvecklats utan licensavtal med någon av de stora utländska reaktortillverkarna.

I ett utlåtande 1962 över utbyggnaden av elkraft under 1970-talet beräknade Centrala Driftledningen, CDL, att kärnkraften under andra hälften av 1970-talet skulle komma att bidra med större delen av det erforderliga krafttillskottet. Tio år senare, 1972, redovisade CDL en studie för kärnkraftens utbyggnad som innebar, att 11 kärnkraftaggregat på tillsammans 8 260 megawatt el skulle vara i drift år 1980.

Genom riksdagsbeslut år 1972 tillkom Svensk kärnbränsleförsörjning AB, SKBF, med Statens vattenfallsverk, Sydsvenska Kraft AB och Oskarshamnsverkets Kraftgrupp AB som delägare. SKBF har till uppgift att anskaffa kärnbränsle, uppdragsstjänster m. m. Bolagets kostnader täcks av delägarna och riksdagen har beviljat statsgaranti.

Riksdagen bestämde våren 1973 att inga beslut att bygga ytterligare reaktorer utöver elva skulle fattas förrän ett nytt allsidigt beslutsunderlag förelagts riksdagen. Detta skall bl. a. innefatta information om forskningsresultat, utvecklingstendenser och säkerhetsfrågor.

Våren 1975 behandlade riksdagen regeringens proposition om energihushållning m. m. vilken främst innehåller riktlinjer för energipolitiken

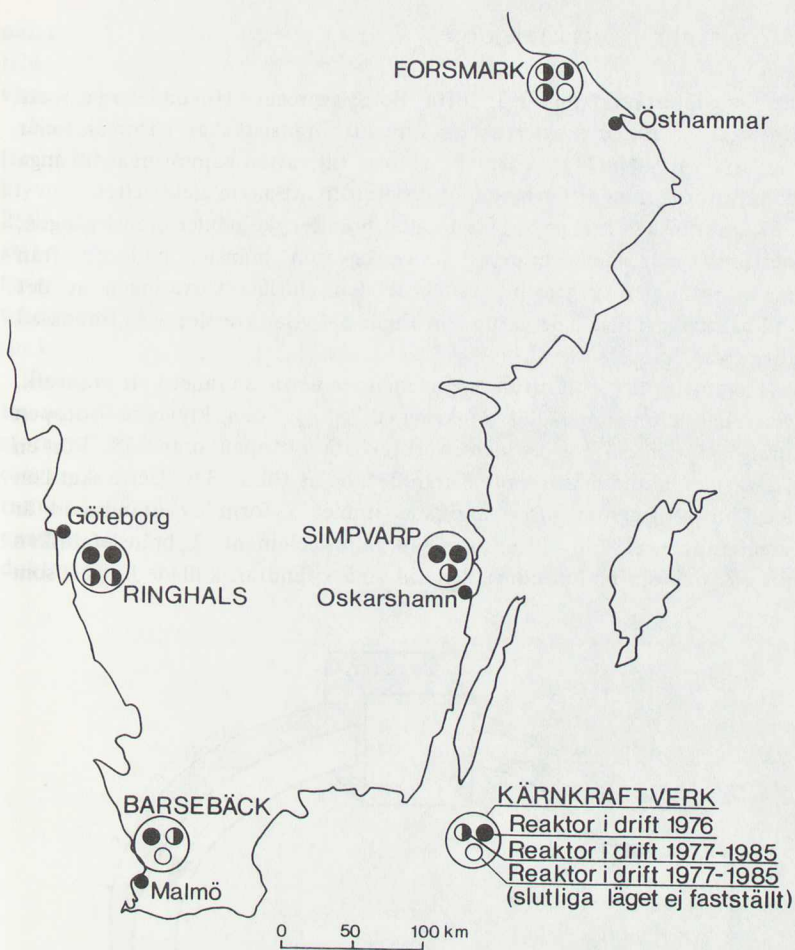
fram till och med år 1985 (prop. 1975:30). Riksdagen godkände en fortsatt utbyggnad av kärnkraften med ytterligare två aggregat. En utgångspunkt för planeringen är att inga nya lägen för dessa skall öppnas. Planeringen för de båda nya aggregaten inriktas i första hand på en utbyggnad i Forsmark. Det trettonde aggregatet kan dock eventuellt komma att i stället förläggas till Barsebäck. Riksdagen väntas under år 1978 behandla frågan om energipolitiken på lång sikt. Regering och riksdag förutsätter att det då föreligger ett mera omfattande underlag för beslut om den fortsatta energipolitiken. Bland annat avvaktar man resultaten av pågående utredningar, ytterligare erfarenheter från de kärnkraftverk som är i drift och effekterna av vissa besparingsåtgärder.

Den plan för utbyggnad av kärnkraften som nu beslutats omfattar således 13 aggregat förlagda till fyra platser. I full drift blir deras sammanlagda nettoeffekt ca 10 000 MW. Fem aggregat på tillsammans 3 190 MW har hittills tagits i drift. De återstående åtta befinner sig i olika stadier från uppförande till förstudier och projektering, tabell 3.1 och figur 3.3. Staten svarar genom Vattenfall för mer än hälften av den beslutade utbyggnaden av kärnkraft. AB Asea-Atom i Västerås levererar samtliga kokarreaktorer (BWR). De tre tryckvattenreaktorerna (PWR) i Ringhals har köpts från det amerikanska företaget Westinghouse.

Under år 1975 svarade kärnkraften för ca 14 % av landets hela produktion av elenergi. I prop. 1975:30 beräknar man att elförbrukningen kommer att öka med sex procent per år under de närmaste tio åren. Under perioden 1975–85 ökar därför behovet av elenergi från 80 TWh år 1975 till 159 TWh år 1985. Denna ökning skall täckas med bland annat utbyggnad av kärnkraften, som år 1985 beräknas svara för ca 40 % av den totala elproduktionen.

Tabell 3.1 Beslutad kärnkraftutbyggnad i Sverige

Anläggning	Ägare	Kommer- siell drift	Typ	Netto- effekt MW
Oskarshamn 1				
(Simpvarp)	OKG	1972	BWR	450
Oskarshamn 2	OKG	1974	BWR	580
Oskarshamn 3	OKG	1982/83	ej bestämd	1060
Ringhals 1	Vattenfall	1976	BWR	760
Ringhals 2	Vattenfall	1975	PWR	820
Ringhals 3	Vattenfall	1977/78	PWR	915
Ringhals 4	Vattenfall	1979	PWR	915
Barsebäck 1	Sydkraft	1975	BWR	580
Barsebäck 2	Sydkraft	1977	BWR	580
(Barsebäck 3 ev)	Sydkraft		ej bestämd	
Forsmark 1	FKA ³	1978	BWR	900
Forsmark 2	FKA	1980	BWR	900
Forsmark 3	FKA	1982/83	BWR	1000
(Forsmark 4 ev)	FKA		ej bestämd	900



Aka 1976-04-04

Figur 3.3 Beslutade reaktorer vid landets fyra kärnkraftverk

Fram till 1 mars 1976 har de fem reaktorer som nu är i drift tillsammans producerat omkring 20 miljarder kWh. Tabell 3.2 redovisar närmare driftdata för de fem aggregaten.

Tabell 3.2 Driftdata per 1976-03-01 för svenska kärnkraftaggregat

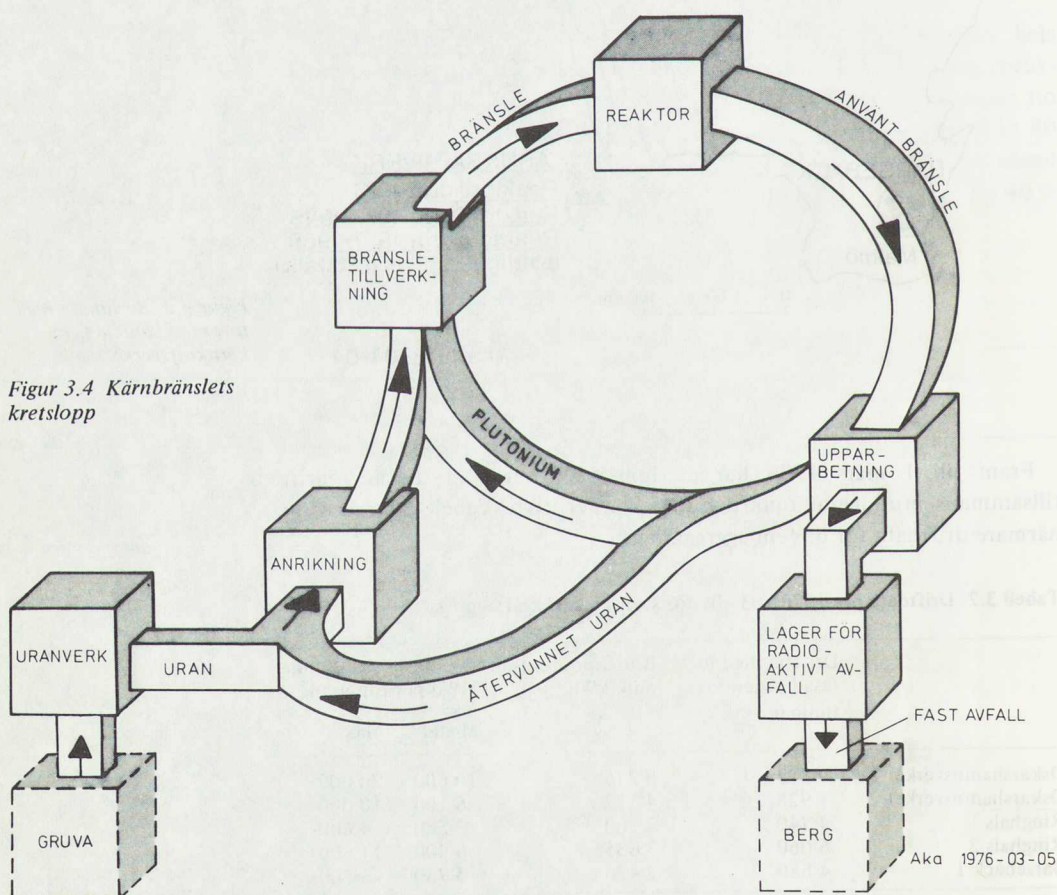
	Drifttid med in-fasad generator timmar	Bruttoproduktion milj. kWh	Ungefärlig utbränning MWd per ton uran	
			Medel	Max
Oskarshamnsverket 1	19 873	8 276	10 600	20 000
Oskarshamnsverket 2	7 928	4 172	6 100	10 000
Ringhals 1	4 740	2 100	2 580	4 600
Ringhals 2	6 060	3 635	6 400	11 500
Barsebäck 1	4 650	2 420	3 760	6 700

3.2 Kärnbränslets kretslopp

Ett kärnkraftverk omfattar ofta flera aggregat. Huvuddelarna i ett aggregat är reaktor och turbin. I reaktorbränslet sker kärnreaktioner varvid värme utvecklas. Värmen överförs till vatten som övergår till ånga som driver turbinen. Turbinen får generatoren att alstra elektricitet.

Kärnbränslets kretslopp, även kallat bränslecykeln eller bränslegången, omfattar hela den serie av processer som bränslet undergår från malmbrytningen i gruvan fram till den slutliga förvaringen av det radioaktiva avfallet i berggrunden. Figur 3.4 visar kretsloppet i förenklad form.

Uranmalm bryts i gruvan och ur malmen utvinns uranet i ett uranverk. Naturligt uran innehåller omkring 0,7 % av den klyvbara isotopen uran-235 och 99,3 % av den svårklyvbara isotopen uran-238. För en lättvattenreaktor måste halten uran-235 höjas till 2–3 %. Detta sker i en anrikningsanläggning. Det anrikade uranet i form av urandioxid är utgångsmaterial för tillverkning av bränsleelement. I bränslefabriken pressas och sintras urandioxiden till små cylindrar, kallade kutsar, som

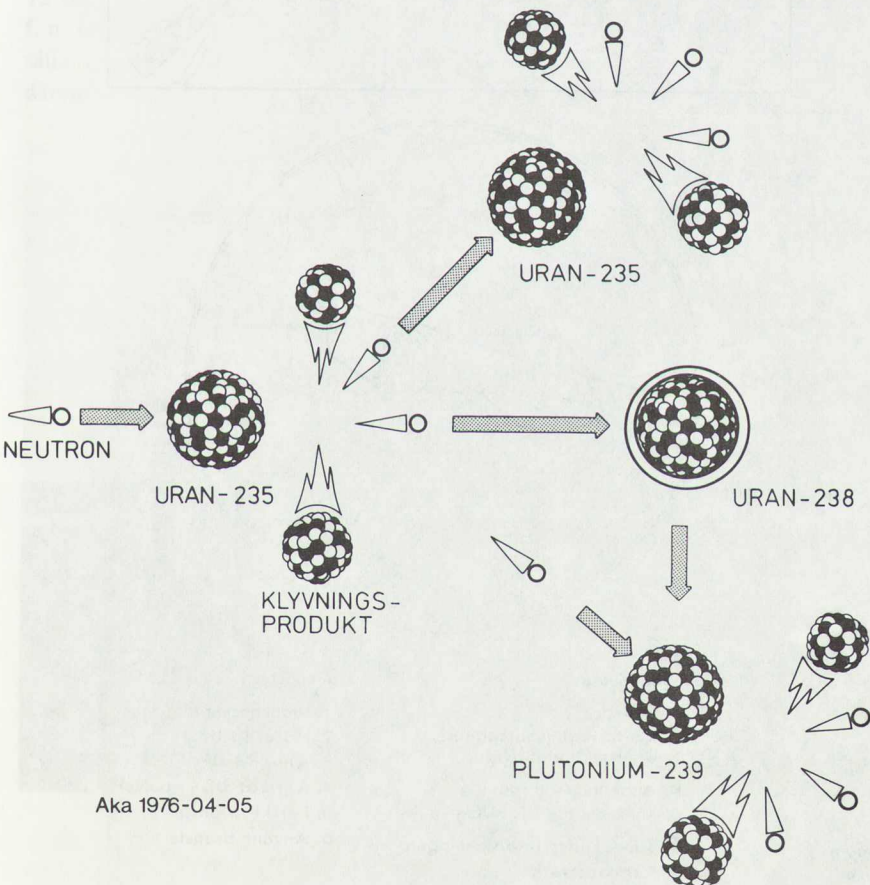


Figur 3.4 Kärnbränslets kretslopp

sedan fylls i långa metallrör. Ett antal sådana rör monteras samman och bildar ett bränsleelement. Elementen sätts in i reaktorn för utvinning av värme genom kärnklyvning.

När en atom uran-235 klyvs och avger energi bildas samtidigt två till tre fria neutroner. De vid klyvningen bildade nya atomerna, även kallade klyvningsprodukter kan vara av många olika slag. Det bildas upp till 250–300 atomslag av olika grundämnen, nästan alla radioaktiva. Genom att neutroner absorberas av uran-238 bildas i bränslet även isotoper tyngre än uran, s. k. transuraner, främst plutonium. Figur 3.5 ger en schematisk bild av klyvningsprocessen och hur plutonium bildas och i sin tur klyvs.

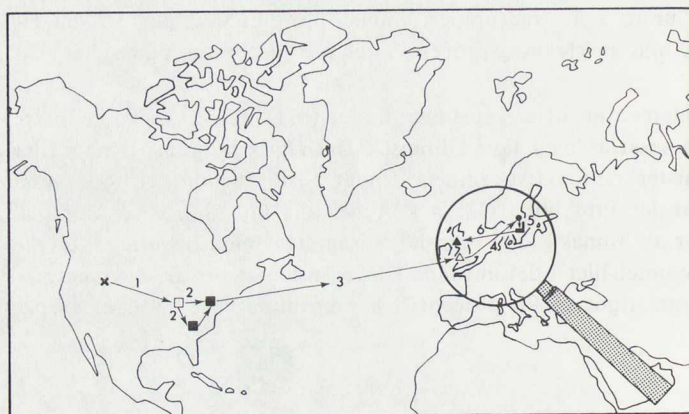
Bränsleelementen sitter i reaktorn under tre till fem år innan de måste tas ut och ersättas med färskt bränsle. Det använda bränslet innehåller stora mängder radioaktiva ämnen. Under förutsättning att rören som omger bränslet inte börjat läcka kommer alla klyvningsprodukter och transuraner att finnas kvar i bränslet tillsammans med resturanet. Ca tre procent av innehållet i det använda kärnbränslet utgörs av klyvningsprodukter. Uran utgör ca 96 procent och plutonium ca 1 procent av det



Aka 1976-04-05

Figur 3.5 Kärnklyvningsprocessen

använda bränslet. Uranet kan efter förnyad anrikning liksom plutoniet åter användas som bränsle. Använt kärnbränsle bör därför inte betecknas som radioaktivt avfall. Bränslets innehåll av klyvningsprodukter utvecklar stora mängder värme när bränslet tas ur reaktorn. Redan efter ett dygn efter att bränslet tagits ur reaktorn har dess värmeutveckling sjunkit till under en tiondel och efter tre månader till en hundradel.



Anläggningar:

- × Gruva
- Konverteringsanläggning
Urankoncentrat- UF_6
- Anrikningsanläggning
- △ Konvertering UF_6 - UO_2 -pulver
- Tillverkning bränsleknippen
- ▣ Kärnkraftverk
- ▲ Upparbetningsanläggning

Transporter:

1. Urankoncentrat
2. Naturlig UF_6
3. Anrikad UF_6
4. Anrikat UO_2 -pulver
5. Färskt bränsle
6. Använt bränsle

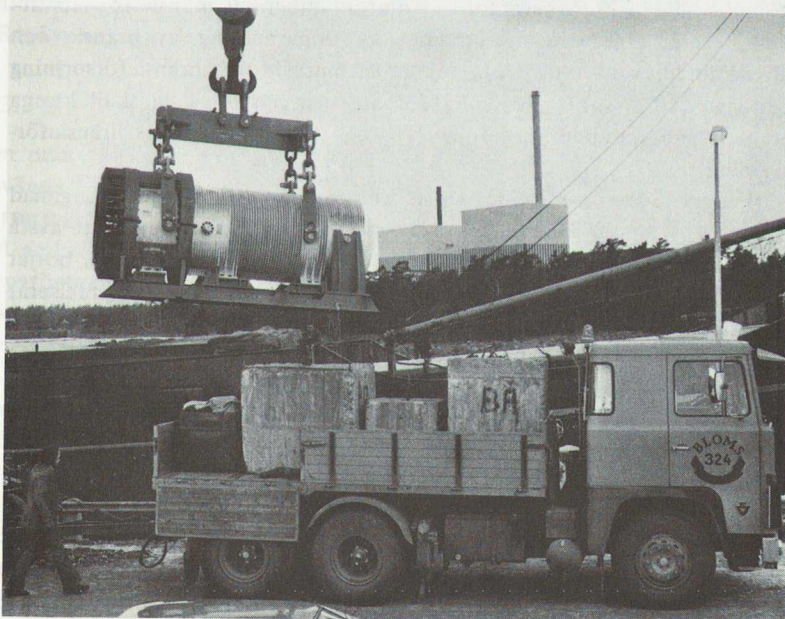
Figur 3.6 Bränslegången
för den första reaktorn
vid Oskarshamnsverket

Källa: ÖKG PM 1974.02.15
Aka 1974.02.20

Det använda kärnbränslet placeras i en djup vattenbassäng intill reaktorn och lagras där vanligen minst ett år. Det forslas därefter i tunga, strålskärnade och stötsäkra transportbehållare till en anläggning för upparbetning av bränsle eller till en särskild förvaringsanläggning för använt kärnbränsle. I upparbetningsanläggningen skiljs kvarvarande uran och nybildat plutonium från klyvningsprodukterna, som utgör det högaktiva avfallet. Det högaktiva avfallet lagras i anslutning till upparbetningsanläggningen, till en början i flytande form. Avfallet kommer längre fram att överföras i fast form för slutlig förvaring.

Figur 3.6 visar bränslegången för landets första större reaktor, Oskarshamnsverket 1 i Simpvarp norr om Oskarshamn, som har varit i drift sedan 1972.

Under 1974 och 1975 har 96 bränsleelement tagits ur Oskarshamnsverket 1 och 1976 kommer ytterligare 115 att tas ur denna reaktor. Övriga reaktorer i landet har inte varit i drift tillräckligt länge för bränslebyte. Våren 1975 sändes 24 bränsleelement från Simpvarp till Windscale, England, figur 3.7. Sommaren 1976 planerar man att frakta ytterligare 72 element från Oskarshamnsverket för upparbetning i Windscale. Det är f. n. osäkert när detta bränsle kommer att upparbetas. OKG kan antingen sälja eller ta tillbaka det utvunna uranet och plutoniet. Avfallet tas däremot om hand av det engelska företaget.



Figur 3.7 Lastning av använt bränsle i Simpvarps hamn år 1975.

3.3 Hantering av använt kärnbränsle

Lättvattenreaktorer dominerar nu utbyggnaden av kärnkraft i de flesta länder, bland annat Sverige. I Västeuropa, USA, Sovjetunionen och Japan planerar man att upparbeta kärnbränsle från dessa reaktorer och återanvända uran och plutonium. Situationen i Förenta Staterna är för närvarande dock något oklar med hänsyn bland annat till att reglerna för upparbetning och hantering av plutonium håller på att ses över. En återvinning av klyvbart material ur använt kärnbränsle gör att det åtgår mindre mängd naturligt uran. Upparbetning leder således till en bättre energihushållning. Upparbetningen gör det också möjligt att behandla och slutligt förvara det högaktiva avfallet på ett mer tillfredsställande sätt än om man direkt slutförvarar det använda kärnbränslet.

Om den snabba bridreaktorn blir accepterad och kommersiellt tillgänglig kommer upparbetning av dess bränsle att vara en oundgänglig förutsättning för dess funktion. I den snabba reaktorn omvandlas uran-238 successivt till klyvbart plutonium-239, som efter upparbetning återförs i nytt bränsle. Man beräknar att på så sätt kunna utnyttja 70–75 % av uranet mot endast 1–2 % i lättvattenreaktorn. Använt bränsle från den snabba reaktorns innerhård kommer att få tre gånger så hög utbränning som lättvattenreaktors bränsle, vilket därför ställer större krav vid transporter och upparbetning. På grund av högre plutoniumhalter är upparbetningen av bränslet för dessa reaktorer mera komplicerad än upparbetningen av plutoniumberikat bränsle för lättvattenreaktorer. Industriell erfarenhet av upparbetning av bränsle och återanvändning av plutonium för lättvattenreaktors bränsleförsörjning bedöms därför vara nödvändig för att man i stor skala skall kunna etablera motsvarande verksamhet för den snabba reaktorns bränsleförsörjning.

De senaste årens försening och starkt stegrade kostnader för utbyggnad av upparbetningsindustrin har ökat intresset för möjligheten att avstå från upparbetning. Följderna av en sådan handlingslinje har därför börjat studeras i USA, Kanada och Sverige. Avsikten är att få ett mer preciserat underlag för en bedömning av motiven för att upparbeta eller inte upparbeta, ur tekniska, ekonomiska och säkerhetsmässiga synpunkter.

Utredningens beräkningar av kostnaderna för upparbetning och icke-upparbetning redovisas i avsnitt 3.12.

3.3.1 Upparbetning

Vid upparbetningen skiljs uran, plutonium, högaktivt avfall och kapslingsavfall från varandra. Uranet anrikas på nytt och återanvänds.

Uran från använt bränsle från forskningsreaktorer som innehåller höganrikat uran har sedan länge återvunnits. Det föreligger där ett klart ekonomiskt motiv eftersom halten uran-235 i detta använda bränsle fortfarande är hög, i R2-reaktorn i Studsvik 60–70 % mot ca 90 % i det färskaste bränslet. För lättvattenreaktorbränsle är ekonomin för upparbetning beroende av upparbetningskostnaden och värdet av det utvunna

uranet och plutoniet. Priset på natururan är också en betydelsefull faktor.

Plutonium kan till en del ersätta låganrikat uran i bränslet för lättvattenreaktorer och således minska behovet av såväl natururan som av anrikningsarbete. Tekniska metoder för berikning av kraftreaktorbränsle med plutonium har utvecklats fram till tillverkning i stor skala. I Belgien och Västtyskland finns således två anläggningar vardera med en kapacitet för tillverkning av 40 ton plutoniumberikat oxidbränsle per år. Mindre mängder plutoniumbränsle har även tillverkats i Studsvik. Tillverkningskostnaden har bedömts vara 15–30 % högre än för uranbränsle utan plutonium. Plutoniumbränsle har provats i större skala och med hög utbränning i kraftreaktorer i bl. a. USA och Västtyskland. Även i Sverige har plutoniumberikade provelement satts in i Ågestareaktorn och i Oskarshamnverket 1.

En återföring av såväl uran som plutonium i nytt reaktorbränsle för lättvattenreaktorer beräknas spara 15–20 % av anrikningsarbetet och 30–35 % av natururanbehovet för reaktorns bränsleförsörjning.

Metoder har utvecklats för att överföra det högaktiva avfallet i fast form, bl. a. glas. Principiella lösningar har också utarbetats för slutförvaring av avfallet i berggrunden. Dessa metoder att förvara avfallet är nu föremål för omfattande utvecklingsinsatser i många länder, bl. a. i Sverige.

Transporter av använt kärnbränsle och plutonium är underkastade omfattande föreskrifter och kontroll av ansvariga myndigheter. Detta gäller även uppförande och drift av upparbetningsanläggningar.

3.3.2 *Icke upparbetning*

Om man väljer att inte planera för upparbetning snarast möjligt av det använda bränslet föreligger i princip två alternativ. Det ena innebär slutlig förvaring i en form där upparbetning inte blir möjlig i framtiden medan det andra innebär lagring på ett sådant sätt att det använda bränslet kan upparbetas vid en senare tidpunkt. I båda fallen bedöms hanteringen vara tekniskt avancerad. Alternativet att slutförvara använt bränsle kan antas innebära att bränslet måste öppnas, sönderdelas i mindre bitar och gjutas in i t. ex. ett metalliskt material, som leder bort värmen och möjliggör slutförvaring i berggrunden på liknande sätt som för högaktivt avfall. Slutförvaring av använt bränsle ställer dock större krav bland annat genom risken för kriticitet med klyvbart plutonium närvarande. Behandlingstekniken kommer att i vissa steg motsvara en regelrätt upparbetning. I det fall då man önskar bibehålla möjligheten att upparbeta någon gång i framtiden blir det fråga om att långtidslagra använt bränsle på ett säkert sätt.

Att inte upparbeta medför vissa fördelar ur kontrollsynpunkt. Främst gäller detta plutoniet. För t. ex. illegala grupper är det nästan omöjligt att komma åt plutoniet i bränsle, som inte upparbetats. Riskerna för att plutonium skulle kunna användas till kärnladdningar är således mycket mindre när plutoniet är bundet i använt bränsle än när rent plutonium lagras.

En analys av den totala risken i hanteringskedjan, upparbetning – återanvändning – slutförvaring, pågår i det svenska forskningsprogrammet.

3.3.3 *Upparbetningsindustrins utveckling*

En teknik för upparbetning av bestrålat kärnbränsle utvecklades första gången i början av 1940-talet. Syftet var då enbart att utvinna plutonium för framställning av kärnvapen. Ett antal anläggningar byggdes för detta, bl. a. i Förenta Staterna. Efter separation av plutonium lämnades uran och klyvningsprodukter tillsammans med avfall. Den relativt låga koncentrationen av radioaktiva klyvningsprodukter underlättade utvecklingen av denna nya teknik.

Från mitten av 1950-talet till omkring 1970 utvecklades ett antal olika reaktortyper. Lättvattenreaktorns två varianter, kokvatten- och tryckvattenreaktor, kom slutligen att helt dominera vid kärnkraftens kommersiella genombrott. Väsentligt för bränsleförsörjningen under denna period var anskaffning av natururan, anrikning och bränsletillverkning. Sedan det militära behovet av höganrikat uran och plutonium i stort sett täckts omkring 1960 förelåg både beträffande uranutvinning och anrikning en stor överkapacitet, vilket ledde till låga priser. Förhållandet var likartat inom upparbetningsindustrin. Återanvändningen av uran och plutonium i nytt bränsle bedömdes bli lönsam när återföringen av plutonium etablerats i industriell skala. Hanteringen av det högaktiva avfallet från upparbetning var helt upparbetningsindustrins ansvar. I denna marknad av överkapacitet för alla väsentliga tjänster i bränslegången bedömdes inga skäl finnas för kraftindustri och myndigheter att engagera sig för att säkerställa en fungerande upparbetning och avfallshantering av tillräcklig kapacitet.

Ännu i början av 1970-talet förekom det i Europa en hård konkurrens om upparbetning mellan å ena sidan de statligt finansierade upparbetningsföretagen British Nuclear Fuels Ltd, BNFL, i Windscale, England och Commissariat à l'Energie Atomique, CEA, i Frankrike och å andra sidan det europeiska företaget Eurochemic med dess försöksanläggning i Mol, Belgien.

Sverige deltog tillsammans med 12 andra länder i ett tekniskt sett framgångsrikt utvecklingsarbete hos Eurochemic. För att säkerställa en samordning och för att undvika en befarad överkapacitet på upparbetningsområdet slöt sig det brittiska BNFL, det franska CEA och det västtyska KEWA i oktober 1971 samman till ett gemensamt företag, United Reprocessors GmbH (URG). Sverige och övriga länder i Eurochemic lämnades utanför.

3.3.4 *Aktuellt läge för upparbetningsindustrin i Europa*

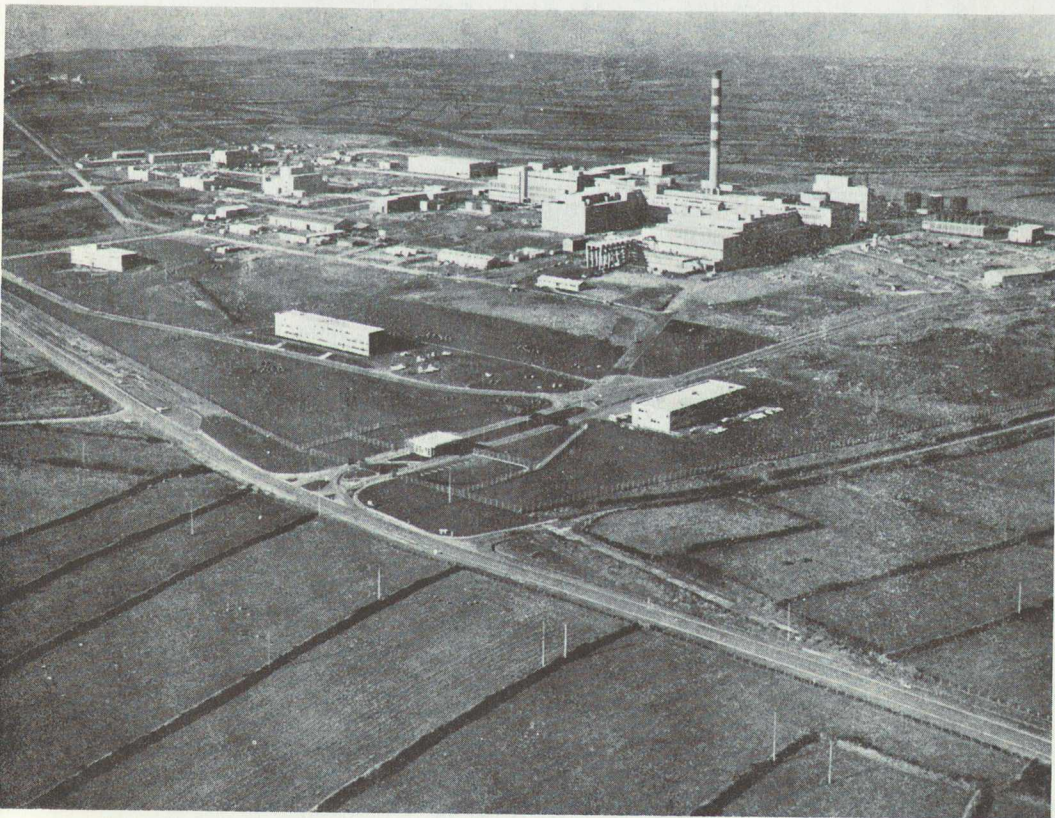
Sedan 1971 erbjuder i Västeuropa endast United Reprocessors GmbH kontrakt om upparbetning. Därför bör man jämföra det västeuropeiska

behovet av upparbetning med den befintliga och planerade kapaciteten hos URG. Även om man räknar med att de planerade utbyggnaderna vid upparbetningsanläggningarna i La Hague, Frankrike, figur 3.8, och Windscale, England tas i drift som beräknat uppstår det från omkring 1978/79 en flaskhals i upparbetningen. Denna bristsituation blir allvarigare under 1980-talet fram till den tidpunkt då en planerad men ännu ej beslutad västtysk anläggning på ca 1 500 ton uran per år beräknas komma igång. Effekterna av denna obalans kan dock mötas tillfälligt utan större olägenheter genom att man bygger ut lagerbassängerna för använt kärnbränsle.

Möjligheterna att lagra använt svenskt bränsle är begränsade i både Windscale och La Hague. I Windscale bygger man visserligen ut så att man kan lagra ytterligare 600 ton använt bränsle redan 1976 men man förhandlar om kontrakt med Japan om att därifrån kunna ta emot 700–800 ton per år under perioden 1977–1983. I La Hague har man ett bassängsystem som rymmer 250 ton men det är redan fyllt. År 1978 räknar man kunna ta emot ytterligare 500 ton i ett större bassängsystem. Vid den planerade stora västtyska upparbetningsanläggningen avser man att bygga ett lager för 3 600 ton använt bränsle.

För upparbetningen av s. k. metallbränsle och annat lågutbränt bränsle föreligger inte några svåra tekniska problem. Dessa bränsletyper upp-

Figur 3.8 Upparbetningsanläggningen i La Hague, Frankrike



arbetas sedan länge i England, Frankrike och USA. Det högutbrända kärnbränslet från lättvattenreaktorer har däremot visat sig vara svårare att upparbeta. I England, Frankrike och USA har man därför tvingats planera om, förändra byggnader, processer, utrustning m. m. Detta har medfört avsevärda förseningar. Den för några år sedan befarade överkapaciteten på upparbetningstjänster i Västeuropa har förbytts i sin motsats. Till följd av oljeprishöjningarna har man också påskyndat utbyggnaden av kärnkraft ytterligare i flera länder.

Det är för närvarande oklart när och om upparbetningen av högutbränt bränsle kan komma igång i Storbritannien. Utbyggnaden av en ny anläggning i Windscale för 1 000 ton per år planeras för närvarande. Det inhemska brittiska behovet att upparbeta eget högutbränt bränsle är tämligen litet fortfarande i början av 1980-talet till följd av att Storbritannien har andra reaktortyper och annat bränsle.

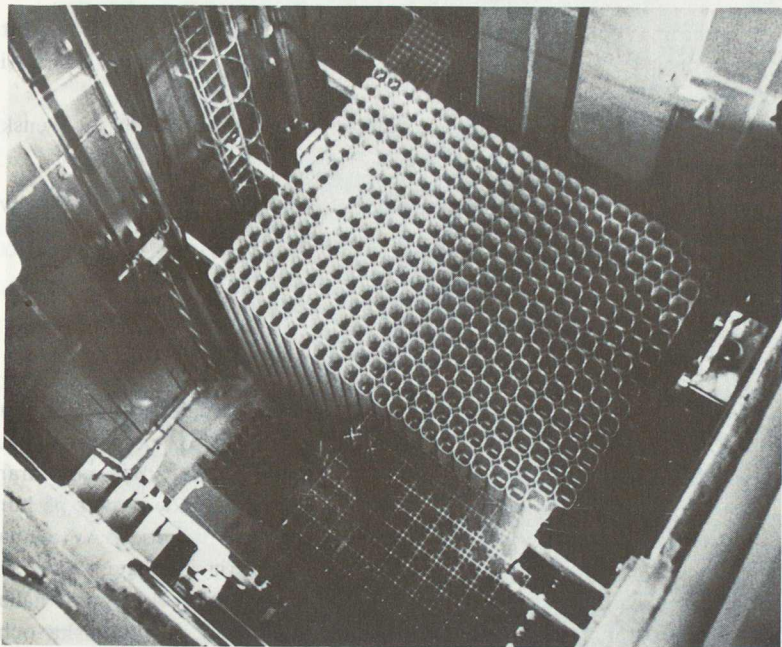
I dagens läge har United Reprocessors anmält ett temporärt stopp att för upparbetning motta ytterligare bränsle som tas ur reaktorer 1977–79. Det får även anses osannolikt att URG kan åta sig upparbetning av allt använt bränsle i Europa efter 1985–86. Konsekvensen är att andra länder i Europa med stora kärnkraftprogram bör överväga vilka insatser som krävs för att ta hand om det använda kärnbränsle som uppkommer efter 1985. Vid slutet av 1980-talet kan om nu kända planer för upparbetning realiserats det ansamlade lagret av icke upparbetat bränsle beräknas uppgå till 7 000–8 000 ton.

3.3.5 *Hantering av använt svenskt kärnbränsle*

Svårigheter att klargöra de verkliga förutsättningarna i de kontrakt om upparbetning som URG nu erbjuder kan förväntas under lång tid framöver. Svårigheterna hänger till stor del samman med hur man lyckas driva anläggningarna i Windscale och La Hague.

Sovjetunionen väntas komma i gång i stor skala med upparbetning av högutbränt oxidbränsle först under 1980-talet. Den ryska kapaciteten beräknas täcka det östeuropeiska behovet. Sannolikt kommer svenskt kärnbränsle inte att kunna upparbetas vare sig i Sovjetunionen eller i USA inom överskådlig framtid. Därför måste Sverige liksom många andra kärnkraftländer bygga ut den egna lagringskapaciteten för använt bränsle. Det kan ske genom en lämplig fördelning av utbyggnaden av bassänger vid kraftverken och vid ett centralt lager.

Oskarshamnsverkets Kraftgrupp (OKG) har kontrakt om upparbetning med BNFL, som täcker OKG:s behov fram till 1980. Vattenfall och Sydkraft har däremot ännu inga kontrakt för det kärnbränsle som kommer att tas ur reaktorerna i Ringhals, Forsmark och Barsebäck. I utredningens lägesrapport från sommaren 1974 bedömdes att de svenska kraftföretagen under 1970-talet skulle ha möjligheter att få utnyttja kapaciteten vid anläggningarna i England och Frankrike. Förhandlingar om kontrakt pågår nu mellan URG och SKBF.



Figur 3.9 Bassäng för förvaring av använt kärnbränsle vid reaktor

3.4 Upparbetning i Sverige

3.4.1 Beredskap

I direktiven till utredningen år 1972 angav industriministern att en restriktivare inställning utomlands till upparbetning av använt svenskt kärnbränsle inte helt kunde uteslutas på lång sikt. Utredningen borde därför studera förutsättningarna för en upparbetningsindustri och förvaringsanläggning i Sverige. Utredningen har studerat de tekniska, ekonomiska, säkerhets- och tidsmässiga följder som detta medför. En mer detaljerad redovisning lämnas i betänkandets del II.

Enligt förstudierna tar det 10–13 år av en upparbetningsanläggning fram till drift med full kapacitet av densamma. Tidsåtgången kan indelas i

- | | |
|--|------|
| – förberedande studier och undersökningar av plats för förläggning | 4 år |
| – konstruktion, byggnadsarbete, montage av utrustning | 7 år |
| – successiv inkörning | 2 år |

Kan erfarenheter inhämtas från länder som uppfört och driver anläggningar inom detta område kan tiden för de förberedande studierna förkortas väsentligt. Sådana länder kan nämligen grunda sin planering på erfarenhet från drift av stora anläggningar, försöksanläggningar och arbeten med forskning och utveckling. En svensk anläggning för

upparbetning kommer sannolikt att kräva omkring 13 år från beslut om förprojekt till drift. Det innebär att den kan vara igång tidigast i början av 1990-talet.

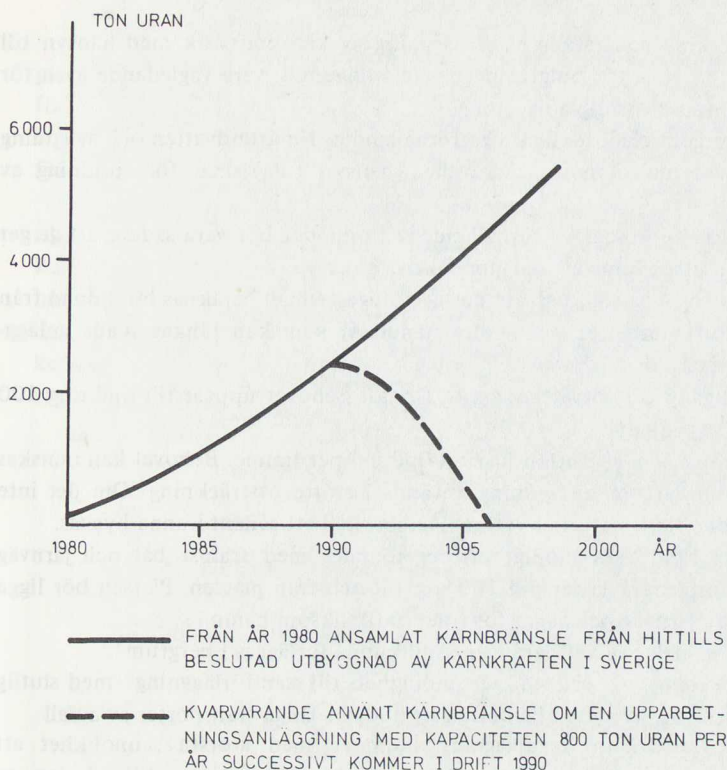
Flera faktorer påverkar den kapacitet som bör väljas för en svensk upparbetningsanläggning, däribland

- antal reaktorer som skall betjänas och därmed det årliga uttaget av använt bränsle
- tidpunkt för driftstart
- förväntad mängd använt bränsle i lager vid starten
- ekonomiska och tekniska faktorer
- samarbete med andra länder

Kapaciteten för de anläggningar som nu planeras i Västeuropa, Förenta Staterna, Sovjetunionen och Japan uppges till 3–5 ton uran per dygn. Drifttiden uppskattar man till 200–300 dygn per år vilket motsvarar 600–1 500 ton per år. Man är emellertid för närvarande osäker på hur stor del av årskapaciteten som i verkligheten kan utnyttjas. Av denna anledning byggs betydande överkapacitet in från början vanligen i form av extra parallella processteg. På så sätt ökar möjligheterna att upprätthålla viss produktion även om en linje skulle falla ifrån. Av tekniska och säkerhetsmässiga skäl kan det således vara fördelaktigt med en uppdelning av vissa delar av processerna i parallella enheter. Denna form av utförande medger goda möjligheter till att i efterhand stegvis öka kapaciteten genom planerade tillbyggnader utan att driften därför behöver avbrytas. Anläggningens kapacitet blir på så sätt flexibel.

Storleken på en anläggning och framför allt graden av dess utnyttjande spelar en stor roll för upparbetningens ekonomi. Upparbetning i en anläggning med lägre kapacitet än 600–800 ton uran per år är avsevärt dyrare än i en större. Å andra sidan måste de fördelar i ekonomiskt hänseende som mycket stora anläggningar ger vägas mot de problem av olika slag som de för med sig.

Man räknar ofta med en avskrivningstid på 15 år för en upparbetningsanläggning. Den verkliga livstiden kan dock vara längre. Om man förutsätter att en svensk anläggning successivt kommer igång år 1990 och till år 2005 skall ha avverkat alla uttagna bränsleelement från de 13 beslutade reaktorerna krävs upparbetning av i genomsnitt ca 470 ton uran per år. Från år 1980 till år 2005 beräknas nämligen omkring 7 000 ton uran tas ur reaktorerna. Upparbetning med så låg kapacitet ställer sig ogynnsam ur ekonomisk synpunkt. Marginalen vid senare igångsättning eller vid driftstörningar blir mycket liten. Väljs en kapacitet av 600–800 ton uran per år blir förutsättningarna gynnsammare. En anläggning på 800 ton per år har goda möjligheter att avverka det ansamlade lagret av använt bränsle på 6–7 år och samtidigt ta hand om nytillkommande bränsle, se figur 3.10. Å andra sidan skulle en sådan anläggning kunna visa sig vara för stor sedan det befintliga lagret upparbetats. Detta kan vara ett skäl till att anläggningen skulle uppföras med två linjer om vardera 400 ton per år. Ytterligare faktorer som måste beaktas är eventuella nytillkommande svenska kärnkraftaggregat efter 1985 samt



Aka1976-04-07

Figur 3.10 Lagerutveckling för använt kärnbränsle i Sverige om en svensk upparbetningsanläggning med kapaciteten 800 ton per år successivt kommer i drift 1990.

eventuellt behov av kapacitet för upparbetning av i första hand bränsle från övriga Norden.

3.4.2 Val av plats

Utredningen har genom en särskild arbetsgrupp studerat befintliga och planerade utländska upparbetningsanläggningar för att få bättre kunskaper om hur en svensk upparbetningsanläggning kan förläggas. Studien fick formen av ett särskilt uppdrag till Vattenbyggnadsbyrån, VBB. Arbetsgruppen samrådde fortlöpande med kommittén. De anläggningar, som granskades var Marcoule och La Hague i Frankrike, Windscale i England, Eurochemic i Belgien, samt West Valley, Barnwell och Morris i USA.

Bland annat på grundval av de erfarenheter gruppen vann i samband med detaljstudierna av utländska anläggningar samt tidigare svenska erfarenheter kom den fram till att försöka tillämpa följande förutsättningar för val av plats för en svensk upparbetningsanläggning. Dessa förutsättningar har godkänts av kommittén.

- Områdets yta bör vara minst 2 km². Eftersom man sannolikt kommer att använda platsen under mycket lång tid måste platsen ge goda möjligheter till framtida till- och nybyggnader

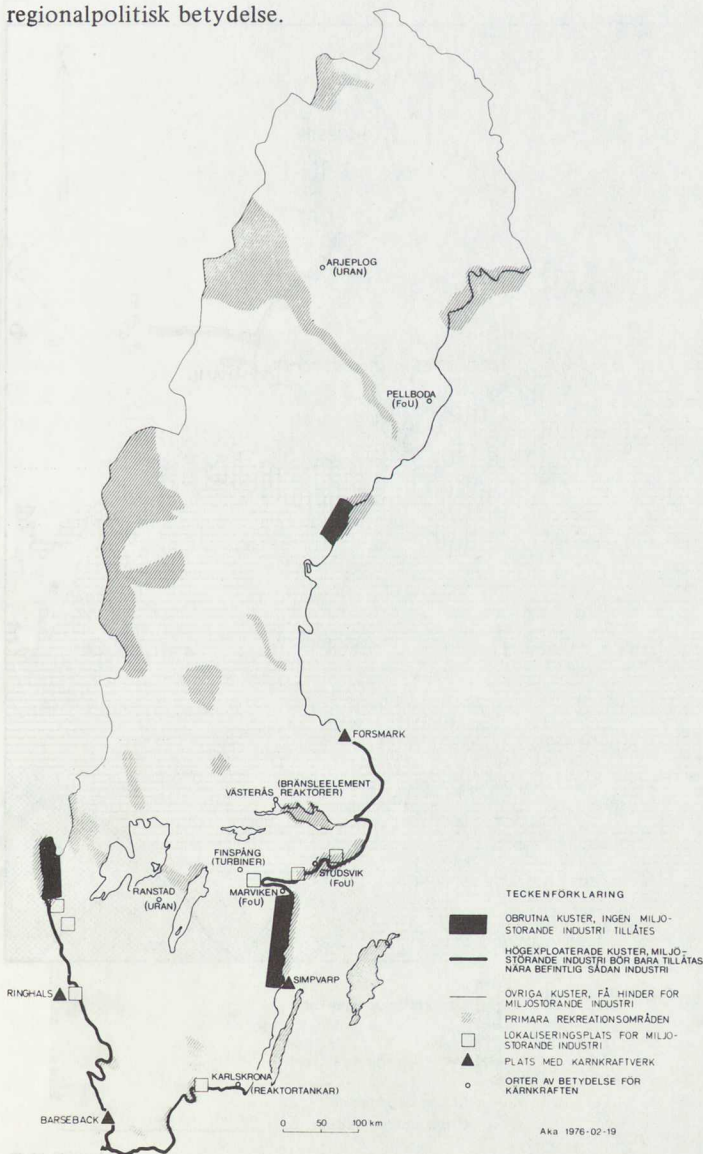
- De krav som ställs på förläggning av kärnkraftverk med hänsyn till säkerheten för omgivningen kan i huvudsak vara vägledande även för en upparbetningsanläggning
- Området skall ha lämpliga förhållanden för grundvatten och avledning av vatten inom området med hänsyn till risken för spridning av aktivitet
- De meteorologiska förhållandena i området bör vara sådana att de ger god utspädning av utsläppta aktiva gaser
- Platsen bör väljas så att den i möjligaste mån beräknas bli skonad från naturkatastrofer och andra händelser som kan tänkas skada anläggningen
- Tillgång till sötvatten måste finnas. Behovet uppgår till omkring 100 m³ i timmen
- Behovet av kylvatten är ca 4 000 m³ per timme. Behovet kan minskas betydligt om luftkylning används i större utsträckning. Om det inte redan finns naturligt vattenmagasin skall ett sådant kunna byggas.
- Det skall vara möjligt att regelbundet med främst båt och järnväg transportera laster om 100 ton till och från platsen. Platsen bör ligga nära järnväg och vägar för tung trafik liksom hamn
- Vissa delar av anläggningen skall kunna förläggas i bergtrum
- Bra berg på platsen ger möjlighet till samförläggning med slutlig förvaring av avfall. På detta sätt undviks långa transporter av avfall
- En upparbetningsanläggning kommer med största sannolikhet att åtföljas av annan kärnteknisk verksamhet, t. ex. tillverkning av plutoniumbränsle. Goda marginaler för tillgång till mark, sötvatten och kylvatten bör därför finnas
- Myndigheternas krav på tillåtliga stråldoser och övrigt arbetarskydd måste kunna uppfyllas
- Kraven enligt riksplaneringen på markanvändning och regionalpolitik skall kunna tillgodoses
- Krigsskyddsaspekter samt krav på skydd mot stöld, terror och sabotage skall beaktas

Gruppen har också samrått med bl. a. en västtysk arbetsgrupp om dessa förutsättningar. Man fann därvid att det i stora drag råder mycket god överensstämmelse mellan de svenska och västtyska kraven. De skillnader som föreligger berör främst den geologiska delen, där man i Västtyskland sannolikt kommer att kräva saltberg under upparbetningsanläggningen för slutlig förvaring av avfallet. De svenska förutsättningarna innehåller krav på gott berg på fabriksområdet och lämpligt urberg för förvaring av aktivt avfall vid eller i närheten av industriområdet. Kraven på bergtäckning för vissa delar av anläggningen är också mer långtgående än vad som hittills förekommit i utlandet.

Sedan gruppen relativt noggrant definierat vilka förutsättningar för lokalisering som bör gälla för en eventuell svensk upparbetningsanläggning prövades möjligheten att förlägga en sådan anläggning inom landet. Gruppen utgick därvid från hela landet, som indelades i fem regioner. I varje region söktes efter platser eller områden där de givna förutsättningarna kunde hållas.

Mot bakgrund av studien har utredningen kommit fram till att många platser kan uppfylla villkoren. Studierna visar att det bör vara möjligt att förlägga en anläggning även till inlandet. Frågan om en stor förvaringsanläggning för använt bränsle kan också komma att inverka på val av läge för en eventuell uppberetningsanläggning.

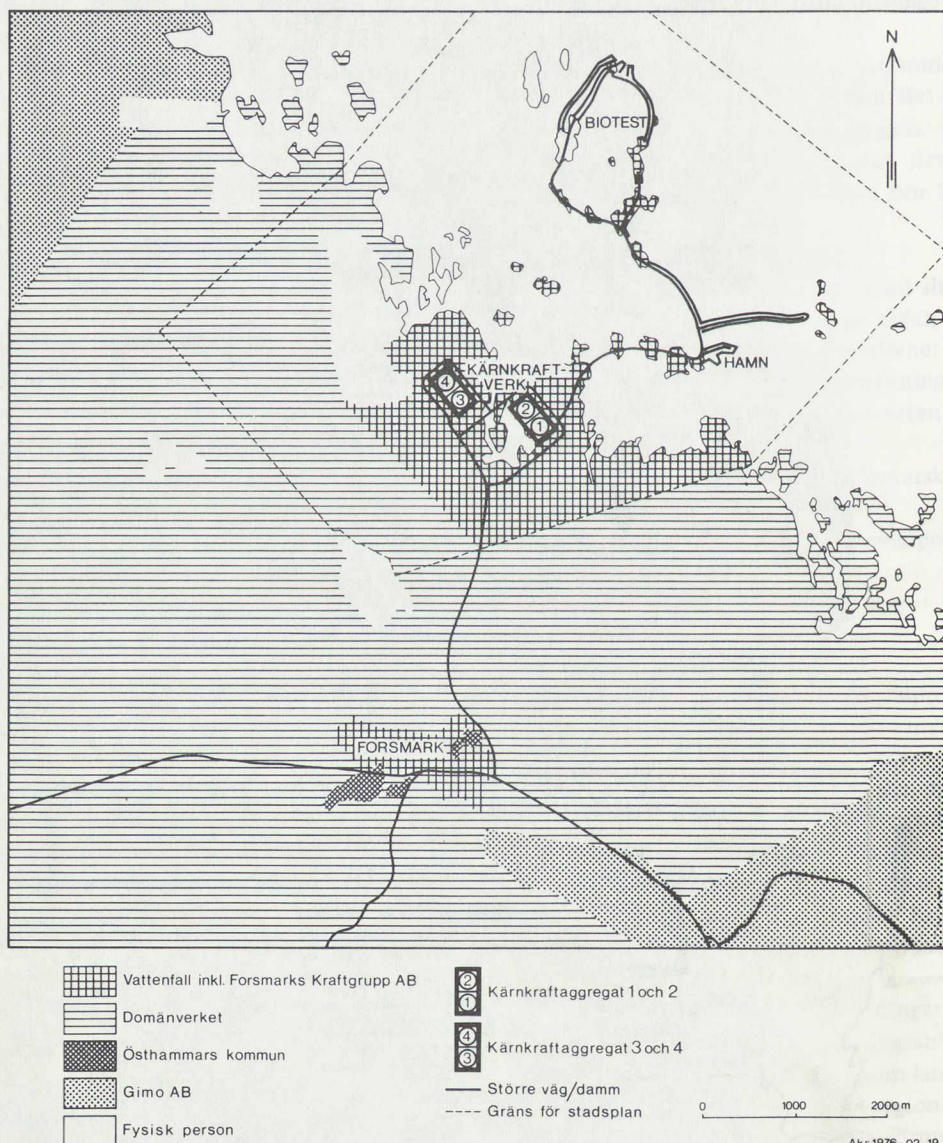
De inom ramen för den fysiska riksplaneringen fastlagda riktlinjerna, figur 3.11, innebär att miljöstörande industri inte tillåts vid obrutna kuster. Vid högeexploaterade kuster tillåts den bara nära befintlig sådan industri. Enligt dessa riktlinjer är det lämpligare att förlägga industrier av denna typ utmed övriga kuster. En uppberetningsanläggning beräknas komma att sysselsätta närmare 1 000 personer, varför den också har regionalpolitisk betydelse.



Figur 3.11 Kärnkraft och riksplanering

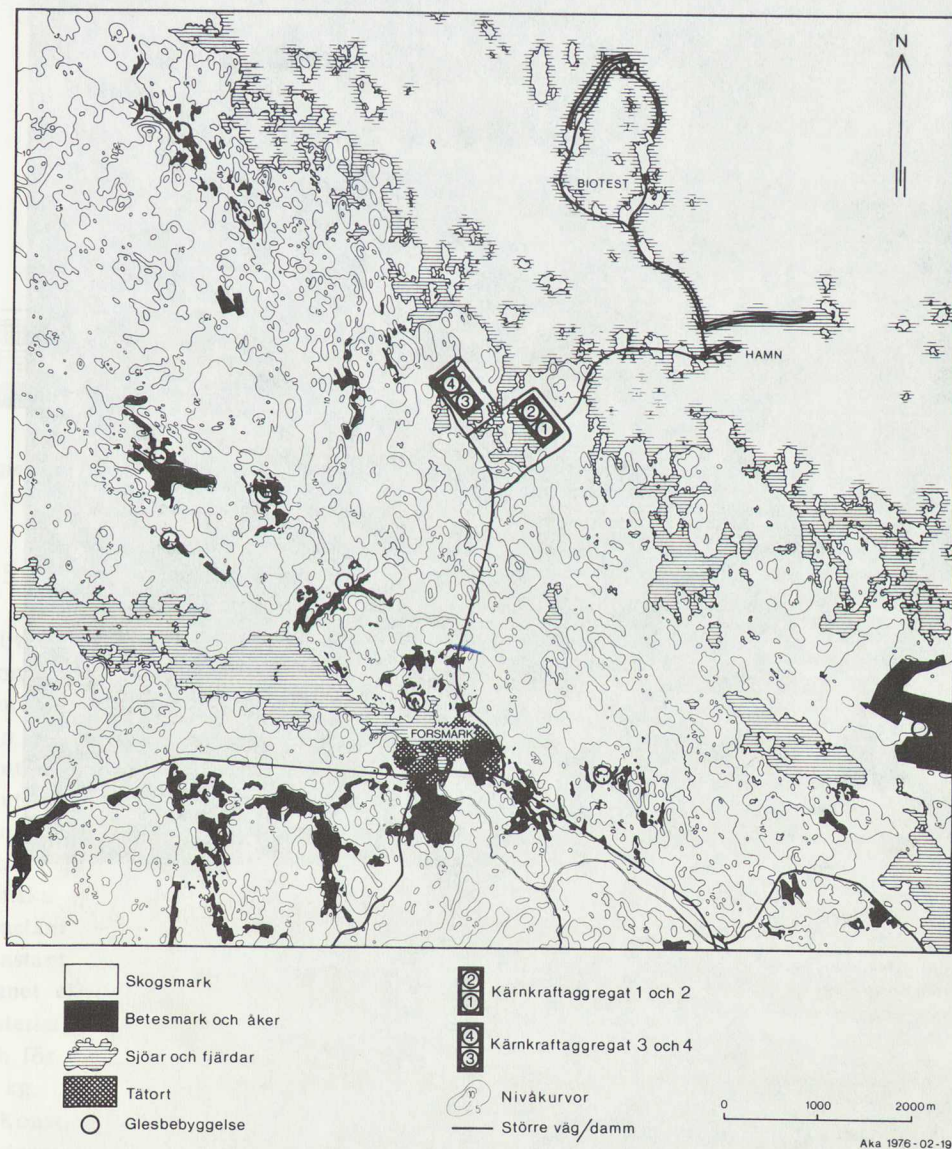
Utredningen skall enligt direktiven beakta riktlinjerna i riksplaneringen och även undersöka möjligheterna till samförläggning av upparbetsanläggning med något av landets fyra kärnkraftverk. Av dessa har kärnkraftverken i Forsmark och Simpsvarp bättre förutsättningar för samlokalisering än de i Barsebäck och Ringhals. Resultaten av våra studier över nuvarande markägförhållanden och markanvändning omkring kraftverken i Forsmark och Simpsvarp framgår av figurerna 3.12–3.15. Båda dessa anläggningar ligger som bilderna visar i glesbefol-

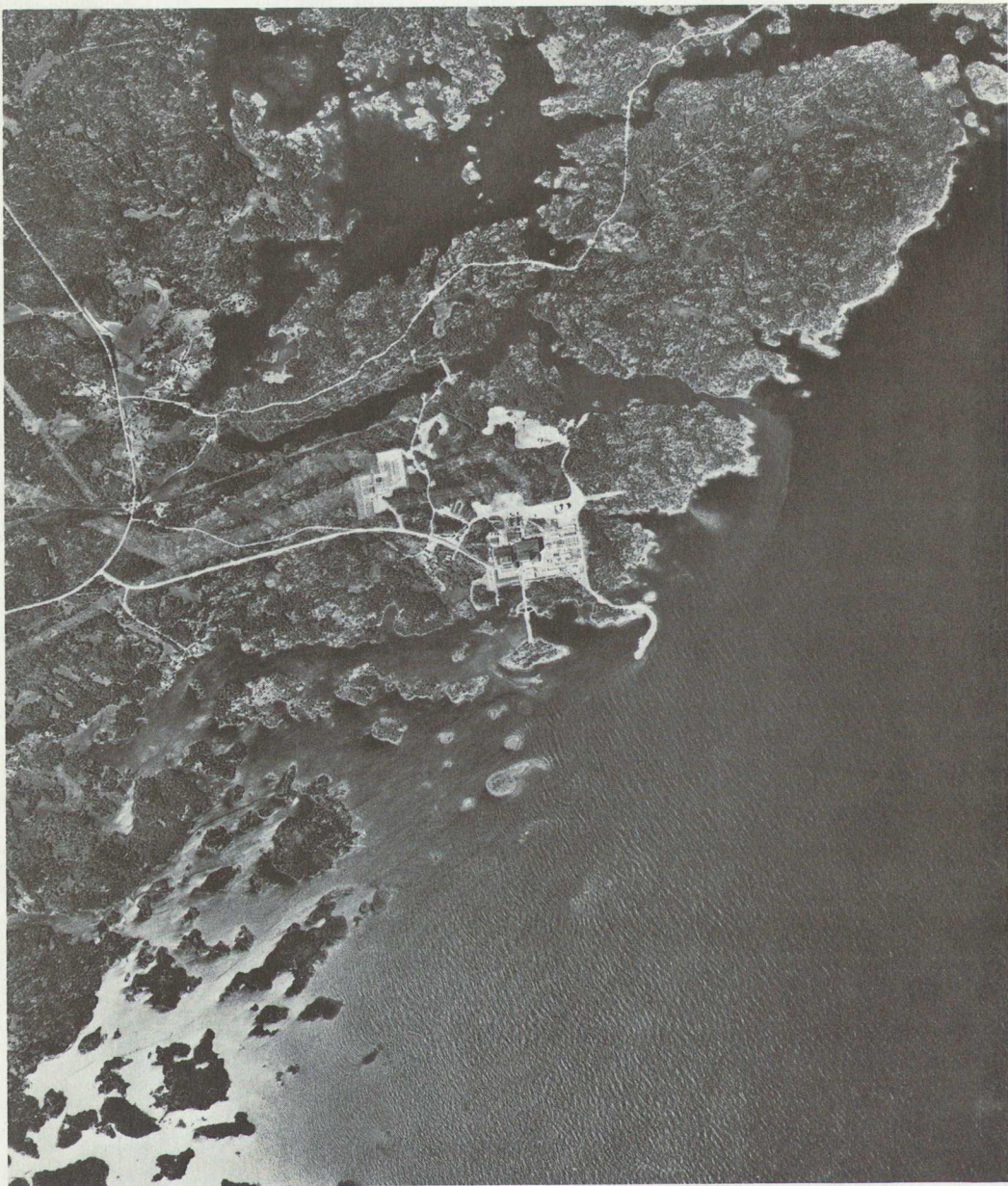
Figur 3.12 Markägförhållanden i Forsmarksområdet 1976



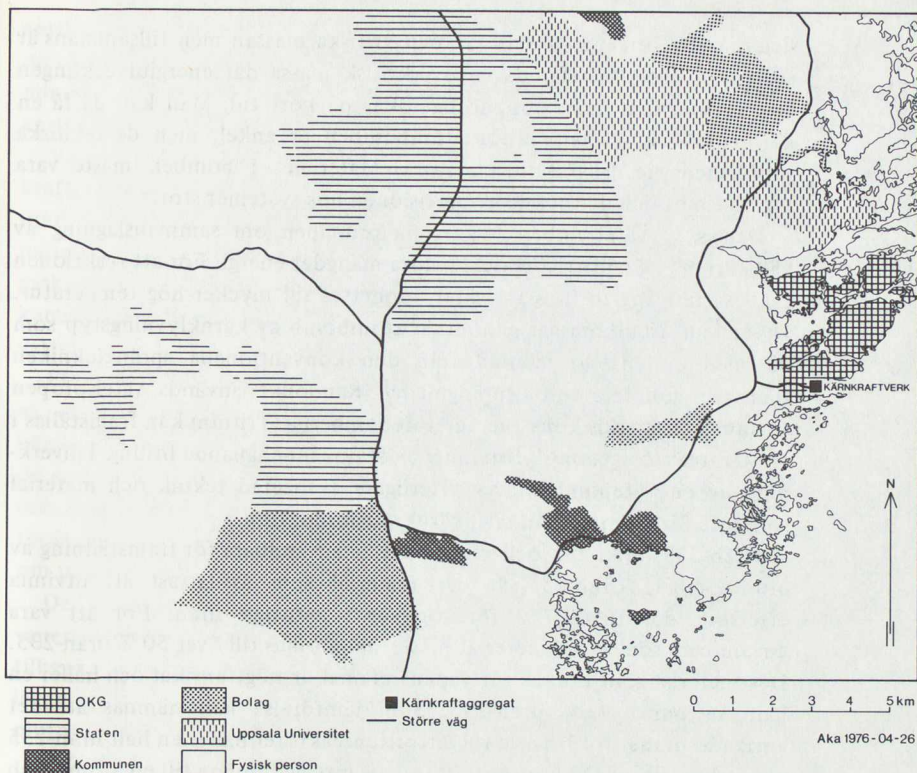
kade skogsbygder. Statens innehav av mark i Forsmark är betydande. De geologiska undersökningar, som utredningen påbörjat genom SGU inom dessa områden, kommer att ge ytterligare information om möjligheterna att också slutförvara radioaktivt avfall vid eller nära dessa båda platser. I samband med förberedelser för ett eventuellt femte kärnkraftverk i landet bör det vidare vara möjligt att välja ett läge där man även uppfyller kraven för förläggning av en uppberetningsanläggning och en anläggning för slutlig förvaring.

Figur 3.13 Markanvändning och landformer i Forsmarksområdet 1976





Figur 3.14 Simpsvarps-
området, flygfoto: Rikets
allmänna kartverk år
1973. Godkänd för re-
produktion och spridning
av statens lantmäteriverk
1976-03-30



Figur 3.15 Markägarförhållanden 1976 i omgivningarna av Oskarshamnsverket

3.5 Kärnvapenfrågan och kontrollen av klyvbart material

Tillverkning av den typ av atombomber som bygger på klyvning av atomkärnor kräver tillgång till klyvbara ämnen såsom uran-235 eller plutonium. Vid klyvning av deras atomkärnor utsänds neutroner, som kan träffa andra atomkärnor. Dessa klyvs i sin tur och sänder ut flera neutroner. Är mängden av uran eller plutonium liten förloras de flesta neutronerna utan att ha träffat någon annan atomkärna, men ju större och kompaktare mängden klyvbart material är desto större är möjligheten att neutronerna träffar nya klyvbara kärnor. Vid en viss storlek, den kritiska storleken, kommer antalet klyvningar per sekund att vara konstant. Man har då nått och jämnt fått en kedjereaktion och en konstant energiutveckling. Detta är principen för en kärnreaktor. Om uranet eller plutoniet formas som ett klot som inte omges av andra material, är den kritiska storleken för rent metalliskt uran-235 ca 50 kg, och för vapenplutonium, dvs. nästan rent metalliskt plutonium-239, ca 15 kg.

Konstruktionen av en atombomb bygger på principen att man med sprängmedel mycket snabbt sammanför delar av klyvbart material där

delarna var för sig är mindre än den kritiska massan men tillsammans är större än den. Man får då en överkritisk massa där energiutvecklingen inte är konstant utan oupphörligt ökar på kort tid. Man kan då få en kärnexplosion. Principen för atombomben är enkel, men de tekniska problemen vid tillverkningen stora. Materialet i bomben måste vara mycket rent och den tekniska precisionen hos systemet stor.

Den s. k. vätebomben bygger på principen om sammanslagning av vätekärnor. Därvid frigörs också stora mängder energi. För att reaktionen skall sätta igång fordras att vätet upphetas till mycket hög temperatur. Detta kan åstadkommas genom en atombomb av kärnklyvningsstyp som då med en analogi hämtad från den konventionella sprängtekniken tjänstgör som ett initialsprängmedel. Sannolikt används väteisotopen tritium i de hittills konstruerade vätebomberna. Tritium kan framställas i en kärnreaktor genom bestrålning av stavar innehållande litium. Tillverkning av en vätebomb kräver ytterligare avancerad teknik och material som inte förekommer vid civil kärnkraftproduktion.

Uran-235, uran-233 och plutonium är användbara för framställning av atombomber. Uran-235 är det material som är lättast att utvinna eftersom det till 0,7 % förekommer i naturligt uran. För att vara användbart som bombmaterial måste det anrikas till över 50 % uran-235. Det material som brukas för vapenändamål är högt anrikat och håller en halt av minst 93 % uran-235. Som jämförelse kan nämnas att det anrikade uranet för bränsle till lättvattenreaktorer håller en halt uran-235 av 2–3 %. En så låg koncentration kan inte ge upphov till en atombomb och en kärnreaktor kan således inte heller explodera som en atombomb.

Höganrikat uran används inte i kraftreaktorer men har en begränsad användning i vissa forskningsreaktorer. Bränsleelementen till forskningsreaktorn R2 i Studsvik tillverkas av höganrikat uran.

Isotopanrikning av uran är en tekniskt komplicerad och kostsam process. Det anrikade uran som hittills producerats har till större delen framställts i de diffusionsanläggningar som tidigt byggdes av kärnvapenmakterna för framställning av anrikat uran för kärnvapen. Sedan den militära efterfrågan i stort sett tillgodosetts har framför allt de amerikanska anläggningarna haft stor överkapacitet. De har därför kunnat användas för anrikning av uran till kärnkraftverk såväl inom som utanför Förenta Staterna.

Under senare år har i Nederländerna och Storbritannien uppförts anläggningar för isotopanrikning enligt gascentrifugtekniken. Denna metod kräver inte så stora anläggningar som diffusionstekniken för ekonomisk drift. Detta ökar möjligheterna för små nationer att skaffa sig egna anläggningar som kan anrika för både civila och militära ändamål.

På senare tid har den s. k. lasermetoden föreslagits som anrikningsmetod. Ett omfattande arbete för utveckling av metoden pågår hos stormakterna. Även mindre nationer, t. ex. Israel satsar målmedvetet på att utveckla lasertekniken. Slutligen kan nämnas det s. k. dysförfarandet som utvecklats i Västtyskland och som under år 1975 sålts till Brasilien.

Utvecklingsarbetet på anrikningsområdet har hittills varit kringgärdat av stor sekretess. Även om man utgår från att de länder som känner

anrikningstekniken kommer att försöka hemlighålla sina framsteg på området även i framtiden är det dock realistiskt att räkna med att också mindre utvecklade länder på sikt kommer att behärska tekniken för anrikning av uran.

Vapenplutonium erhålls genom att uran bestrålas i en reaktor. De kraftreaktorer som ingår i den svenska kraftförsörjningen kräver anrikat uran för driften. Emellertid finns även reaktorer som kan drivas med naturligt uran, t. ex. de engelska och franska Magnoxreaktorerna som är gaskyllda, grafitmodererade reaktorer. Naturligt uran utnyttjas också i de kanadensiska Candureaktorerna som är modererade och kyllda med tungt vatten.

Efter bestrålningen i reaktorn måste bränslet upparbetas för avskiljning av vapenplutonet. Upparbetningen bygger på numera principiellt väl kända kemiska processer. Bränslet från lättvattenreaktorer skiljer sig från de andra nämnda reaktortyperna genom att elementen är mycket längre och besvärligare att hantera. Såväl Candureaktorerna som Magnoxreaktorerna har ganska korta bränsleelement. Reaktorerna kan dessutom laddas om under drift.

De väsentliga förutsättningarna för framställning av plutonium för vapenändamål är tillgång till naturligt eller anrikat uran, en anläggning för tillverkning av bränsleelement, en kärnreaktor och en upparbetningsanläggning samt vissa slutsteg för högrening av plutonium och överföring av plutonet till metallform.

Det tredje möjliga materialet uran-233 har hittills endast framställts i mindre kvantiteter, närmast för forskningsändamål. Utgångsmaterialet är torium. Vissa reaktortyper t. ex. den gaskyllda högttemperaturreaktorn kan drivas med ett bränsle som till en början består av höganrikat uran eller plutonium samt torium. Därvid bildas uran-233 som återförs till reaktorn och där ersätter uran-235 eller plutonium. Tekniken för upparbetning av toriumbränsle från högttemperaturreaktorer är ännu inte utvecklad och provad i kommersiell skala. Sedan introduktionen av reaktortypen i Förenta Staterna av Gulf-General Atomics i stort sett misslyckats kommer det sannolikt att dröja länge innan större kvantiteter uran-233 finns tillgängliga. Materialets egenskaper för kärnvapen är inte särskilt väl kända utanför kärnvapenländerna.

Konstruktionsmässigt är det en väsentlig skillnad mellan en uran- och en plutoniumbomb. Detta beror främst på att den hastighet varmed delarna måste sammanföras i en plutoniumbomb är mycket högre än för en uranbomb. I en uranbomb kan tillräcklig snabbhet uppnås i en höghastighetskanon. En plutoniumbomb däremot fordrar bl. a. avancerad sprängteknik för att fås att detonera.

En effektiv plutoniumbomb måste innehålla en hög halt av plutonium-239 och högst några procent plutonium-240. För att åstadkomma detta får uranet bestrålas endast en kort tid i en reaktor. Bränsleelementen i en reaktor för kärnvapenframställning kan vara enkla, eftersom de endast skall sitta en kort tid i reaktorn.

Kraftproducerande reaktorer har en dyrbar bränslekonstruktion gjord för hög utbränning vilket innebär långvarig bestrålning. De lämpar sig

därför inte för produktion av vapenplutonium. Det plutonium som produceras i civila kraftreaktorer av de typer som nu finns i Sverige har en så hög halt som 25 å 30 % av plutonium-240. Ett sådant plutonium kan endast användas i svaga och sannolikt också otillförlitliga kärnladdningar, varför deras militära värde starkt måste ifrågasättas. I princip är det emellertid tekniskt möjligt att ändra driften vid kraftproducerande reaktorer så att de kan användas för tillverkning av vapenplutonium. Det är dock tekniskt och ekonomiskt enklare att utnyttja forskningsreaktorer eller särskilda reaktorer än dyrbara kraftreaktorer för att framställa vapenplutonium.

Om kärnkraftproduktionen sker i reaktorer med naturligt uran som bränsle, t. ex. de kanadensiska, skulle det teoretiskt sett räcka med att ett land skaffar sig anläggningar för tillverkning av bränsleelement och upparbetning av bestrålade bränsleelement för att kunna tillverka kärnvapen. Ett aktuellt exempel på ett land som kan tillämpa denna metod är Indien. Det plutonium Indien använt för den kärnladdning som sprängts har dock framställts i en forskningsreaktor.

Försvarets forskningsanstalt, FOA, har i en rapport från år 1974 granskat riskerna för framställning av kärnvapen i det fördolda. I den konstaterar FOA att den som vill framställa kärnladdningar i det fördolda måste ha tillgång både till kvalificerad personal, och till klyvbart material. En tekniskt mindre utvecklad stat utan eget kärnkraftprogram kan inte tillfredsställa något av dessa krav. Genom rekrytering och anskaffning i utlandet kan ett sådant land eventuellt tillfredsställa båda kraven för någon enstaka laddning användbar endast för terrorbruk. Kostnaderna, som ej överstiger tio miljoner kronor, utgör ej något hinder. Enligt FOA-rapporten utgör detta det sannolikaste alternativet av olika vägar att framställda kärnladdningar illegalt.

För en illegal organisation skulle enligt FOA de nämnda kraven innebära stora svårigheter. Framför allt måste det vara mycket svårt att i hemlighet dels rekrytera ett femtiotal man, varav några tiotal kvalificerade specialister, dels bedriva flera års utvecklingsarbete. Dessa problem kombinerade med de stora kostnaderna gör det osannolikt att illegala grupper skulle försöka framställa kärnladdningar. De kan för övrigt nå sina syften med andra medel som är avsevärt enklare, snabbare och billigare.

Mot denna bakgrund anser vi att ett vida större problem än risker för framställning av kärnladdningar i det fördolda är en eventuell stöld av färdiga kärnvapen från någon av kärnvapenmakterna, t. ex. från något av de förråd av kärnvapen, som finns i olika delar av världen.

En utbyggnad av kärnkraften i världen skulle kunna innebära en ökande möjlighet att framställa kärnvapen och andra kärnladdningar, vilket också insågs redan tidigt. Förenta Staternas program från år 1955 om "Atomer för fred" innehöll krav att amerikanska inspektörer skulle få kontrollera att det klyvbara material, som Förenta Staterna levererade till utlandet användes uteslutande för fredliga syften.

I och med att FN:s internationella atomenergiorgan, IAEA, tillkom år 1957 fick man en organisation som kunde åta sig den viktiga kontroll-

funktionen. I samband med det allmänna nedrustningsarbetet lyckades man vid nedrustningskonferensen i Genève år 1968 enas om ett allmänt fördrag om förhindrande av spridning av kärnvapen, NPT. Fördraget trädde i kraft 1970 och ratificerades av Sverige samma år. Det är nu undertecknat av närmare hundra stater. Ett antal viktiga länder har dock ännu inte ratificerat NPT. Till dessa stater hör kärnvapenmakterna Frankrike och Kina. Detsamma gäller Indien, som sprängt en kärnladdning och därmed visat sin förmåga att framställa kärnladdningar. Vidare har ett antal stater med kärnteknisk förmåga ännu inte anslutit sig, t. ex. Argentina, Brasilien, Egypten, Israel, Japan, Pakistan, Spanien och Sydafrika.

Fördraget innehåller främst en utfästelse av icke kärnvapenstater att inte skaffa sig kärnvapen. Kärnvapenmakterna förbinder sig att inte bistå något icke-kärnvapenland vid anskaffandet av kärnvapen.

Fördraget innehåller även bestämmelser om att fördragspart skall sluta ett avtal med IAEA om kontroll av klyvbart material. Kärnvapenmakterna är dock befriade från kontrollen. Förenta Staterna och Storbritannien har emellertid frivilligt åtagit sig att underkasta sig en motsvarande kontroll för sina civila kärnkraftprogram. Denna senare kontroll genom IAEA har ännu inte kommit till stånd. Grundprincipen för avtalet med IAEA är kontroll av fördragsparternas bokföring av klyvbart material. Kontrollen kombineras med stickprov. Avsikten med kontrollen är att upptäcka om klyvbart material avleds så att det kan användas till kärnladdningar. För NPT-stater som slutit föreskrivet kontrollavtal med IAEA innebär detta i princip kontroll av dessa staters hela kärnenergiindustri. Dessutom finns ett gemensamt åtagande av NPT-parter att vid export till icke-kärnvapenstater utanför NPT kräva IAEA-kontroll. Denna senare kontroll är projektbunden och alltså inte heltäckande. Fördraget har på senare tid kompletterats genom att NPT-stater som är leverantörer av kärnteknisk utrustning och kärntekniska anläggningar, bland dem Sverige, deklarerat att utrustningen och anläggningarna endast kan levereras under förutsättning att klyvbart material som bearbetas eller kommer till användning genom bruk av utrustningen blir föremål för IAEA-kontroll. I januari 1976 förklarade en grupp industristater, vissa NPT-stater och Frankrike, att de skulle kräva IAEA-kontroll vid export av kärnteknisk utrustning och kärntekniska anläggningar. Vidare skulle kontrollen omfatta vissa anläggningar, som konstruerats med hjälp av kunskaper som inhämtats från levererad utrustning. Sverige har för sin del i mars 1976 beslutat tillämpa liknande riktlinjer.

IAEA sammankallade år 1970 en kommitté för att utforma de närmare reglerna för kontroll. Alla medlemsstater hade möjlighet att delta i kommittén. Arbetet resulterade i ett modellavtal som tillsammans med nations- och anläggningsorienterade specialbestämmelser bildar grundvalen för den kontroll IAEA nu utför i många länder, bland dem Sverige. År 1976 slöt Sverige ett avtal med IAEA om kontrollen av klyvbart material i enlighet med bestämmelserna i NPT. Detta avtal ersatte ett tidigare trepartsavtal mellan Sverige, USA och IAEA om kontroll av klyvbart material.

3.6 Användning av radioaktiva ämnen inom medicin, forskning och industri

Radioaktiva ämnen har länge använts inom t. ex. sjukvård för behandling och undersökning av patienter. Inom industrin används radioaktiva ämnen på många olika sätt t. ex. för gammaradiografi, i spårämneshänsök samt i instrument såsom nivåvakter och ytviktsmätare. För forskningen har användningen av radioaktiva ämnen varit en förutsättning för många kemiska, biologiska och medicinska framsteg under de senaste 20–30 åren.

3.6.1 Medicinsk användning av radioaktiva nuklider

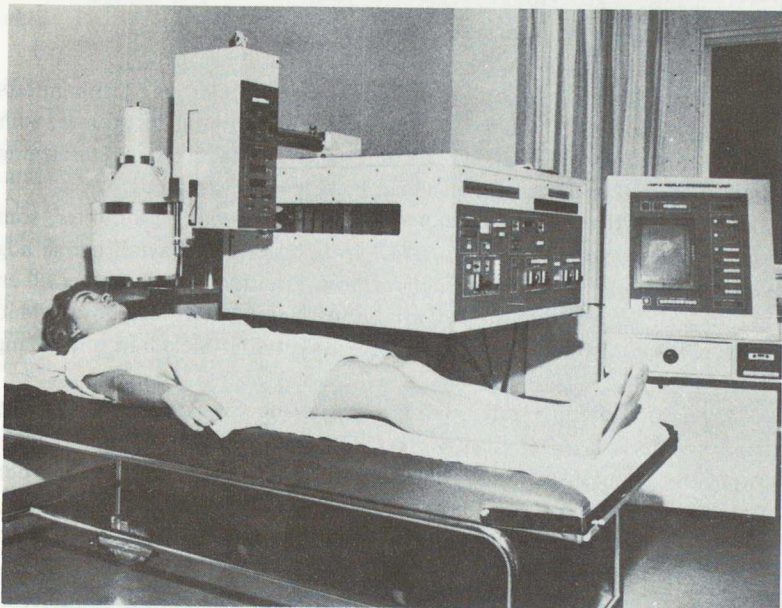
Okapslade, radioaktiva ämnen kan i behandlingssyfte tillföras patienter via svealget eller genom intravenös injektion. Det är vanligen fråga om jod-131 vid sköldkörtelsjukdomar och fosfor-32 vid vissa blodsjukdomar. Mera sällan insprutas radioaktiva ämnen i lungsäck, bukhåla eller tumörvävnad. Sammanlagt ges i Sverige ca 3 000 behandlingar per år med okapslade, radioaktiva ämnen. Flertalet av dessa utgörs av behandling av giftstruma med jod-131. Eftersom det är fråga om kortlivade radioaktiva ämnen är avfallsproblemet relativt litet.

Större kapslade strålkällor inneslutna i s. k. applikatorer eller behandlingsapparater används för att behandla elakartade tumörer. Kobolt-60 dominerar bland de kapslade strålkällorna och årligen utförs ungefär 100 000 behandlingar med kobolt-60-apparater i Sverige. Kapslade strålkällor byts ut när aktiviteten avtagit så mycket att de inte längre är användbara. De återsänds då antingen till leverantören, oftast utomlands, eller till AB Atomenergi i Studsvik.

Radionuklider i form av okapslade strålkällor används även som spårämnen för undersökning av funktionen hos olika organ såsom sköldkörtel, lever, njurar, hjärna och lungor. Patienten tillförs en speciellt utvald radionuklid som sedan kan följas i kroppen antingen genom yttre mätningar eller genom mätningar av aktiviteten i utsöndring och i olika kroppsvätskor. Drygt 100 000 sådana undersökningar utförs varje år.

Vid en annan typ av undersökning, som under senare år fått starkt ökande användning utnyttjar man det radioaktiva ämnet endast som ett provrörsreagens. De radionuklider som då används är vanligen jod-125, tritium eller kol-14. Årligen utförs omkring en halv miljon sådana prov i Sverige. Även vid diagnostisk användning av okapslade radioaktiva ämnen är avfallsproblemen i regel små, vilket beror antingen på att det är fråga om kortlivade radionuklider eller mycket små aktiviteter av ämnena i fråga.

Statens strålskyddsinstitut får från tull och handelsföretag uppgifter om radioaktiva ämnen som importeras och försäljs inom landet. Relativt få och kortlivade nuklider svarar för huvudmängden av aktiviteten. Största delen av aktiviteten försvinner därför genom sönderfall under användning och lagring inom sjukhusen.



Figur 3.16 Undersökning av patient som tillförts ett radioaktivt spårämne. Bilden från Malmö allmänna sjukhus

3.6.2 Forskning och undervisning

Radioaktiva ämnen används vid många forskningsinstitutioner och laboratorier. Med undantag för tritium och kol-14 används i allmänhet mycket kortlivade ämnen.

Vid institutionen för kärnkemi, Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg, förekommer forskning med långlivade radioaktiva nuklider, främst torium och plutonium. Institutionen för kemisk teknologi vid Tekniska Högskolan i Stockholm, använder huvudsakligen uran. Studier av upptag av aktinider pågår vid Lantbrukshögskolan i Uppsala.

De enda laboratorier där större aktiviteter kan hanteras finns i Studsvik. AB Atomenergi har där bl. a. väl utrustade laboratorier för undersökning av bestrålade bränsleprov. Under senare år har den kärntekniska forskningen vid AB Atomenergi inriktats på frågor kring kärnbränsle, konstruktionsmaterial och säkerhet.

3.6.3 Industri

Industrin använder huvudsakligen kapslade radioaktiva preparat för bl. a. gammaradiografi. Okapslade preparat behövs emellertid för spårämnesundersökningar. Radionuklider används även i rökdetektorer, nivåvakter och täthetsmätare liksom i instrument för ytviktsmätning. De största källstyrkorna inom industrin förekommer vid två anläggningar för sterilisering av bl. a. sjukvårdsartiklar. Preparat där källstyrkan blivit för låg genom det radioaktiva sönderfallet ger upphov till avfall.

3.7 Begreppet radioaktivt avfall

Radioaktivt avfall uppkommer inom samtliga delar av kärnbränslets kretslopp samt vid sjukhus, industrier och forskningsinstitutioner, som använder radioaktiva ämnen. Det radioaktiva avfallets sammansättning och egenskaper varierar mycket vilket beror på dess ursprung.

Som högaktivt avfall betecknas främst de klyvningsprodukter, som avskiljs vid upparbetning av använt kärnbränsle. Detta avfall har så hög koncentration av aktivitet att det förutom effektiv strålskärmning till en början även kräver kylning för att kunna lagras på ett säkert sätt. Med hänsyn till strålrisker måste det hållas avskilt från biosfären under lång tid.

Medelaktivt avfall måste för säker hantering också strålskärmas men behöver inte kylas. Det lågaktiva avfallet kan hanteras och lagras i enkla förpackningar utan särskilda skyddsåtgärder i övrigt. Nuklidinnehåll och aktivitetskoncentration gör det nödvändigt att i vissa fall lagra även låg- och medelaktivt avfall under mycket lång tid innan aktiviteten har avtagit så mycket att avfallet kan betraktas som inaktivt.

En särskild grupp bildar avfall som innehåller långlivade nuklider av transuraner såsom plutonium, americium och curium. Denna grupp benämns ofta plutonium-, transuran- eller alfaaktivt avfall.

Det är svårt att ange klara definitioner för olika typer av radioaktivt avfall. Terminologin diskuteras för närvarande bl. a. i internationella samarbetsgrupper. Problemet är att det inte bara är aktivitetsnivån som bestämmer riskerna med avfallet. Fysikalisk och kemisk form samt fysikalisk och biologisk halveringstid inverkar på eventuell spridning i miljö och måste också beaktas. Samtliga dessa faktorer är väsentliga för en bedömning av hur avfallet bör hanteras.

3.8 Hantering av radioaktivt avfall

3.8.1 *Kärnkraftens radioaktiva avfall*

Redan vid det första steget i kärnbränslets kretslopp uppkommer stora volymer radioaktivt avfall med mycket låg aktivitet. Vid uranframställning från skiffer av den typ som finns i Ranstad kräver den lakade skiffern och det slam som erhålls vid neutralisation av de sura laklösningarna särskild uppmärksamhet. Vid tillverkning av bränsle återgår uran från kasserade kutsar och material från slipning i produktionen varför förlusterna av uran och därmed avfallsmängderna blir obetydliga.

Kärnklyvningen i reaktorn ger upphov till olika radioaktiva klyvningsprodukter i bränslet. Ett antal olika radioaktiva nuklider erhålls också genom neutroninfångning i konstruktionsmaterial och kylmedel. Om bränsleelement skadas under drift leder detta till att främst lättflyktiga radioaktiva ämnen som ädelgaser, jod och cesium läcker ut till vattnet i reaktorn. Genom cirkulationen av kylmediet sprids

aktiviteten i de system som står i direkt förbindelse med reaktorhärden.

Under reaktordriften uppstår radioaktivt avfall vid rening av olika processvätskor som förorenats med radioaktiva ämnen. En viktig typ av avfall består av jonbytarmassor, filter eller indunstarkoncentrat. Aktivitet som läcker ut från bränslet är till en del gasformig eller gasburen och måste behandlas så att utsläpp till omgivningen förhindras eller minskas. Detta sker normalt genom att gaserna leds till fördröjningstankar och därefter filtreras. Avfallet erhålls då huvudsakligen som förbrukade filter.

I reaktorhärden finns bl. a. styrtavar, detektorer och neutronkällor för övervakning och styrning av kärnklyvningen. Dessa förbrukas och måste ersättas. De är då starkt radioaktiva. Ett annat slag av fast avfall erhålls då vissa komponenter byts ut i samband med reparationer.

I arbetet vid ett kärnkraftverk uppkommer också annat avfall såsom plast, isoleringsmaterial, trasor, skyddskläder, papper, ställningsvirke och skrot. Detta avfall är ofta helt inaktivt. Genom att det erhålls inom utrymmen där aktivitet förekommer eller kan förekomma, betraktas det dock som aktivt.

Om driften vid en reaktor läggs ned forslas först bränsleelementen bort. Vid nedmontering av reaktorn uppkommer fast aktivt avfall. De största aktiviteterna finns i reaktortank och reaktorinneslutning. Den totala mängden radioaktivt avfall vid nedmontering kommer att variera avsevärt vilket bl. a. beror på konstruktion och utformning av anläggningen hur rengöring lyckas och på förorening i betongkonstruktioner. Mängden medelaktivt avfall vid nedläggning av ett större aggregat kan uppskattas till mellan 4 000 och 5 000 ton. Mängden lågaktivt avfall blir betydligt större. Enligt amerikanska uppgifter beräknas kostnaderna för en fullständig nedläggning av större kärntekniska anläggningar bli mycket höga.

Högaktivt avfall

Under reaktordriften bildas i uranbränslet klyvningsprodukter och s. k. transuraner av vilka den viktigaste är plutonium. Se figur 3.5 på sid 31.

Många klyvningsprodukter är starkt radioaktiva men sönderfaller liksom transuranerna och övergår så småningom till stabila grundämnen. Under sönderfallet utsänder de strålning av olika slag. Hastigheten för sönderfallet varierar mellan skilda nuklider. Hos klyvningsprodukterna varierar halveringstiden från bråkdelar av sekunder till i några fall miljontals år. De fysikaliska egenskaperna växlar. Några klyvningsprodukter är gasformiga, t. ex. xenon och krypton. Andra är lättflyktiga såsom jod. De flesta är emellertid fasta.

Klyvningsprodukternas och transuranernas kemiska och fysikaliska egenskaper, strålningsegenskaper samt strålrisker för människan bestämmer hur det använda bränslet kan hanteras. Det är nödvändigt att avskärma gammastrålningen med t. ex. bly eller betong eller genom förvaring i djupa vattenbassänger. Strålningen alstrar också värme, som måste kylas bort.

Vid upparbetningen avlägsnas först bränsleelementens kapslingsrör och konstruktionsmaterial varefter urandioxiden löses i kokande salpetersyra.

Uran, plutonium och klyvningsprodukter skiljs sedan från varandra genom en serie kemiska processer.

Det högaktiva avfallet avskiljs som en vattenlösning. Avfallet koncentreras så långt det är möjligt och förvaras vid uppberedningsanläggningen som koncentrerad lösning i lagringstankar av rostfritt stål. Tankarna är försedda med kylslangor, som leder bort den utvecklade värmen.

Det högaktiva avfallet består av en blandning av klyvningsprodukter, små mängder uran och plutonium samt övriga transuraner. Till en början är strålningen mycket intensiv och värmeutvecklingen stark, vilket ställer stora krav på strålskydd och kylning. Efterhand som kortlivade klyvningsprodukter försvinner minskar i första hand behovet av kylning.

Efter omkring tio år överväger strålningen från de mer långlivade klyvningsprodukternas strontium-90 och cesium-137, vilka har halveringstider på 29 respektive 30 år. Med nuvarande uppberedningsteknik innehåller avfallet också omkring 0,5 % av ursprunglig mängd plutonium. Övriga transuraner, som bildats i bränslet, nämligen neptunium, americium och curium, finns också i avfallet. Vissa transuraner är mycket långlivade, t. ex. neptunium-237 med en halveringstid på över 2 miljoner år och plutonium-242 med halveringstiden 380 000 år. Detta är skälet till att det högaktiva avfallet måste hållas skilt från biosfären under mycket lång tid.

Man avser att överföra det flytande högaktiva avfallet efter lämplig svalningsperiod i fast form. I processer för överföring av flytande, högaktivt avfall till fast form eftersträvar man att erhålla en produkt som har en god kemisk motståndsförmåga. I första hand bör den vara stabil mot utlakning i vatten av inneslutet radioaktivt material. Samtidigt ställs krav på att produkten skall klara den uppvärmning klyvningsprodukterna ger och påfrestningarna under hantering och transport. Glasinjutningar anses f. n. ge den mest stabila produkten för lagring under långa tidsperioder och försök pågår med glaskvaliteter av olika sammansättning.

Metoder att innesluta högaktivt avfall i glas utvecklas i försöksskala framför allt i Förenta Staterna, Frankrike, Storbritannien, Västtyskland, Sovjetunionen och Indien. Glasprocessen innebär att det högaktiva avfallet indunstas och kalcineras. Därefter upphettas det till 1 000–1 200°C efter tillsats av glasbildande ämnen och ger en glassmälta som fylls på behållare. Dessa måste sedan placeras i en kyld och övervakad förvaringsanläggning.

Låg- och medelaktivt avfall

Låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverk och annan verksamhet inom kärnbränslets kretslopp brukar först behandlas i syfte att minska volymerna. Därefter innesluts det på olika sätt beroende på aktivitetsnivån. Lågaktivt fast avfall packas i plastsäckar eller plåttunnor. Jonbytarmassor och indunstarkoncentrat gjuts in i betong eller asfalt. Efter denna behandling lagras avfallet i särskilda förråd. Ett alternativ till omedelbar injutning av medelaktivt avfall är förvaring i cisterner.

Utbytta konstruktionsdetaljer från de system som står i förbindelse med reaktorhärden lagras med hänsyn till radioaktiviteten t.ex. i betongfack. Förbrukade hårdkomponenter förvaras tills vidare under vatten i bränslebassängerna.

Det är främst filter- och jonbytarmassor samt indunstarkoncentrat som innesluts men metoden kan också användas för metalliskt avfall. För inneslutning har betong och asfalt länge använts. En tredje metod med inneslutning i plast är under utveckling. Ingjutning av avfall medför ofta en betydande vikt- och volymökning.

Vid kärnkraftverken byggs särskilda anläggningar för behandling av det radioaktiva avfallet. Därtill kommer förråd m. m. för förvaring. För närvarande är radioaktivt avfall i nämnvärda mängder upplagrat endast vid Oskarshamnsverket.

De metoder som hittills tillämpats för behandling av radioaktivt avfall är till en del bl. a. anpassade för att produkten slutligt skall kunna dumpas till havs eller grävas ner i mark. I Sverige gäller sedan år 1972 en lag som i praktiken innebär förbud mot dumpning i havet av radioaktivt avfall. Av denna orsak måste man lagra avfallet på land men anläggningar saknas ännu för slutlig förvaring av avfallet. Därför förvaras det tills vidare i förråd vid kärnkraftverken och vid avfallsanläggningen i Studsvik.

Vid upparbetning av använt kärnbränsle uppstår, utöver högaktivt avfall som tidigare nämnts, också låg- och medelaktivt avfall. En grov bedömning visar att det vid upparbetning av bränsle från ett års reaktordrift uppstår lika mycket låg- och medelaktivt avfall som under samma tid uppkommit vid reaktorn. Detta gäller avfall av typen jonbytarmassor, indunstarkoncentrat samt sopor och liknande avfall.

Inom kärnbränslets kretslopp blir volymerna av låg- och medelaktivt avfall många gånger större än av högaktivt avfall, tabell 3.3. Aktivitetsnivån är emellertid mycket lägre och på grund av nuklidsammansättningen blir den tid som åtgår för att avfallet skall bli helt inaktivt mycket kortare. Ett undantag är det alfaaktiva avfallet som i huvudsak uppkommer vid upparbetning av använt kärnbränsle och hantering av plutonium.

Ett intensivt utvecklingsarbete pågår runt om i världen i syfte att finna metoder för minskning av volymerna radioaktivt avfall. För jonbytarmassor är långtgående regenerering eller tvättning möjliga alternativ. Även förbränning och pyrolys kan användas. Efter sådan behandling återstår en aktiv rest som måste inneslutas på lämpligt sätt med hänsyn till den slutliga förvaringen. Indunstarkoncentraten kan indunstas till torrhet och därefter inneslutas. För både jonbytarmassor och indunstarkoncentrat kan volymen minska till en tiondel med dessa metoder.

Sopor och liknande avfall kan sorteras och förbrännas. Efter inneslutning av den aktiva återstoden blir den kvarvarande volymen också omkring tio procent. Det är dock osäkert om detta är möjligt för motsvarande avfall från en upparbetningsanläggning vilket bl. a. beror på ett annat nuklidinnehåll. För avfall från en upparbetningsanläggning beräknas därför den kvarvarande volymen efter behandling uppgå till

omkring 20 procent. Volymerna hårdkomponenter, kapslingsavfall och höljerör kan genom pressning minskas till omkring hälften.

Tabell 3.3 redovisar de totala volymer radioaktivt avfall inom hela bränslegången som ernålls före och efter behandling av avfallet från ett års drift av en reaktor med effekten 900 MWe. Häre ingår också avfallet från upparbetning av använt bränsle från ett års reaktordrift. Driften under ett år av en reaktor på 900 MWe ger som framgår av tabellen upphov till 2–3 m³ högaktivt avfall i fast form. Uppgifterna om avfallsvolymer efter behandling avser den form som avfallet skall ha vid den slutliga förvaringen. I tabellen har avfallsmängderna från brytning och framställning av uran inte inräknats.

Tabell 3.3 Radioaktivt avfall från bränslegången för ett års drift av en reaktor på 900 MWe.

Typ av avfall	Före behand- ling m ³	Efter behand- ling m ³
Högaktivt avfall	17	3
Medelaktivt avfall		
Kapslingsavfall	11	2
Jonbytarmassor och indunstarkoncentrat	90	9
Hårdkomponenter, höljerör och metalliskt avfall	100	50
Lågaktivt avfall		
Sopor och liknande avfall	800	120

3.8.2 *Avfall från icke kärnteknisk verksamhet*

Verksamhet med radioaktiva ämnen utanför kärnbränslegången använder eller ger upphov till nuklider som delvis är av annan karaktär än vad som uppkommer inom kärnbränslegången. Ofta används radionuklider med mycket kort halveringstid varför några egentliga avfallsproblem inte uppstår. En del radionuklider ger emellertid avfall som måste lagras under längre tidsperioder. Exempel på sådana är strålkällor med kobolt-60 som används i fast monterade apparater.

Totalt sett uppstår mindre avfallsmängder än inom kärnbränslegången. En grov uppskattning visar att i Sverige uppkommer årligen från verksamhet utanför kärnbränslegången sammanlagt lika stora volymer avfall som vid ett större kärnkraftaggregat. Mindre delar av detta avfall är av sådan karaktär att det kräver förvaring under hundratals år.

Sopor och liknande avfall utgör normalt inte något problem ur strålskyddssynpunkt och kan hanteras som inaktivt eller mycket lågaktivt avfall. Korta halveringstider kan medge samma hantering som för vanliga sopor. Undantag är bl. a. forskningsstationen i Studsvik. Den omfattande verksamheten där ger avfall av samma slag som vid kärnkraftverken. Dessutom uppkommer där även långlivat avfall från försök med plutonium och använt bränsle.

Fasta strålkällor med en aktivitet som överstiger 1 mikrocurie består av kalibreringsskällor och utbytta preparat från industri, forskning och sjukvård. Aktiviteten kan variera mellan några mikrocurie och några kilocurie, beroende på användningsområde. Då de starkare strålkällorna byts tas de om hand av leverantören och återgår i en del fall till utlandet. Möjligheter finns dock att ta hand om sådana preparat i Studsvik.

Vid anläggningarna i Studsvik uppkommer relativt stora mängder radioaktivt avfall. I anslutning till dessa anläggningar finns också ett system för uppsamling, behandling och förvaring av radioaktivt avfall. Man har också möjlighet att ta emot aktivt avfall från andra verksamheter i landet såsom sjukhus, annan forskning och industri.

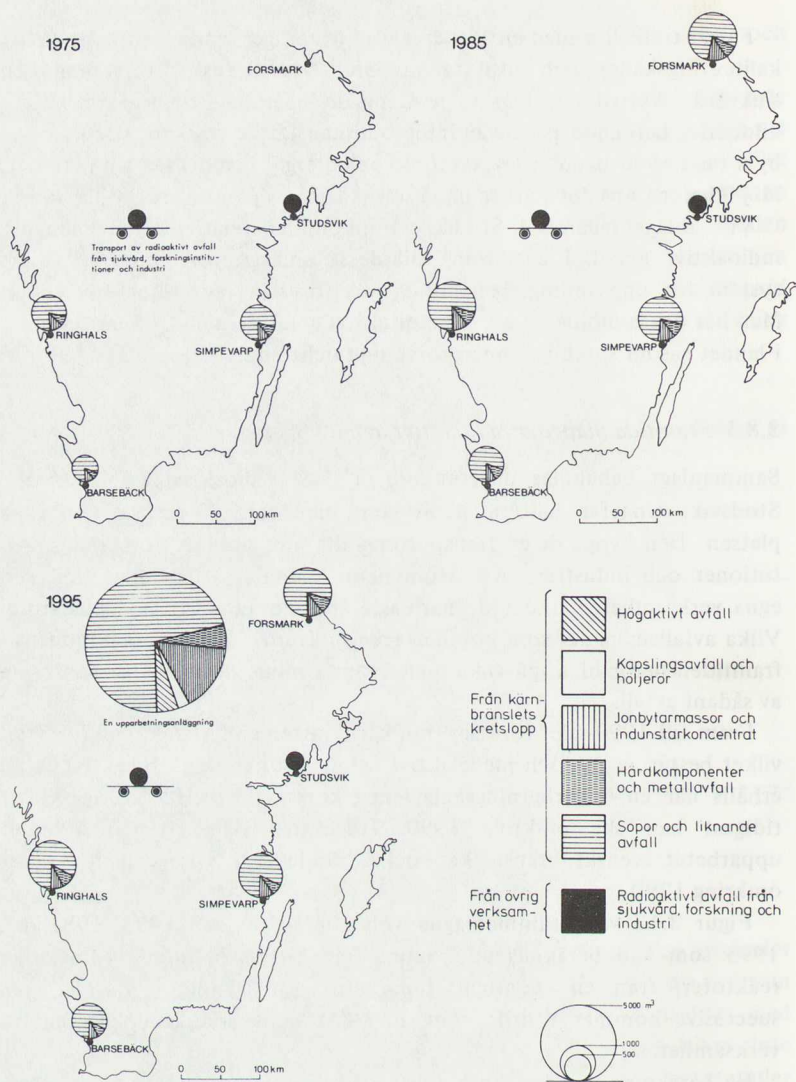
3.8.3 Framtida mängder radioaktivt avfall i Sverige

Sammanlagt behandlas ungefär 500 m³ fast radioaktivt avfall per år i Studsvik. Ungefär hälften härav kan hänföras till verksamheten på platsen. Den övriga delen transporteras dit från sjukhus, forskningsinstitutioner och industrier. AB Atomenergi bedömer att avfallet från den egna verksamheten under de närmaste åren kommer att vara lika stora. Vilka avfallsmängder som kommer från sjukvård, forskning och industri i framtiden beror bl. a. på vilka regler som kommer att gälla för hantering av sådant avfall.

Fram till 1990-talet förutses från kärnkraften endast s. k. reaktoravfall vilket består av låg- och medelaktivt avfall av olika slag. Högaktivt avfall erhålls när en upparbetningsanläggning kommer i drift i Sverige vilket tidigast kan ske omkring 1990. Högaktivt avfall från i utlandet upparbetat svenskt bränsle kan också sändas till Sverige men tidigast omkring 1990.

Figur 3.17 visar sammanlagda volymer avfall åren 1975, 1985 och 1995 som kan beräknas uppkomma från hittills beslutade 13 svenska reaktorer, från en eventuell upparbetningsanläggning i Sverige, som successivt kommer i drift från år 1990 samt från icke kärnteknisk verksamhet.

En beräkning har dessutom gjorts över de sammanlagda volymerna för dessa år såväl före som efter behandling. Resultaten av denna beräkning framgår av figur 3.18.

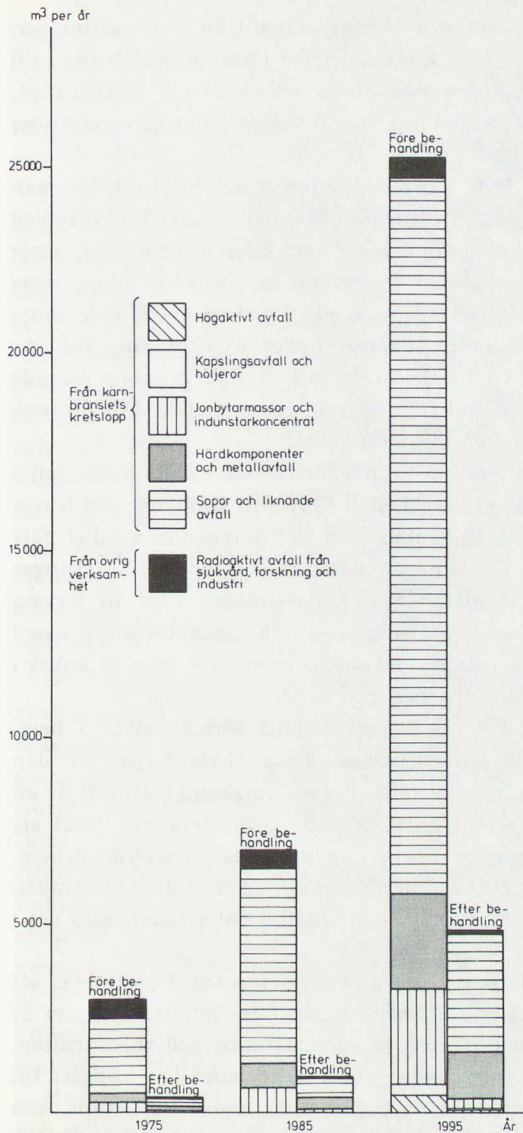


Figur 3.17 Framtida mängder radioaktivt avfall i Sverige

Aka 1976-04-07

3.9 Förutsättningar för slutlig förvaring av radioaktivt avfall i svensk berggrund

Vissa ämnen i det radioaktiva avfallet kommer att avge joniserande strålning ännu efter många tusen år. Deras radioaktiva livslängd överstiger vanliga mått för mänsklig planering, men är kort i förhållande till berggrundens ålder. Man har därför alltsedan 1950-talet ansett att avfallet kan förvaras i berggrunden under så lång tid att dess strålning går ned till försumbar nivå. En sådan förvaring skulle varken kräva tillsyn eller



Aka 1976-04-07

Figur 3.18 Framtida mängder radioaktivt avfall i Sverige före och efter behandling

särskild kylning och därför inte innebära någon belastning för framtida generationer.

Som första lösning tänkte man sig förvaring i bergsalt som är fritt från grundvatten. Sedan några år förvaras stora mängder låg- och medelaktivt avfall i en nedlagd saltgruva i Asse, Västtyskland, där man också förberett försöksverksamhet med högaktivt, förglasat avfall. På andra håll undersöks förutsättningarna för att förvara högaktivt avfall i tjocka leravlagringar.

Förvaring i marken av lågaktivt avfall förekommer på några håll i världen. Ledamöter från kommittén har besökt sådana avfallsanlägg-

ningar bland annat i Sovjetunionen, Frankrike och USA. Förutsättningarna för förvaring i marken är dock mindre goda i Sverige med hänsyn till att jordtäcket över berggrunden på de flesta håll i landet är mycket tunt. För avfall som innehåller radioaktiva nuklider med långa halveringstider är förvaring i mark olämplig.

I många länder, bl. a. USA, Kanada, Frankrike och England, har man också börjat intressera sig för att förvara högaktivt fast avfall i kristallina bergarter av samma slag som uppbygger vårt lands urberg. Man anser numera att många olika typer av berggrund kan erbjuda gynnsamma förutsättningar för en slutlagring av högaktivt fast avfall och annat radioaktivt avfall som behöver förvaras under mycket lång tid. Av mycket stort intresse för svensk del är det omfattande program rörande urberg, som pågår i Kanada. Ett visst samarbete mellan Kanada och Sverige på detta område har därför inletts.

För svensk del kan förvaring av högaktivt fast kärnbränsleavfall i berggrunden bli aktuell någon gång mellan 1990 och 2000, när vårt första använda kärnbränsle har upparbetats och det framtagna avfallet fått svalna i något tiotal år. Utredningen har därför uppdragit åt Sveriges geologiska undersökning att undersöka förutsättningarna för att förvara högaktivt förglasat avfall i svensk berggrund. En sådan förvaring kan i sina huvuddrag bygga på teknik som redan finns, och som är enkel i förhållande till tekniken för upparbetning.

Långtidssäkerheten vilar i avgörande grad på förhållandena i berggrunden och möjligheten att klarlägga dessa. Kravet på att den joniserande strålningen från avfallet skall avskärmas uppfylls lätt av en berganläggning. Beräkningar utförda vid AB Atomenergi har visat att också kravet på bortledning av värme kan tillgodoses i svenskt urberg. Likaså är det klart att ett gott skydd mot spridning genom olyckshändelse, krigshandling, stöld och sabotage kan erhållas om avfallet läggs ner i berggrunden.

Beträffande de långsiktiga naturliga processerna kan konstateras att Sveriges urbergsområden utanför Skåne sedan flera hundra miljoner år varit stabila och legat utanför jordens deformations- och vulkanbälten. Den genomsnittliga erosionen under dessa tidsrymder har uppgått till mindre än 5 m per miljon år. En förnyad berggrundsdeformation, som kunde sätta igång en ny djupgående erosion av betydelse för en förvaringsanläggning i berg skulle förutsätta att jordens deformationsmönster läggs om radikalt inom mindre än hundra tusen, eller på sin höjd, en miljon år. Sådana förändringar tar ungefär hundra gånger längre tid, och det kan därför betraktas som uteslutet att avfall från en anläggning i berg skall komma att spridas till följd av en oväntad berggrundsdeformation eller djupgående allmän erosion.

Motsvarande gäller i princip också för jordbävningar, och förvaringsplatser i Sveriges berggrund kan dessutom väljas så att skadeverkningarna av en eventuell jordbävning helt undviks.

Stabiliteten i en berganläggning är oberoende av vilka oförutsedda förändringar som under avfallets långa förvaringstid inträffar i marknivå. Även om det kommer en ny istid, vars inlandsis skrapar bort

byggnadsverk och jordlager, eller en värmeperiod, då polartrakternas is smälter och havets nivå stiger ca 60 m, eller ett framtida storkrig, som utplånar vår tekniska civilisation, så kommer förhållandena i ett djupt bergtrum att vara nära nog oförändrade. Denna stabilitet utgör därför grundförutsättningen för en tillsynsfri slutförvaring i berg.

I utredningens lägesrapport (DsI 1974:6) gavs en positiv bedömning av möjligheterna att slutligt förvara högaktivt avfall i berg med hänsyn till riskerna för en spridning med grundvattnet. Emellertid framhölls angelägenheten av att denna bedömning ges ett mer fullständigt underlag genom undersökningar i utvalda områden och att man i tid skaffar sig tillräckligt långa observationsserier rörande grundvattnet. Med hänsyn till grundvattenfrågorna rekommenderades vidare att en avfallsanläggning förläggs till grundvattenfattigt berg i ett område med små höjdskillnader och ej i närheten av större vattendrag. De senare skulle också innebära ökade risker för lokal erosion. Utifrån allmänt geologiska och resursbevarande synpunkter rekommenderades att förvaringsanläggningen läggs i någon vanlig och i stora mängder uppträdande bergart, som helt saknar utvinningsvärde. Detta innebär också att det inte finns någon anledning till framtida gruvsdrift som skulle kunna skada en förvaringsanläggning.

De ämnen i det aktiva avfallet, som är av intresse med tanke på grundvattnet är strontium, cesium och transuraner, främst plutonium. Beträffande strontium och cesium i glasformigt avfall är mängden grundvatten i normalt berg för liten för att åstadkomma spridning av större betydelse så länge de är radioaktiva. För transuranerna finns inga direkta iakttagelser av grundvattnets långsiktiga verkan, eftersom dessa ämnen inte normalt finns i naturen. Undersökningar av transuranernas uppträdande i grundvatten och i omgivningen kring nedgrävt lågaktivt fast avfall har påbörjats i USA. Dessa undersökningar kommer inom kort att lämna viktiga data på detta område. Transuranerna liknar kemiskt emellertid i hög grad de s. k. lantaniderna (sällsynta jordarter) samt uran, vilket redan nu ger en möjlighet att bedöma grundvattnets roll med hjälp av jämförelser.

Medelhalten av lantanider i granitisk berggrund är ca 300 g per ton, och förekomster av lantanidförande mineral är ganska vanliga. Dessa mineral är i regel föga påverkade av vittring, och när vittring ändå iakttas finner man ofta en återutfällning av lantaniderna i mineralets omedelbara närhet. Vid mycket kraftig vittring av granit till kaolin sker en viss utlösning av lantanider, men de utfälls åter på vattnets vidare väg. Rapporterade halter i grundvattnet är nämligen låga, 2–60 mg per ton, liksom i ytvatten. I Sverige, där berggrunden i stor utsträckning är granitisk, har man i ytvattenprov uppmätt en halt av 0,2 mg lantan per ton (ca 1,2 mg lantanider per ton). I den mån transuranerna motsvarar lantaniderna är risken för spridning i vattnets kretslopp följaktligen försumbar.

Uranets uppträdande är mera komplicerat. Vid oxidation upplöses uranet i naturen effektivt av karbonathaltigt grundvatten, under bildan-

de av uranyl-karbonatkomplex. En utfällning sker när reducerande förhållanden åter inträder, varvid uranet blir mycket orörligt. Detta leder ibland till stora omflyttningar av uran i vattnets kretslopp och återutfällningen kan t. o. m. ge upphov till bildning av betydande uranmalmer. I framtiden kommer avfallet att härröra från kärnbränsle som genomgått flera kretslopp. Det är därför motiverat att närmare studera spridning av transuraner från en anläggning i berg.

Av särskilt intresse i detta sammanhang är uranförekomsten Oklo i Gabon. Forskningsresultaten därifrån visar att 1,5 ton plutonium, som bildades vid en naturlig kedjereaktion för ca 1800 milj. år sedan, hann sönderfalla totalt utan att någon spridning inträffade. I detta fall skulle alltså både uran och plutonium ha varit orörliga på samma plats och under samma betingelser mer än två miljoner år, dvs. hela den tid som behövdes för att den bildade mängden plutonium skulle sönderfalla fullständigt.

Slutsatsen av dessa jämförelser är att i den mån transuranerna motsvarar lantaniderna kommer deras spridning i grundvattnet att vara försumbar, medan omfattande spridning kan befaras om de mera liknar uran, och om avfallet utsätts för betydande grundvattenflöden under oxiderande betingelser. Spridningen begränsas om vattenflödet är litet, och ingen spridning med grundvattnet äger rum vid reducerande förhållanden. Reducerande förhållanden är förhärskande på större djup under grundvattenytan, och kan byggas in för mycket lång tid i en förvaringsanläggning.

Beträffande vattnets uppträdande kan konstateras att berggrunden ovanför grundvattenytan genomströmmas av sjunkvatten från nederbörden. Förhållandena är i sådana fall kraftigt oxiderande. I gott berg ligger grundvattenytan högt. Om grundvattenytan i en ordinär bergrygg ligger mer än 50 m under bergytan betyder det i regel att berget är vattengenomsläppande. Det är följaktligen svårt att finna utrymme för en förvaringsanläggning ovan grundvattenytan. En sådan skulle dessutom kräva anordningar för att avskärma och dränera sjunkvattnet. Det är sannolikt svårt att garantera att dessa anläggningar fungerar tillfredsställande under de erforderliga, långa lagringstiderna. Förvaringsanläggningar ovan grundvattenytan förefaller därför olämpliga, i synnerhet med tanke på att klimatförändringar under förvaringstiden skulle kunna leda till högre och växlande läge på grundvattenytan. På större djup under grundvattenytan är vattenflödet mycket litet. Berggrundens stabilitet gör att det inte kommer att förändras i avgörande grad under förvaringstiden. Detta gör det möjligt att beräkna de vattenmängder som det är fråga om och att åstadkomma ett effektivt skydd mot avfallets spridning med grundvattnet.

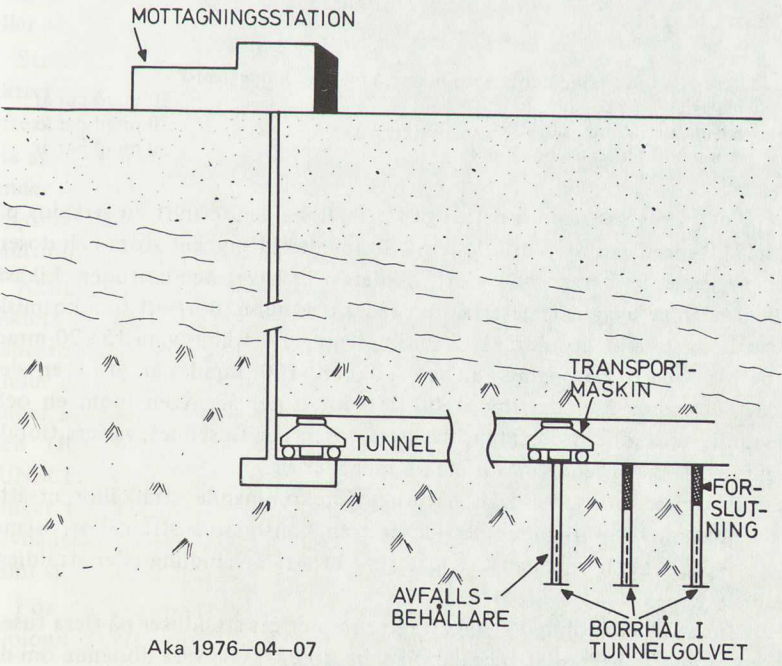
Utredningen har låtit Sveriges geologiska undersökning utföra en omfattande metodstudie i Pellbodaberget, Robertsfors kommun, Västerbotten. Gnejsen där är i många avseenden representativ för många andra gnejsområden i landet. Resultaten av undersökningarna i Pellboda redovisas i särskild bilaga till betänkandet. De visar att det i dag finns teknik för att finna områden med sprick- och grundvattenfattigt berg,

även sådana täckta av jord, och i förväg kartlägga sådana sprick- och krosszoner i berget, som bör undvikas för att de kan vara grundvattenförande.

Andra undersökningar, som nu planeras eller förbereds, skall belysa grundvattnets rörelse och sammansättning på djupet, samt avfallsglasets svårslöslighet, olika inkapslingsmaterials beständighet och lerors användbarhet för att fånga upp eventuellt utlösta avfallsämnen. Resultaten väntas ge de grunddata, som behövs för att beräkna säkerheten hos de olika åtgärderna mot avfalllets spridning.

I del II av huvudbetänkandet har utredningen närmare behandlat en tänkt framtida anläggning i svenskt urberg. Det bör betonas att utformningen av den bygger på nu känd teknik. Ett omfattande utvecklingsarbete pågår i olika delar av världen och förbättrade metoder kan förväntas. Nya metoders förutsättningar, säkerhet och kostnader kommer att kunna jämföras med den förvaring som redovisats i nämnda avsnitt.

Den genomgång, som SGU utfört åt utredningen visar att förvaring av förglasat högaktivt avfall i berggrunden är en metod som i allt väsentligt kan utgå från dagens teknik i fråga om gruvbrytning, bergborrning, bergtätning, kärnbränsleupparbetning, framställning av förglasat avfall och inkapsling. Vid denna metod kan berggrundens täthet, avfallsglasets svårslöslighet och en vattentät, i berget beständig inkapsling beräknas ge ett trefaldigt skydd mot avfalllets spridning med grundvattnet.



Figur 3.19 Amerikanskt förslag till slutlig förvaring av högaktivt fast avfall

Ytterligare skydd kan åstadkommas genom att omge varje avfallscylin-der med ett lager av jon-uppfångande lera. Utöver detta finns ett mycket gott naturligt skydd mot att avfallet skall nå jordytan genom grundvatt-nets långa uppehållstid i berggrunden och de naturliga adsorptionspro-cesserna. Dessa moment kan dock ännu inte helt överblickas. Däremot är möjligheterna goda att tekniskt kontrollera avfallet och dess närmaste omgivning. Geologisk expertis bedömer som ytterst sannolikt att avfall som förvaras i gott berg på föreslaget sätt, ännu efter hundratusen år inte har kommit i beröring med grundvattnet.

3.10 Strålskydd, miljöskydd och säkerhet

3.10.1 Strålning och strålningspåverkan

Nästan allting i vår omgivning, liksom vår egen kropp, innehåller radioaktiva ämnen som utsänder joniserande strålning. De vanligaste radioaktiva ämnena i biosfären är kalium-40, radium-226 samt kortlivade dotterprodukter till radium, såsom den radioaktiva ädelgasen radon-222.

Kännedom om den naturliga bestrålning som människan utsätts för och dess variationer har stor betydelse för bedömning av strålrisker. Människan liksom den biologiska arvsmassan har ständigt funnits i den naturliga strålningsmiljön som därför måste betraktas som normal från strålrisksynpunkt. På samma sätt är det rimligt att anta att små stråldostillskott som är avsevärt mindre än de naturliga variationerna i bakgrundsstrålningen inte innebär någon påvisbar ändring av den enskilda individens totala riskbild. De dominerande källorna till vår naturliga bestrålning är

– uran och torium med dotterprodukter, i mark och byggnads-material	50 mrad per år
– kosmisk strålning från solen och världsrymden	30 mrad per år
– kalium-40 i människokroppen	20 mrad per år

Totalt ger oss således naturliga strålkällor i genomsnitt en stråldos på ca 100 mrad per år. Variationerna är emellertid mycket stora och dosen beror bl. a. av berggrundens art, höjden över havet och latituden. Likaså har arten av byggnadsmaterial i bostäder betydelse. Bortsett från kosmisk strålning brukar dosbidraget från omgivningen i trähus vara 15–20 mrad per år och i betonghus mellan 20 och 100 mrad per år. I en del lättbetonghus kan det uppgå till 250 mrad per år. Även inom en och samma bostad kan dosraten, dvs. stråldosen per tidsenhet, variera tiotals mrad per år beroende på var man uppehåller sig.

Utöver stråldoserna från naturligt förekommande strålkällor utsätts människan för varierande stråldoser från konstgjorda strålkällor. Bland dessa dominerar medicinsk apparatur för strålbehandling eller stråldiag-nostik.

Vid strålbehandling av elakartade tumörer ges stråldoser på flera tusen rad inom ett begränsat område. Sådana doser skulle vara dödande om de

erhölls över hela kroppen men vid en lokal bestrålning kan de få tumörer att minska eller försvinna. Samtidigt skadas närliggande friska vävnader endast tillfälligt och kan sedan återhämta sig.

Kollektivdosen till benmärg och könskörtlar genom röntgenundersökningar blir för den svenska befolkningen av storleksordningen 1 miljon manrad per år, dvs. en genomsnittlig dos av 120 mrad per individ och år. Detta är ungefär lika mycket som den naturliga stråldosbelastningen. Enstaka röntgenundersökningar av komplicerad natur och begränsade till patienter med allvarliga sjukdomar kan emellertid ge stråldoser som avsevärt överstiger genomsnittet.

Radioaktiva ämnen används även för strålbehandling och diagnostik. De vanligaste nukliderna vid undersökningar är jod-131, teknetium-99m och xenon-133. Vid sådana undersökningar blir stråldoserna i benmärg och könskörtlar oftast inte större än som är vanligt vid röntgenundersökningar, men enstaka organ kan få högre doser. Så är exempelvis stråldosen i sköldkörteln vid de enklaste sköldkörtelundersökningarna i regel ca 15 000 mrad och vid scintigrafiska undersökningar med jod-131 ca 75 000 mrad.

Personer i radiologiskt arbete får ofta genomsnittliga stråldoser på några hundra mrem per år. Deras årsdos är av gällande bestämmelser begränsad till högst 5 000 mrem. Den internationella erfarenheten pekar på att personalen vid kärnkraftverk och uppärbetningsanläggningar får genomsnittliga årsdoser omkring 1 000 mrem. Vid kärnkraftverket i Simpsvarp var genomsnittsdosen för personalen 218 mrem under 1975.

Stråldoser från radioaktiva ämnen kan åstadkommas genom extern bestrålning från strålkällor utanför kroppen eller genom intern bestrålning från radioaktiva ämnen som kommit in i kroppen med vatten, föda eller andningsluft.

Strålrisker med exempelvis plutonium beror i hög grad på om aktiviteten kan nå människokroppen via svalget eller genom inandning, eftersom absorptionen i mag-tarmkanalen är mycket obetydlig. Vid intag via svalget av små plutoniummängder ackumuleras en stråldos i skelettet under tiotals år innan någon skada kan bli märkbar. Vid inandning uppstår motsvarande skador av ungefär en tusendel av den mängd plutonium som kommit in i människokroppen via mag-tarmkanalen.

Akuta skadeverkningar av joniserande strålning har varit kända sedan seklets början. Däremot har de genetiska verkningarna och de sena cancerogena verkningarna varit föremål för större uppmärksamhet först under de senaste tjugo till trettio åren. Värdefulla sammanfattningar har under senare år bl. a. gjorts av den internationella strålskyddskommissionen (ICRP), Förenta Nationernas vetenskapliga strålningskommitté (UNSCEAR) och av den amerikanska vetenskapsakademien. Skadeverkningar från joniserande strålning indelas i celldestruktion som leder till vävnadsdöd och organskador, cancerogena verkningar, ärftliga skador samt skador som inverkar på fostrets utveckling.

För att förstå vilka risker det radioaktiva avfallet kan innebära för biologiskt liv är det viktigt att känna till vilka radioaktiva ämnen som

förekommer, deras livslängd, strålningsegenskaper och transportvägar i naturen. Några radioaktiva ämnen i avfallet kan medföra strålrisker under mycket lång tid, medan andra sönderfaller och omvandlas till ofarliga ämnen efter bara några månader eller något år.

Alla steg i hanteringen av avfallet måste därför utformas med hänsyn till skyddet av människan och hennes omgivning. Om radioaktiva ämnen kommer ut i naturen kan de liksom andra miljöföroreningar transporteras och anrikas i näringskedjorna. De åtgärder som nu vidtas för att skydda människan såsom individ, torde emellertid innebära skydd även för andra levande organismer såsom arter.

Den strålning som uppstår vid radioaktivt sönderfall är osynlig och omärkbar för den person som träffas. Endast särskilda instrument kan avslöja radioaktivitet. Det radioaktiva sönderfallet medför strålning av olika slag. Radium, uran och de flesta transuraner utsänder bl. a. alfastrålning. Några transuraner utstrålar neutroner. De radioaktiva klyvningsprodukterna avger beta- och ofta även gammastrålning. Sönderfallet kan vara av sammansatt karaktär. Det sker ibland i flera steg.

Alfastrålning har mycket kort räckvidd. Den förmår t. ex. inte tränga igenom ytterhuden hos människan. En förutsättning för att alfastrålningen skall ha någon skadeverkning är att alfastrålande material kommer in i kroppen t. ex. genom andningsvägarna. De viktigaste ämnena i denna kategori är radium och vissa av dess dotterprodukter samt plutonium.

Betastrålningen har längre räckvidd. Den förmår tränga igenom ytterhuden och påverka de inre hudlagren. De betastrålande ämnenas huvudsakliga biologiska betydelse ligger dock i den risk de kan förorsaka om de kommer in i kroppen, t. ex. via föda eller andningsluft. Några betastrålande ämnen, främst strontium-90, upplagras i skelettet, där deras betastrålning kan skada celler i ben och benmärg.

Gammastrålningen, som är av samma natur som röntgenstrålning, har stor räckvidd och genomträngningsförmåga. Därför förmår gammastrålning även från källor utanför kroppen påverka djupt liggande organ.

Kunskaperna om strålskador härrör från följderna av stora stråldoser, bl. a. från atombomberna i Japan och från medicinsk strålbehandling. Små doser kan inte förorsaka akuta strålskador men skulle kunna ge sena effekter såsom cancer och leukemi. Forskarna är osäkra om effekten av mycket små stråldoser. Man är dock enig om att effekten, som den överhuvud taget finns, är mycket liten. Frågan om det finns något tröskelvärde, under vilket strålning inte längre är skadlig, är emellertid fortfarande obesvarad. Huvudanledningen härtill är att de små stråldoser det är frågan om inte kan leda till ett antal cancerfall som är tillräckligt stort för att vara påvisbart utöver den slumpmässiga variationen i den naturliga cancerfrekvensen även i mycket stora befolkningsgrupper, så länge stråldosen är ungefär lika stor som dostillskottet från naturliga strålkällor, t. ex. berggrunden. I strålskyddssammanhang antar man emellertid ändå att risken för cancer och ärftliga skador är direkt proportionell mot stråldosen utan någon undre gräns.

Den internationella strålskyddskommissionen utger sedan 1928 strålskyddsrekommendationer som tillämpas av myndigheterna i praktiskt

taget alla länder. ICRP:s nu gällande grundläggande rekommendationer har publicerats i ICRP Publication 9 (1965) och innebär att

- onödiga strålkällor och onödig bestrålning skall undvikas
- strålkällor och användning av strålning måste i varje särskilt fall kunna försvaras med tanke på den resulterande nyttan
- alla stråldoser skall hållas så låga som möjligt med hänsyn till ekonomiska och samhälleliga överväganden
- inga stråldoser får överstiga vissa rekommenderade dosgränser

ICRP:s dosgränser gällde ursprungligen endast personer i strålningsarbete. Dessa dosgränser vilka vanligtvis kallas de högsta tillåtliga stråldoserna, är

- 5 000 mrem per år vid helkroppsbestrålning, varvid könskörtlar och benmärg är kritiska organ
- 30 000 mrem per år för sköldkörtel och i huvudsak även för benvävnad
- 15 000 mrem per år för övriga inre organ

Från 1956 har ICRP emellertid också rekommenderat att stråldosen till personer som inte arbetar med strålning bör hållas under 10 % av dessa dosvärden oräknat de stråldoser som erhålls från naturlig strålning och vid medicinsk bestrålning av patienter.

För att överblicka framtida stråldoser till följd av nu pågående verksamhet har man i strålskyddssammanhang infört några nya begrepp. Ett av dessa är dosintekningen som kan definieras som summan av alla de framtida årsdoser som genomsnittligt erhålls inom en given grupp. Denna grupp kan vara hela jordens befolkning eller en mindre grupp och den behöver inte bestå av samma individer från år till år. Ett annat nytt begrepp är kollektivdosen. Den utgörs av produkten av antalet bestrålade människor och deras genomsnittliga stråldos.

För ett givet antal bestrålade individer blir det förväntade antalet framtida skador direkt proportionellt mot kollektivdosen eller mera exakt den kollektiva dosintekningen. Den senare kan därför betraktas som en räkning i förskott på alla skador verksamheten kommer att åstadkomma i framtiden.

Med hjälp av dosintekningen är det därför möjligt att presentera konsekvenserna för varje utsläpp av radioaktiva ämnen, där man inte bara tar hänsyn till de omedelbara verkningarna. Genom att beräkna den globala kollektivdosintekningen, utan hänsyn till några geografiska gränser, kan man få ett mått på den totala skadeverkan ett utsläpp kan komma att förorsaka, oavsett var skadan inträffar.

Strålskyddsinstitutet i Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige samarbetar bl. a. om principerna för begränsning av utsläpp av radioaktiva ämnen. Under 1974 presenterades en publikation med gemensamma rekommendationer. Frågan har också diskuterats inom paneler och seminarier anordnade av bl. a. det internationella atomenergiorganet (IAEA), världshälsoorganisationen (WHO) och OECD:s kärnenergiorgan (NEA).

Vid statens strålskyddsinstitut, som är svensk strålskyddsmyndighet, pågår arbete med att utforma strålskyddsrekommendationer för den verksamhet som strålskyddslagen behandlar. Som en etapp i det arbetet framlade strålskyddsinstitutet i början av 1975 ett förslag till nya bestämmelser för begränsning av utsläpp av radioaktiva ämnen från kärnkraftverk med lättvattenreaktorer.

3.10.2 *Arbetarskydd*

Frågor som berör arbetarskyddet spelar en mycket central roll för planering och drift av olika anläggningar i kärnbränslets kretslopp. Sådana frågor gäller t. ex. maskiner, tryckkärl och andra tekniska anordningar, kemikalier, arbetslokaler, bergrum, ventilation och ergonomi samt skydd för arbetstagare mot t. ex. brand och explosion. De tre myndigheterna arbetarskyddsstyrelsen, kärnkraftinspektionen och strålskyddsinstitutet täcker tillsammans arbetarskyddet inom kärnenergianläggningar. Viktiga frågor rör den lokala skyddsverksamheten och arbetstagarnas roll i skyddsarbetet, vilken har betydelse för arbetsmiljön. Arbetstagarna är numera representerade både i arbetarskyddsstyrelsen och yrkesinspektionen. Vid anläggningarna är strålskyddet en väsentlig del av arbetarskyddet. Strålskyddslagen är därför bland annat även en arbetarskyddslag. Samhällets intresse för arbetarskyddsfrågor har tilltagit, samtidigt som antalet arbetsmiljöer, där man måste skydda sig mot joniserande strålning, genom kärnkraftutbyggnaden har ökat. Samverkan mellan arbetarskydds- och strålskyddsmyndigheten har därför ökat under senare år. Då strålriskerna ofta har ett nära samband med andra risker är det väsentligt att denna samverkan är synnerligen väl utbyggd.

3.10.3 *Miljöfrågor*

Radioaktiva nuklider, som släpps ut i naturen, sprids vidare i ekosystemen och kan på olika vägar nå människan. För att kunna bedöma möjliga effekter är det således väsentligt att kartlägga dessa spridningsvägar. Man brukar med en sammanfattande benämning kalla detta område för radioekologi.

Vid statens naturvårdsverk finns en sektion för radioekologi som arbetar med radioekologiska vattenfrågor i samråd med statens strålskyddsinstitut. Undersökningar pågår i anslutning till kärnkraftverken, där omgivningen studeras under en serie år innan kraftverken tas i drift. Efter driftstarten undersöker man upptag och anrikning av radioaktiva nuklider i t. ex. sediment, vegetation, bottenorganismer, och olika organsystem hos skaldjur och fiskar av ekologisk och ekonomisk betydelse. Av vikt är också effekterna av det uppvärmda kylvattnet, som kan påverka det biologiska systemet i utsläppsområdet.

Vid kärnkraftverket i Forsmark uppförs en s. k. biotestanläggning med ca 1 km² invallat skärgårdsvatten genom vilken kylvattnet från reaktorerna skall passera. Denna anläggning skapar särskilt goda möjligheter till detaljerade analyser av påverkan på biologiska system.

I samband med radioaktivt nedfall från kärnvapenproven gjorde FOA omfattande landekologiska undersökningar av spridning i naturen av olika radioaktiva nuklider. Resultaten av dessa undersökningar och kompletterande arbeten som nu utförs vid AB Atomenergi, radiofysiska institutionen vid Lunds universitet och lantbrukshögskolan kan användas för bedömning av vilka eventuella radioekologiska följder som spridning av radioaktivitet från t. ex. kärnkraftverk och uppberedningsanläggningar får.

3.10.4 Sabotage, stöld, terror

I debatten om kärnkraften och dess fredliga utnyttjande har riskerna för radioaktiva utsläpp ofta uppmärksamrats. Det är framför allt riskerna på grund av olyckshändelser, materialfel eller bristande kunskap och förutseende hos konstruktörer och driftpersonal vid olika kärnkraftanläggningar, som hittills debatterats. Under senare tid har man emellertid i allt större utsträckning börjat diskutera möjligheterna till och riskerna för avsiktliga åtgärder i syfte att åstadkomma radioaktiva utsläpp eller framkalla hot därom. I detta sammanhang kommer sabotage, stöld och terrorhandlingar i blickpunkten. Dessa risker har i och för sig funnits ända sedan kärnkraften började utnyttjas, men först nu har man funnit anledning att på allvar aktualisera problemen.

Terrorism i olika former har funnits länge och utnyttjas som påtryckningsmedel för olika ändamål. Den har dock tidigare oftast haft sitt ursprung i nationella företeelser och dess verkningar har sällan berört större geografiska områden. Vårt eget land var länge helt befriat från internationella terrorhandlingar av allvarigare slag.

Terrorismen har emellertid på ett påtagligt sätt spritts internationellt och kan nu förekomma över hela världen. Det är svårt att bedöma riskerna för att internationella terrororganisationer skulle vara beredda att utnyttja kärnkraften för sina syften. Sådana handlingar kan dock inte uteslutas. I första hand kan man räkna med dels hot om sprängning, sabotage eller dylikt vid kärnkraftanläggningar för att t. ex. sprida radioaktivitet, dels tillgrepp av strategiskt klyvbart material i syfte att tillverka bomber.

Det svenska kärnkraftsprogrammet befinner sig fortfarande i ett ganska tidigt skede. Erfarenheter föreligger ännu inte t. ex. i fråga om effekterna av skydd mot sabotage, stöld och terror.

Det fysiska skyddet är tämligen likartat och oberoende av vilken slags anläggning eller vilka objekt, som skall skyddas. Den allmänna kunskapen om och erfarenheten av säkerhetsskydd, som idag finns inom många svenska företag, t. ex. kraftindustrin, och inom rikspolisstyrelsen utgör emellertid en mycket god grund att stå på. Eftersom det är möjligt att dessutom utnyttja utländska erfarenheter föreligger det goda förutsättningar att bemästra de här aktuella säkerhetsproblemen vid olika slag av kärnkraftanläggningar.

Statens kärnkraftinspektion har till uppgift tillse att det fysiska skyddet vid kärnkraftverk är tillfredsställande.

3.10.5 *Krigsskydd*

För bedömning av krigsskyddsaspekter har utredningen inhämtat synpunkter från försvarsstaben. Av dessa framgår att det svenska försvaret från sina utgångspunkter ej har motsatt sig den hittills utbyggda och nu planerade kärnkraftutbyggnaden i landet. Genom att en stor del av elproduktionen koncentrerats till ett fåtal platser föreligger emellertid risk för att en angripare kommer att bekämpa kärnkraftverken. Motiven för en sådan bekämpning är främst antingen att störa eller slå ut elproduktionen. I viss utsträckning kan det även vara fråga om att sprida radioaktivitet. Med en lämplig lokalisering av anläggningen jämte vissa skydds- och beredskapsåtgärder bedöms dock effekten bli låg då spridningen endast torde omfatta en förhållandevis begränsad yta.

Från försvarssynpunkt är det önskvärt med inlandslokaliseringar av såväl kärnkraftverk som kärnkraftanknutna verksamheter. Om dessa av olika skäl förläggs vid kusten bör emellertid operativt känsliga områden undvikas. Det kan ibland vara nödvändigt att förlägga vissa verksamheter i berg för att få erforderligt skydd mot krigshandlingar.

I en krigssituation föreligger risk för att transporter av klyvbart material utsätts för bekämpning varför sådana transporter bör inställas. Den förvarningstid som kan komma att ges före ett krigsutbrott bör utnyttjas så långt möjligt för att minska riskmomenten vid hantering av använt kärnbränsle.

Vissa åtgärder av skyddskaraktär bör forceras så att de om möjligt är genomförda före krigsutbrott. Så bör exempelvis kärnkraftverkens förvaringsbassänger tömmas där detta är möjligt och bränsleelementen överföras till ur krigssynpunkt säkra lagringsbassänger. För detta behövs en stor transportorganisation med överkapacitet av transportflaskor. En avställning av anläggningarna ovan jord och tömning av produkter bör också kunna genomföras. Riskerna i krigstid vid transport av fast högaktivt avfall bedöms vara jämförbara med riskerna vid transport av använt bränsle. Sådana transporter bör således inte heller utföras.

3.11 Forskning och utveckling

I de enskilda kärnkraftländerna och inom internationella samarbetsorganisationer på kärnenergiområdet har en markant ökning skett de senaste åren av insatser för forskning, utveckling och demonstration av en tillfredsställande hantering och förvaring av använt bränsle och radioaktivt avfall. Bakgrunden är dels ökade krav på bevis för en acceptabel säkerhet i den totala hanteringen av bränsle och avfall, dels den avsevärt ökade andel av de totala kostnaderna i kärnbränslets kretslopp som nu representeras av kretsloppets slutsteg, från upparbetning av bränsle till slutförvaring av avfallet.

Som framgår av en mer detaljerad redogörelse om utländska FoU-arbeten i del II av huvudbetänkandet pågår omfattande utvecklingsarbeten på

avfallsområdet i många länder. Insatserna avser bland annat processer och hanteringssystem för att överföra flytande avfall i fast, stabil form, som är lämpad för en säker slutförvaring. Geologiskt inriktade utvecklingsarbeten för utformning och krav på förvaringsanläggningar i berg är en annan mycket viktig del av pågående arbeten. Inom de internationella organisationerna pågår också ett omfattande samarbete vars syfte är att dels sprida information om nationella forskningsresultat, dels få till stånd enhetliga regler för hantering och förvaring. Bland de internationella organisationer i vars arbete Sverige deltar kan främst nämnas FN:s atomenergiorgan IAEA, OECD:s kärnenergiorgan NEA, internationella strålskyddskommissionen ICRP, FN:s vetenskapliga strålningskommitté UNSCEAR och det internationella energioorganet IEA. Även i det nordiska samarbetet uppmärksammas dessa frågor bland annat genom det nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor NKA.

3.11.1 *Insatser i Sverige*

Under år 1972 tillsattes en delegation för forskning om kärnkraftens säkerhets- och miljöfrågor (Kärnsäkforsk). Delegationens uppgift var att planera och leda utvecklingsarbeten för kraftreaktorers, främst lättvattenreaktorers, säkerhet och inverkan på miljön genom radioaktiva utsläpp. Frågor om behandling och förvaring av högaktivt avfall från upparbetning av använt kärnbränsle ingick inte i delegationens verksamhet. Vattenfall, OKG och Sydkraft åtog sig att gemensamt finansiera utvecklingsprojekt under åren 1973 och 1974 inom en kostnadsram av 12 milj. kr. För projekt som påbörjades under 1975 ställdes ytterligare 8 milj. kr. till delegationens förfogande.

För utvecklingsarbeten om låg- och medelaktivt avfall har Kärnsäkforsk beviljat cirka 1 miljon kronor. Projekten har i huvudsak berört frågor kring reaktordrift såsom hantering av halvflytande avfall och omhändertagande av förbrukade hårdkomponenter med hög inducerad aktivitet. Andra projekt omfattar bl. a. förbränningsanläggningar, möjlighet att gräva ner radioaktivt avfall i mark samt att utveckla mätteknik för bestämning av aktivitetssinnehåll i fast lågaktivt avfall. Flera arbetsuppgifter är föremål för nordiskt samarbete.

Kärnsäkforsk har dessutom beställt projekt för 2,5 milj. kr. inom det radioekologiska området som avser risker med radioaktivt avfall och plutonium. Projekten utförs vid AB Atomenergi, försvarets forskningsanstalt och lantbrukshögskolan.

I skrivelse av den 4 december 1975 beslöt regeringen att Kärnsäkforsk skulle upphöra med sin verksamhet med utgången av år 1975. Ansvaret för det forsknings- och utvecklingsarbete som delegationen beslutat under tiden 1 januari 1973–31 december 1975 överfördes samtidigt till statens kärnkraftinspektion respektive nämnden för energiproduktionsforskning. Kärnkraftinspektionen övertog därvid ansvaret för den del av programmet som avser bl. a. hantering av radioaktivt avfall, medan nämnden för energiproduktionsforskning övertog ansvaret för insatser som avser kärnkraftens inverkan på miljön i avvaktan på omorganisatio-

nen vid strålskyddsinstitutet. Enligt proposition 1975/76:123 om strålskyddsinstitutets framtida organisation och arbetsuppgifter skall institutet överta detta ansvar från 1 juli 1976. SSI föreslås vidare få 2 milj. kr. för budgetåret 1976/77 för forskning om kärnkraftens strålskyddsfrågor.

För att ett FoU-program för högaktivt avfall skulle kunna påbörjas utan fördröjning beslöt kraftindustrin att genom sitt gemensamt ägda bolag Svensk Kärnbränsleförsörjning AB (SKBF) finansiera vissa insatser vid AB Atomenergi. Programmet påbörjades den 1 mars 1975 och omfattar studier av metoder för behandling och karakterisering av högaktivt avfall från upparbetning samt riskanalys av olika led vid transport, behandling och förvaring.

AB Atomenergi gör dessutom vissa insatser inom området med ordinarie statsanslag. Bl. a. följs verksamheten vid Eurochemic genom placering av personal där. Styrelsen för teknisk utveckling (STU) och statens råd för atomforskning (AFR) har finansierat forskning på avfallsområdet vid de tekniska högskolorna i Stockholm och Göteborg samt vid Lunds universitet. Insatserna ägnas en utvecklad behandling och inkapsling av det högaktiva avfallet med delvis nya metoder. AFR finansierar dessutom insatser för radiobiologi, radioekologi och strålskydd vid olika forskningsinstitutioner i landet.

Under hösten 1975 uppdrog Aka-utredningen åt AB Atomenergi och Svensk Kärnbränsleförsörjning AB att upprätta ett gemensamt förslag till FoU-program för kärnkraftens radioaktiva avfall. Förslaget behandlades vid kommitténs sammanträden i september och oktober 1975. En komplettering på det radioekologiska området förutsattes. Programförslaget jämte en särskild skrivelse översändes till industriministern. I skrivelsen framhölls vikten av att kontinuiteten i pågående utvecklingsarbeten upprätthålls. Vi förordade därför att ett ansvarigt programråd eller organ skulle inrättas med uppgift att inrikta och följa upp pågående och ytterligare erforderligt utvecklingsarbete om kärnkraftens radioaktiva avfall.

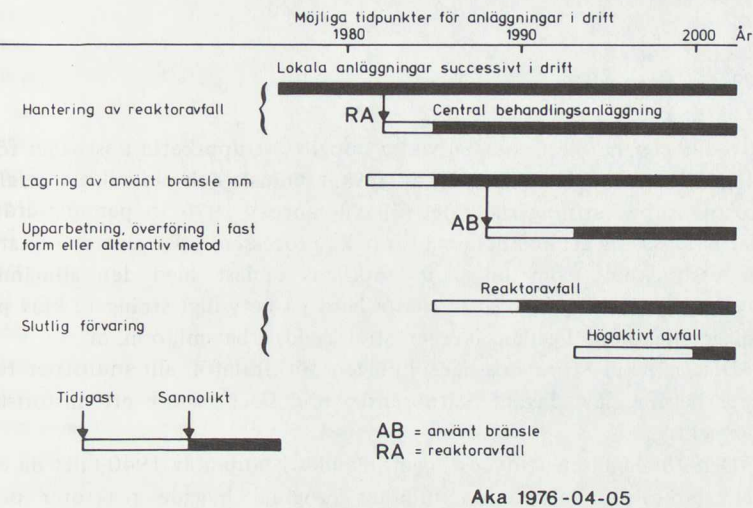
Det föreslagna rådet borde fungera som en tillfällig lösning intill dess ställning har tagits till organisationsformen på lång sikt på grundval av bl. a. Aka-utredningens kommande förslag. Det borde vidare stå självständigt gentemot kärnkraftindustrin men arbeta i nära kontakt med denna. Kostnaden för verksamheten borde bäras av kärnkraftföretagen.

Regeringen tillsatte ett programråd för radioaktivt avfall i november 1975. Regeringens riktlinjer för rådet överensstämmer i huvudsak med Aka-utredningens förslag. Bland annat skall rådet bedriva sitt arbete med utgångspunkt från vårt förslag till program för hantering av reaktoravfall och använt kärnbränsle. Programmet som är nära kopplat till framtida anläggningar indelas i följande fem delprogram.

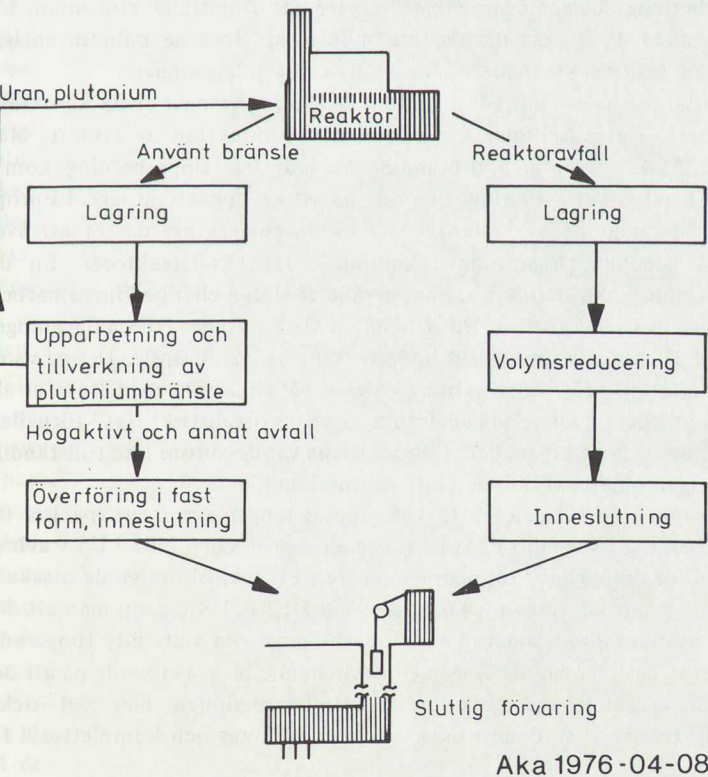
- Hantering av reaktoravfall
- Lagring av använt bränsle och reaktorkomponenter
- Upparbetning och överföring av högaktivt avfall i fast form samt alternativ metod till upparbetning

- Slutlig förvaring av radioaktivt avfall
- Internationellt samarbete och övriga stödjande uppgifter av FoU-karaktär

För de tekniska delprogrammen anges tidsschema i figur 3.20 och riktlinjer för hantering av använt bränsle och radioaktivt avfall i figur 3.21.



Figur 3.20 Förslag till tidsschema för svenskt utvecklingsarbete i fråga om använt kärnbränsle och reaktoravfall.



Figur 3.21 Riktlinjer för hantering av använt kärnbränsle och reaktoravfall

För år 1976 har kärnkraftföretagen beslutat att genom SKBF finansiera en programbudget på upp till 9 milj. kr. För år 1977 förutser SKBF en motsvarande budget på 12 milj. kr.

Programrådet har hittills under 1976 lagt ut beställningar efter mer detaljerade förslag för de olika delprogrammen. Insatser kommer att göras av bl. a. kraftföretagen, industrin, Sveriges geologiska undersökning, SKBF och AB Atomenergi.

3.12 Kostnader

Utredningen har sett som en viktig uppgift att uppskatta kostnader för olika processer för behandling av använt bränsle och radioaktivt avfall. Kostnadsuppskattningarna i det följande anges i 1976 års penningvärde. Det har visat sig att kostnaderna för olika processer under senare år ökat i en utsträckning som inte kan förklaras endast med den allmänna kostnadsstegringen utan även måste bero på betydligt strängare krav på anläggningarna vad gäller säkerhet, strålskydd, arbetsmiljö m. m.

Den mycket stora kostnadsökningen för framför allt industrier för upparbetning av använt kärnbränsle bör dock ses i ett historiskt perspektiv.

Den första fasen i utvecklingen inleddes i början av 1940-talet då en del stater som ett led i militära program byggde reaktorer och upparbetningsanläggningar enbart i syfte att framställa plutonium för vapenändamål. Det är därför inte möjligt att från de militära anläggningarna bedöma kostnaderna för senare civila anläggningar.

Den andra fasen började i mitten av 1950-talet med civila kärnkraftreaktorer. Det väsentliga var ekonomisk produktion av elkraft. Man eftersträvade nu en hög utbränning av bränslet. Upparbetning kom i andra hand vilket till en del berodde på att uranpriset var lågt. I Europa anpassade man de av staten ägda militära anläggningarna för att även kunna behandla högutbränt oxidbränsle från kraftreaktorer. En del försöksanläggningar tillkom, finansierade av staten eller genom samarbete mellan olika länder, t. ex. Eurochemic. I USA byggdes NFS-anläggningen avsedd att pröva kommersiell upparbetning av oxidbränsle. Det pris som kontrakterades för upparbetning i dessa på olika sätt med framför allt statliga medel understödda anläggningar sattes orealistiskt lågt i förhållande till de verkliga kostnaderna. Processerna var dessutom inte fullständiga främst genom att avfallsdelen inte var inräknad.

I början av 1970-talet förbyttes uppfattningen om överkapacitet för upparbetning i sin motsats. Flera orsaker samverkade. NFS i USA avbröt driften för ombyggnad till högre kapacitet. Ett tekniskt missöde orsakade bortfall av produktionen i Windscale. Vid MFRP, USA, fann man att den mera ovanliga processmetod för upparbetning som valts inte fungerade. I Europa beslöt man att lägga ned Eurochemic bl. a. beroende på att den låga kapaciteten var oekonomisk. Under perioden blev det också uppenbart att vissa delprocesser måste modifieras och kompletteras för

att upparbetning av använt bränsle med hög utbränning skulle gå att genomföra rutinmässigt med erforderlig kapacitet.

Sedan några år tillbaka kan man skönja en fjärde fas i utvecklingen. I denna fas värderas upparbetning som en metod att behandla använt bränsle för en tillfredsställande behandling och slutförvaring av radioaktivt avfall. Upparbetning får därför ses som en följdverksamhet till kärnkraften utan renodlat ekonomiska avvägningar för eller emot återföring av uran och plutonium. Det anses också naturligt att samtliga med bränslegången förknippade kostnader skall belasta priset för kärnenergi och betalas av konsumenten.

Det finns många anledningar till att en anläggning för upparbetning som man idag bygger eller planerar kostar mångdubbelt mer än de som uppfördes på ett tidigt stadium. För maximalt säker drift har tidigare bestämmelser alltmer skärpts och nya krav fortlöpande tillkommit. Man kräver nu vid tillståndsgivning för en anläggning mycket långtgående garantier för säkerheten under drift både i system och detaljer. Det gäller till exempel krav på minskade utsläpp av radioaktivt avfall till vatten och luft, säkrare förvaring av flytande avfall och ökat skydd mot yttre påverkan som orkaner, flyghaverier eller sabotage. Det ställs också allt hårdare krav på kontroll och redovisning av klyvbart material. För avfallets slutliga form och förvaring saknas klara riktlinjer och det medför att tillfälliga förråd för avfall måste byggas och underhållas.

Även den ökade utbränningen av bränslet har orsakat kostnadsökningar vid upparbetning. Det är främst de första högaktiva processdelarna, sönderdelning av bränsleelement, upplösning och första extraktionssteget som krävt modifieringar och kompletteringar. Även om mekaniska kapmaskiner för bränsleelement finns på marknaden kräver denna utrustning ett komplicerat underhållsarbete. Man räknar med att både dubbla kapningsmaskinerna och överdimensionera dem för att vara säkra på viss produktion även vid fel i något av systemen. Av samma anledning har andra högaktiva processteg delats upp i parallella linjer både med överkapacitet och med väl tilltagna mellanlager. Den ökade mängden plutonium i bränsle med hög utbränning ställer särskilda krav på processer och apparatur. Hantering av plutonium i större skala har blivit dyrare än beräknat.

Starkt bidragande till de ökade kostnaderna har varit att utbyggnaden av upparbetningsanläggningar försenats kraftigt av olika anledningar. Förutom ökade kapitalkostnader har det blivit nödvändigt att till dess upparbetningen kommer igång investera stora belopp i extra förvaringsbassänger för lagring av använt bränsle. Detta gäller även för Sverige.

Industrin för upparbetning av bränsle från lättvattenreaktorer kan ännu inte ge tillräckligt underlag för kostnadsberäkningar, eftersom ingen komplett anläggning byggd på kommersiell bas ännu tagits i drift. Man kan idag ungefärligen ange vad själva upparbetningen och därmed direkt förenade verksamheter kommer att kosta. Mera osäker är grunden för bedömning av kostnaden för avfallsdelen som kräver praktiska prov och inte minst fastställande av normer.

I del II av betänkandet redovisas nu tillgängliga värden på kostnader

för upparbeitungsanläggningar som uppförts eller planeras i olika länder.

Investeringskostnaderna för de senaste anläggningarna är mest intressanta därför att dessa omfattar en mera fullständig verksamhet. Den amerikanska anläggningen i Barnwell för 1 500 ton uran anges komma att kosta 500–600 miljoner dollar. För den planerade och ännu mera fullständiga västtyska KEWA-anläggningen med samma kapacitet uppskattar man nu kostnaden till 2 500 milj. DM.

Med det underlag som idag är tillgängligt kan investeringskostnaderna för en fullständig svensk upparbeitungsanläggning för 800 ton per år uppskattas till 4 000 milj. kr. vilken summa kan delas upp på följande sätt.

– Extra förvaringsbassänger för använt bränsle	400 milj. kr.
– Upparbeitungsanläggning inkl. transportsystem	3 000 milj. kr.
– Kompletterande anläggningar för slutlig behandling av avfall	100 milj. kr.
– Anläggning för slutlig förvaring av aktivt avfall	500 milj. kr.

Kostnaderna för att driva ett sådant system för upparbetning med tillhörande verksamheter har uppskattats till omkring 850 milj. kr. per år. Denna summa omfattar då samtliga kapital- och driftkostnader, inklusive kontroll av klyvbart material och en framtida nedläggning. Under ett år har systemet under full drift kunnat upparbeta 800 ton använt bränsle. Under dessa förutsättningar kommer upparbetning att kosta 1 060 kr. per kg uran. I kärnkraftverken har bränslet levererat omkring 185 000 milj. kWh vilket betyder en kostnad för upparbetning av 0,46 öre per kWh. Värdet på de tillvaratagna produkterna uran och plutonium vid upparbetningen har då inte räknats in. Enligt en västtysk uppskattning från januari 1976 kan värdet bedömas vara ca 915 kr. per kg uran i det använda bränslet. Siffran grundar sig på ett värde för inbesparing av natururan motsvarande 815 kr. per kg och en vinst i anrikningsarbete genom plutoniumberikning på 390 kr. per kg uran. Från detta är avdraget 290 kr. per kg uran som motsvarar en fördyring vid tillverkning av nya bränsleelement berikade med plutonium jämfört med vanligt anrikat uran. Det värde man kan tillgodogöra sig för en 800 tons anläggning motsvarar då ca 730 milj. kr. per år eller nära nog årskostnaden för upparbetning.

Eventuella alternativ till upparbetning av använt kärnbränsle kommer också att medföra kostnader. Hur stora dessa kommer att bli är svårt att uppskatta emedan varken metoder eller teknik är utvecklade.

Man kan anta att ett system för slutlig förvaring av använt bränsle utan upparbetning knappast hinner utvecklas tidigare än de metoder som man nu arbetar med för det högaktiva avfallet och avfall med transuraner. Man håller för troligt att sådana metoder kan praktiseras om 15–20 år dvs. omkring år 1995. Under förutsättning att man vid samma tid löst tekniken för slutlig förvaring av använt bränsle utan upparbetning kan kostnaderna för de anläggningar som behövs mycket schematiskt uppskattas till mellan 1 700 och 2 400 milj. kr. Denna summa kan delas upp på följande sätt

- Extra förvaringsbassänger för använt bränsle (ca 3 500 ton uran från 13 reaktorer år 1995) inkl. transport-system	900 milj. kr.
- Anläggning för inneslutning av bränsleelement och behandling av reaktoravfall	300–1 000 milj. kr
- Anläggning för slutlig förvaring av inkapslade bränsleelement och annat avfall	500 milj. kr.

I mycket grova drag skulle på detta sätt anläggningskostnaderna för slutlig förvaring av använt bränsle utan upparbetning vara omkring hälften av vad anläggningar för upparbetning och förvaring kostar.

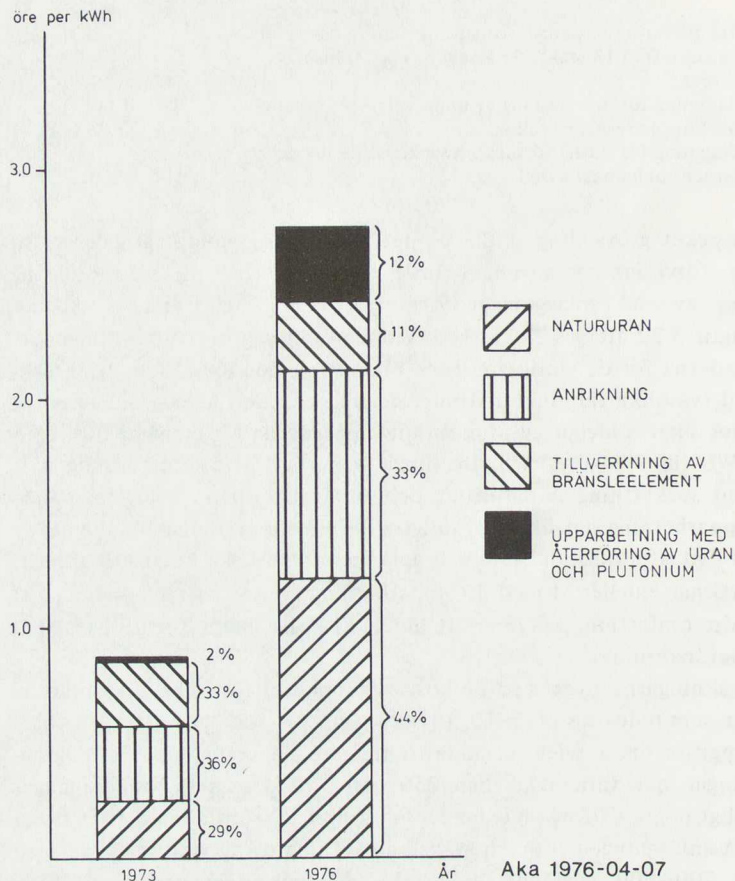
I figur 3.22 återges en västtysk sammanställning över utvecklingen av kostnaderna för de viktigaste leden i bränslegången för en lättvattenreaktor vid två olika tidpunkter. Under de tre sista åren har kostnaderna för bränslet ökat andelen av produktionskostnaderna för elenergi från 0,88 öre/kWh till 2,74 öre/kWh. De tunga posterna i bränsleförsörjningen är alltså anskaffning av natururan och anrikningsarbete. Även kostnaden för upparbetning har ökat betydligt allteftersom systemet för upparbetning blivit allt fullständigare och gett mera realistiska kostnadskalkyler. Man räknar emellertid med att upparbetning även fortsättningsvis endast i mindre omfattning kommer att bidra till kostnaderna för kärnkraftens bränsleförsörjning.

Beräkningarna bygger på de kostnadsuppgifter för olika led i bränslegången som redovisas i tabell 3.4.

Uppgifter om antalet anställda vid tidigare planerade upparbetningsanläggningar har varierat mellan 250 och 400 personer. Numera anges betydligt högre siffror, till exempel omkring 1 000 anställda vid den tyska KEWA-anläggningen. För en svensk anläggning torde man få räkna med minst 700–800 anställda inom alla de funktioner som ingår i en fullständig verksamhet för upparbetning. Indirekt kommer ytterligare ett stort antal personer att beröras av verksamheten. Av de direkt anställda utgör en mindre del högt kvalificerade specialister medan huvuddelen av personalen kan förutses få utbildning och träning för sina arbetsuppgifter genom tillrättalagd utbildningsverksamhet på platsen. Under byggnadstiden kommer det att krävas ungefär lika många byggnadsarbetare som vid uppförandet av ett kärnkraftaggregat. Byggnadstiden för en upparbetningsanläggning kommer dock att bli längre än för ett aggregat.

Tabell 3.4 Kostnaderna för olika led i kärnbränslegången åren 1973 och 1976 enligt en västtysk sammanställning

	Kr. per kg uran år	
	1973	1976
Natururan	71	354
Anrikningsarbete	144	405
Bränsleelementtillverkning	425	578
Upparbetning	272	> 850



Figur 3.22 Kostnaderna för försörjning av bränsle till lättvattenreaktorer år 1973 och 1976 enligt en västtysk sammanställning

3.13 Svenska myndigheter och lagar

Enligt departementsstadgan ansvarar industridepartementet för ärenden om bl. a. energiförsörjning. För de frågor som rör internationell kontroll av klyvbart material spelar utrikesdepartementet en central roll. Statens kärnkraftinspektion, SKI handlägger viktiga delar av kärnkraftens säkerhetsfrågor. SKI är central förvaltningsmyndighet enligt atomenergilagen och atomansvarighetslagen och har till uppgift att

- vara tillsynsmyndighet enligt atomenergilagen
- som central förvaltningsmyndighet följa utvecklingen på kärnenergiområdet särskilt beträffande säkerhetsfrågor
- fullgöra uppgifter enligt kungörelsen med förordnande enligt atomansvarighetslagen
- handha sådana uppgifter med avseende på kontroll av atområbränsle och särskilt klyvbart material som följer av Sveriges internationella åtaganden

— pröva behovet av forskning och utveckling rörande säkerhet hos kärntekniska anläggningar och vid transport av klyvbart material och ta initiativ till sådan forskning och utveckling som rör säkerheten hos de kärntekniska anläggningar för vilka koncession har beviljats eller ansökan ingivits, i den mån sådana uppgifter inte ankommer på annan myndighet.

Det övergripande målet för kärnkraftinspektionens verksamhet är att främja den tekniska säkerheten i kärnenergianläggningar och vid hanteringen av klyvbara material. Inspektionens verksamhet finansieras med avgifter från kärnkraftföretagen. Avgifterna avses medföra full kostnads-täckning.

I regeringens tillstånd för ett kärnkraftverk ingår bl. a. villkoret att statens kärnkraftinspektion skall ge de föreskrifter för konstruktion, byggande och drift som erfordras för säkerheten. Tillstånd för en kärnkraftanläggning prövas alltid också enligt strålskyddslagen, miljöskyddslagen och byggnadslagen.

De delar av kärnkraftens säkerhetsfrågor som berör strålskyddet handlägger statens strålskyddsinstitut som sedan 1 januari 1976 hör till jordbruksdepartementet. Statens strålskyddsinstitut är strålskyddsmyndighet enligt strålskyddslagen. I den egenskapen är institutet central förvaltningsmyndighet för ärenden om skydd mot joniserande strålning.

Enligt instruktionen åligger det strålskyddsinstitutet särskilt att skaffa sig noggrann kännedom om de risker som är förenade med joniserande strålning och med uppmärksamhet följa utvecklingen inom de biologiska strålningsverksamheternas och strålningsfysikens områden. Det åligger vidare institutet att bedriva forskning som är nödvändig för institutets verksamhet och att samordna olika strålskyddsintressen i landet. Institutet skall vidare sprida upplysning om faror och olägenheter som kan orsakas av joniserande strålning.

Regeringen uppdrog 1974 åt statskontoret att göra en översyn av statens strålskyddsinstituts arbetsuppgifter och organisation. Genom tilläggsdirektiv 1975 inkluderades i översynsuppdraget även frågan om tillsynen av användningen av icke-joniserande strålning.

Enligt proposition 1976/76:123 skall statens strålskyddsinstitut delvis omorganiseras och ges ökade resurser. Särskilda medel anvisas för forskning inom strålskyddsområdet och ändringarna skall vara genomförda den 1 juli 1976.

En rådgivande forskningsnämnd kommer att ingå i institutets organisation. Denna skall ha till uppgift att ta fram forskningsprogram, bedöma projekt och i övrigt planera och följa upp den forskning som institutet ansvarar för.

Den strålskyddsforskning som har anknytning till drift av kärnkraftverk föreslås finansieras genom avgifter som tas ut av kärnkraftföretagen i likhet med säkerhetsforskningen rörande reaktorerna. För övrig strålskyddsforskning skall medel anvisas över statsbudgeten.

Strålskyddslagstiftningen reglerar skyddet mot joniserande strålning vid radiologiskt arbete. Arbetarskyddslagen efter vilken arbetarskydds-

verket utövar tillsyn är tillämplig på arbete som omfattas av tillsyn enligt strålskyddslagen endast i vad angår skydd mot annan skada än sådan som orsakas av joniserande strålning.

Strålskyddslagen kan uppfattas som en del av arbetarskyddslagstiftningen. Ett nära samarbete förekommer därför mellan strålskyddsinstitutionen och arbetarskyddsstyrelsen framför allt i fråga om de båda verkens föreskrifter och anvisningar om skyddsåtgärder för personal. Ett nära samarbete sker även med statens kärnkraftinspektion i frågor som rör konstruktionsmässiga krav på kärnkraftverken.

Strålskyddet bör ses som en av förutsättningarna för en god arbetsmiljö i likhet med skydd mot värme, buller och stress. Arbetsmiljöutredningen har i sitt betänkande belyst dessa frågor.

4 Överväganden och förslag

4.1 Allmänna utgångspunkter

Utredningen har satt upp vissa mål för såväl inriktningen av utredningsarbetet som utformningen av överväganden och förslag. Till dessa hör det centrala kravet att alla steg i hanteringskedjan för använt kärnbränsle och radioaktivt avfall måste utformas med hänsyn till skyddet av människan och hennes omgivning nu och i framtiden. Detta mål liksom kravet att säkerhetsfrågorna i samband med hantering, transport och förvaring måste tillmätas en avgörande betydelse redovisades redan i utredningens första lägesrapport (Ds I 1974:6).

Utredningens uppgift har inte varit att utveckla en ny teknik. Uppgiften har huvudsakligen gällt att studera och bedöma de möjligheter tillgänglig teknik erbjuder och med utgångspunkt härifrån presentera konkreta förslag anpassade till svenska förhållanden.

Mot denna bakgrund och med ledning av erfarenheter från utlandet har vi så grundligt det varit möjligt sökt redovisa hur den redan vid utredningens tillkomst kända tekniken utvecklats och förbättrats. Redogörelsen visar att redan dagens teknik erbjuder tillfredsställande möjligheter att hantera och förvara använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Det breda FoU-arbete, som pågår i världen kommer att ytterligare öka kunskaperna och därmed säkerheten i hanteringen.

Inom några delområden där tillgängligt material varit svårbedömt eller otillräckligt har speciella utredningar utförts. Ett sådant område omfattar hanteringen och användningen av plutonium från högutbränt kärnbränsle. Utredningen har därför särskilt studerat möjligheterna att återföra plutonium i lättvattenreaktorer.

Sammansättningen av avfallet är ett annat viktigt område inom vilket vi låtit utföra egna arbeten. En detaljerad kännedom om denna sammansättning är en nödvändig förutsättning för förslag om hantering och förvaring av radioaktivt avfall. Utredningen har vidare tagit initiativ till omfattande geologiska studier av förutsättningarna att i urberg slutligt förvara högaktivt avfall. Undersökningar av mätmetoder har därvid utförts i ett gnejsområde i Västerbotten.

Det har inte ingått i utredningens uppdrag att jämföra hälso- och miljörisker vid hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall med motsvarande risker vid andra typer av energiproduktion. Regeringen har

dock tillsatt en särskild utredning för att belysa hälso- och miljörisker vid olika slag av energiproduktion, inklusive kärnkraften. Jämförande riskbedömningar avses utgöra en del av utredningsarbetet, som skall avslutas sommaren 1977.

4.2 Hantering av använt kärnbränsle

4.2.1 Lagring av använt kärnbränsle

Den otillräckliga upparbetningskapaciteten gör att länder med kärnkraft nu ser över behoven av lagringsutrymmen för använt kärnbränsle. På vår anmodan lämnade kärnkraftföretagen år 1975 uppgifter om vilket utrymme de hade och planerade för lagring av använt bränsle. I början av år 1976 har SKBF redovisat det aktuella läget. Av redogörelserna framgår att förutsättningarna för lagring av använt bränsle varierar mellan kraftverken. Gemensamt för de svenska kärnkraftverken är att bassängerna vid reaktorerna har byggts så stora att de kan rymma dels hela bränsleharden om den av någon anledning måste tas ur reaktorn, dels ett till tre års uttag av använt bränsle. Ett års uttag motsvarar 20–30 % av harden. Därutöver har kraftföretagen vissa möjligheter att med begränsade investeringar möta det ökade lagringsbehovet.

Om kraftföretagen utnyttjar dessa möjligheter och om använt kärnbränsle framgent inte kan sändas till upparbetning i utlandet kommer bassängutrymmena vid kärnkraftverken att vara fullbelagda i början av 1980-talet. Lagringsutrymmena är således otillräckliga, särskilt mot bakgrund av att nuvarande lagringsutrymmen i utlandet nästan är fyllda.

Vi anser att en central anläggning för lagring av använt kärnbränsle behövs i landet. Den centrala anläggningen bör kunna tas i bruk senast år 1982 och planeras så att den kan byggas ut i etapper. Byggnadstiden inklusive projektarbete och montage beräknar Svensk Kärnbränslefförsörjning AB, SKBF, till omkring tre år.

SKBF har låtit utföra en studie över lagring av använt kärnbränsle i Förenta Staterna. Såväl denna studie som den information som utredningen fått i samband med besök vid amerikanska, ryska och svenska kärnkraftverk samt information om forskning i Studsvik visar att använt kärnbränsle med nuvarande teknik för bassängförvaring kan lagras på ett säkert sätt åtminstone tio till femton år.

Vi anser att möjligheten bör undersökas att förlägga ett centralt lager till ett av våra nuvarande kärnkraftverk, i första hand Forsmark eller Simpevarp. Underlag för slutgiltigt beslut om att bygga ett centrallager håller på att utarbetas inom programrådet för radioaktivt avfall.

4.2.2 Transport av använt bränsle

Det är enligt vår mening nödvändigt att de svenska kraftföretagen snarast säkrar tillgång till ett transportsystem för använt kärnbränsle. Transport-

behållare behövs för frakter mellan kärnkraftverk och upparbetningsanläggning, inom kraftverken samt mellan kraftverken och ett centralt lager för använt kärnbränsle.

I Västeuropa finns sedan år 1973 ett företag som har specialiserat sig på transporter av kärnbränsle, Nuclear Transport Limited, NTL. Bolaget har brittiska, franska och västtyska delägare och har i det närmaste monopol på transporter av använt kärnbränsle i Västeuropa.

Enligt vad utredningen erfarit kommer det att råda brist på transportflaskor i Europa under de närmaste åren. SKBF beräknar att det tar 2–3 år att tillverka en transportflaska. Kostnaden för en större flaska uppgår till omkring 7 milj. kr. För att snabbt kunna tillverka sådana behållare i Sverige behövs tillgång till ritningar, patent och licenser av skilda slag.

I flera länder bland annat Förenta Staterna och Västtyskland planerar man att så långt möjligt undvika transporter på landsväg av använt kärnbränsle. I Sovjetunionen fraktas det för närvarande på järnväg. Fordon och laster är mycket tunga och kan väga över 100 ton. Transporter på järnväg och båt innebär flera fördelar ur säkerhetssynpunkt. Mot denna bakgrund föreslår vi att använt svenskt kärnbränsle och sådant radioaktivt avfall, som kräver tunga, strålskyddande anordningar så långt möjligt fraktas på järnväg eller båt.

Vid sjötransporter av använt kärnbränsle är flera myndigheter berörda bland annat kärnkraftinspektionen, strålskyddsinstitutet, sjöfartsverket och länsstyrelsen. Vi anser det vara viktigt att de olika myndigheternas åtgärder i samband med transporter samordnas så långt det är möjligt.

4.3 Upparbetning av använt kärnbränsle

Det bränsle som tas ur reaktorerna innehåller uran, plutonium och klyvningsprodukter. En viktig utgångspunkt för utredningen har varit att betrakta använt kärnbränsle som en energiresurs och inte som ett avfall. Återanvändning av resturan och plutonium innebär en bättre hushållning med jordens energitillgångar.

Mot denna bakgrund vill vi i första hand förorda ett handlingsprogram som siktar till att det använda kärnbränslet från de svenska kärnkraftverken upparbetas och att det utvunna uranet och plutoniet på nytt används som kärnbränsle. Upparbetning är emellertid inte en absolut förutsättning för kärnkraften i Sverige och dess ekonomi beror bland annat på uranpriset. Vi har därför också beaktat möjligheten att det använda bränslet uteslutande betraktas som avfall vilket innebär att energiinnehållet hos resturan och plutonium inte tas tillvara.

4.3.1 Upparbetning i Sverige

De svenska kärnkraftföretagen har hittills varit inställda på att få sitt använda kärnbränsle upparbetat utomlands. I dagsläget är det emellertid ovisst om förutsättningarna för köp av upparbetningstjänster i Väst-

europa under de närmaste årtiondena. Inte heller torde det för närvarande vara möjligt att sluta avtal om upparbetning med USA, Sovjetunionen eller Japan, länder, där upparbetningsanläggningar för högutbränt lättvattenreaktorbränsle planeras eller uppförs. Den kapacitet som nu byggs ut bedöms totalt sett otillräcklig under betydande tid framöver.

Mot denna bakgrund måste utredningen utgå från alternativet att vi i fråga om hantering av använt kärnbränsle under lång tid inte kan påräkna upparbetning utomlands. Som tidigare nämnts tar det 10–13 år från förstudier av en upparbetningsanläggning fram till drift med full kapacitet. Detta betyder att en svensk anläggning kan stå klar tidigast år 1990. Med hänsyn till kravet på en tillfredsställande svensk beredskap för hantering av använt kärnbränsle anser vi att de förstudier, som inletts bör fortsätta, så att förprojektering av en svensk upparbetningsanläggning kan påbörjas snarast. Förprojekteringen beräknas ta ca fyra år. Vid tidpunkten för ett definitivt beslut, dvs. i början av 1980-talet, bör det föreligga erfarenheter från några års drift i industriell skala vid utländska upparbetningsanläggningar. Vidare finns då resultat från de omfattande FoU-arbeten, som nu pågår i olika länder och som utredningen också föreslår skall sättas igång i Sverige.

Utredningen har undersökt förutsättningarna för lokalisering av en upparbetningsanläggning i Sverige. Av studien framgår att det är möjligt att förlägga en sådan anläggning till flera olika platser i landet, såväl vid kusterna som i inlandet. Dock talar vissa faktorer, främst transporterna, mot en förläggning till inlandet. Förutsättningen är att berörda kommuner och myndigheter kan godkänna lokaliseringen. Utredningen vill i första hand förorda att en samförläggning med kärnkraftverken i Forsmark eller i Simpsvarp undersöks närmare. Detta förslag stämmer enligt vår bedömning väl överens med riktlinjerna i den fysiska riksplaneringen och regionalpolitiken (prop. 1972:111 och 1975/76:1).

I samband med förberedelser för ett eventuellt femte kärnkraftverk i landet bör det om möjligt väljas ett läge där man även uppfyller kraven för förläggning av en upparbetningsanläggning och en anläggning för slutlig förvaring.

Vilken kapacitet en svensk anläggning för upparbetning bör ha bestäms främst av det årliga uttaget av bränsle och hur stort det befintliga lagret av använt bränsle är när upparbetningsanläggningen kommer i drift. Under 1980-talet kommer använt kärnbränsle att behöva lagras inom landet. Storleken av detta lager beror på hur mycket som kan transporteras till utlandet. Om allt använt kärnbränsle måste lagras från 1980 kommer närmare 3 000 ton använt bränsle att finnas i förvaringsbassänger år 1990. Av betydelse blir dessutom om flera reaktorer skall byggas i landet utöver de 13 som riksdag och regering beslutat. Likaså bör klarläggas om anläggningen bör dimensioneras även för upparbetning av vissa mängder utländskt kärnbränsle. I första hand kan därvid använt bränsle från de nordiska länderna komma i fråga. Utredningen återkommer till frågan om en nordisk anläggning för använt bränsle i avsnitt 4.5.

Som framgår av avsnitt 3.4 talar flera skäl för att en anläggning i

Sverige bör ha en kapacitet om 800 ton per år lämpligen uppdelad på två linjer om vardera 400 ton. En anläggning med denna kapacitet som successivt tas i drift från 1990 kommer under andra hälften av 1990-talet att ha avverkat bränslet från hittills beslutade reaktorer i Sverige.

Det har visat sig innebära stora svårigheter att beräkna kostnaderna för en upparbetningsanläggning i Sverige. Den tillgängliga informationen från utlandet och tidigare svenska förprojekt har visat sig otillräcklig i detta sammanhang. Endast en ny förprojektering direkt anpassad till svenska förhållanden kan ge det erforderliga underlaget. I avsnitt 3.13 och i huvudbetänkandets del II redovisas att kostnaderna för hantering av använt kärnbränsle, upparbetning, avfallsbehandling och slutförvaring kan beräknas uppgå till omkring 0,5 öre per kWh kärnkraft. Värdet av det resturan och det plutonium som man återvunnit har då inte inräknats i kalkylen.

4.3.2 *Annan behandling av använt kärnbränsle*

Ett alternativ till att upparbeta är att behandla bränslet som avfall och inte utvinna vare sig resturan eller plutonium. Då utnyttjar man inte den energiresurs som det använda bränslet utgör. Närmare studier över möjligheterna till direkt slutförvaring av använt kärnbränsle har inte genomförts någonstans i världen. Eftersom denna teknik ännu inte är utvecklad är det omöjligt att beräkna kostnaderna på vanligt sätt. Indirekta jämförelser med kostnader för upparbetning pekar enligt västtyska uppgifter på en kostnadsnivå som ligger vid halva upparbetningskostnaden. Även om vi i första hand förordar upparbetning för använt svenskt kärnbränsle anser vi att studier bör påbörjas i syfte att närmare klarlägga förutsättningarna för icke-upparbetning. I första hand bör studierna inriktas på att följa utvecklingen utomlands. Utredningen bedömer att en teknik där det använda bränslet slutförvaras direkt kan utvecklas. En avgörande nackdel med detta alternativ är att de energiresurser som finns i bränslet inte tas tillvara. En fördel är att plutonium ej avskiljs och förekommer i ren form. Även detta alternativ möjliggör en fortsatt användning av kärnkraft.

4.4 Hantering och användning av plutonium

4.4.1 *Kärnkraftverk*

Fram till år 1985 beräknas omkring 17 ton plutonium sammanlagt ha bildats i bränslet i svenska kärnkraftverk. Det plutonium som avskiljs vid upparbetning skall enligt planerna återföras till nytt bränsle. Tekniken för tillverkning av plutoniumberikat bränsle för lättvattenreaktorer provas nu i relativt stor skala bl. a. i Belgien och Västtyskland. Även AB Atomenergi i Studsvik har tillverkat plutoniumbränsle. Plutoniumberikade bränsleelement har satts in i en av Oskarshamnsverkets reaktorer.

Även Ågestareaktorn använde plutoniumbränsle under längre tid. Erfarenheterna från tillverkning och användning av bränsle med reaktorplutonium, dvs. plutonium som innehåller högre halter plutonium-240 och -241 är dock begränsade ännu så länge.

Utredningen vill betona att en förutsättning för vårt förord för upparbetningsalternativet är att det plutonium som kommer fram i ren form som ett resultat av upparbetning så snart som möjligt överförs till nytt bränsle och återgår till reaktorerna. Endast på detta sätt kan en uppbyggnad av större lager med rent plutonium undvikas.

Vi förordar därför att ett beslut om en svensk upparbetningsanläggning även innefattar en anläggning för tillverkning av plutoniumberikat bränsle. Denna anläggning bör för att undvika extra transporter ligga i anslutning till upparbetningsanläggningen men inte nödvändigtvis vara en integrerad enhet.

Oskarshamns Kraftgrupp AB, OKG, har ett kontrakt för upparbetning utomlands av 140 ton använt kärnbränsle från de båda reaktorerna Oskarshamn 1 och 2 vilket täcker behovet fram till 1980. SKBF planerar för kontrakt i första hand för 1970-talet för bränsle från övriga reaktorer och undersöker alternativ för 1980-talet. Det är synnerligen viktigt att kraftföretagen samtidigt som upparbetningskontrakt tecknas även redovisar planering för hur det plutonium som kommer fram från upparbetningen skall användas.

4.4.2 Kontroll av klyvbart material

Genom sin anslutning till fördraget om förhindrande av spridning av kärnvapen (NPT) har Sverige tydligt markerat sin vilja att förhindra att klyvbart material används för militära ändamål. Denna strävan har också inneburit att Sverige infört en sträng exportkontroll inte enbart för klyvbart material utan också för viss utrustning på kärnenergiområdet. Regeringen har i mars 1976 förklarat sig ämna tillämpa exportkontroll även för kärnteknik inom ett par särskilt känsliga områden.

Utredningen har gjort vissa studier över riskerna för stöld av klyvbart material. Beträffande det anrikade uran som används för forskningsreaktorn R2 kan utredningen konstatera att säkerhetsåtgärderna för transporter, lagring och hantering på senaste tid avsevärt skärpts.

För närvarande finns endast mycket små mängder plutonium i ren form i landet. Det plutonium som bildats i reaktorernas bränsle är oåtkomligt så länge det förekommer i använt bränsle tillsammans med en stor mängd radioaktiva klyvningsprodukter. På sikt förutsätter vi att bränslet kommer att upparbetas och att plutonium kommer att hanteras i relativt stor skala också i vårt land. Återförs plutonet i nytt bränsle omgående efter upparbetning minskar riskerna för stöld, terror och sabotage. Man bör vidare sträva efter att minska transporter av plutonium i så stor utsträckning som möjligt, eftersom stöldrisken kan förutsättas vara större under transport. Detta är ett viktigt skäl varför vi förordar en samförläggning av en upparbetningsanläggning och en anläggning för

tillverkning av plutoniumberikat bränsle. Eventuella mellanlager av plutonium bör också förläggas till samma plats.

4.5 Slutlig förvaring av högaktivt avfall

Slutförvaring av radioaktivt avfall i berggrunden syftar till att isolera avfallet på ett sådant sätt att tillsyn inte skall behövas under så lång tid som krävs för att det skall bli ofarligt. Det viktigaste kravet är att avfallet inte skall kunna spridas till biosfären genom naturliga processer, olyckshändelser eller krigshandlingar.

Den teknik för förvaring av högaktivt avfall som nu utvecklas i olika länder bygger på överföring av det flytande högaktiva avfallet till fast form. För svensk del anser vi att insmältning av det högaktiva avfallet i glas eller keramiska material är den bästa av de metoder som hittills utvecklats. Kommersiella anläggningar för denna teknik erbjuds nu från Frankrike.

Långtidssäkerheten vid slutförvaring av behållare med förglasat högaktivt avfall beror till avgörande del på förhållandena i berggrunden och möjligheten att klarlägga dessa. Sveriges geologiska undersökning har på uppdrag av utredningen granskat områden i olika delar av landet och funnit att flera av dessa bör kunna tillgodose förut angivna krav. För att slutligt bestämma alternativa platser för en anläggning för slutlig förvaring måste ytterligare geologiska undersökningar genomföras, bland annat borrhningar, provschakt och en längre tids observationer av grundvattnet. Sammanfattningsvis visar de studier som Sveriges geologiska undersökning utfört åt utredningen att Sverige med sin stabila och sedan årmiljoner tillbaka lugna berggrund har gynnsamma geologiska förutsättningar för slutlig förvaring av högaktivt avfall.

I utredningens skrivelser hösten 1975 till industridepartementet med anledning av förslaget att inrätta ett särskilt programråd för FoU på avfallsområdet har vi bland annat understrukit vikten av att de geologiska utvecklings- och undersökningsarbeten, som utredningen inlett, fortsätter.

Mot bakgrund av nuvarande kontrakt om upparbetning av svenskt bränsle i utlandet bedömer vi att högaktivt avfall från sådan upparbetning kan komma att återsändas till Sverige för slutlig förvaring tidigast år 1990. Planeringen bör därför inriktas på en anläggning för slutlig förvaring av högaktivt avfall som står färdig vid denna tidpunkt. Anläggningen bör byggas ut i etapper och utformas så att allt högaktivt avfall från upparbetat svenskt kärnbränsle kan förvaras där. Till frågor om förvaring av låg- och medelaktivt avfall återkommer vi i avsnitt 4.6.

Det högaktiva avfallet bör helst slutförvaras nära en svensk upparbetningsanläggning. Vi anser därför att geologiska detaljstudier av platser lämpliga för slutförvaring i första hand nära Forsmark och Simpsvarp omgående bör påbörjas. Även andra platser bör studeras för att klarlägga alternativa lägen.

I nordiska kontaktorganet för atomenergifrågor och i nordiska rådet

har förslag väckts om att undersöka möjligheterna till nordisk samverkan för hantering och lagring av radioaktivt avfall. Inofficiellt har liknande tankegångar framförts från olika håll vid våra kontakter med de nordiska länderna. Förslagen överensstämmer med de principiella riktlinjer för regionala anläggningar som presenterats inom det internationella atomenergiorganet IAEA. Det är också vår uppfattning att det ur många synpunkter är lämpligt och önskvärt med en regional, nordisk lösning.

4.6 Hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall

Låg- och medelaktivt avfall uppstår vid många slag av arbeten med radioaktivt material t. ex. vid kärnkraftverk, forskningsinstitutioner och sjukhus. En närmare beskrivning finns bl. a. i kapitel 3.8 del I och i kapitel 9 i del II.

Av teknik som hittills tillämpats för behandling av radioaktivt avfall är en del bl. a. anpassad för att avfallet slutligt skall kunna dumpas till havs eller grävas ner i mark. Sverige har ratificerat Londonkonventionen om förhindrande av havsförorening genom utsläpp av avfall i haven. I Sverige gäller dessutom sedan 1972 en lag som innebär förbud mot dumpning i havet av allt avfall. Flera länder, däribland de nordiska, har liknande lagar. I Norden måste således radioaktivt avfall slutförvaras på land.

Låg- och medelaktivt avfall från drift av kärnkraftverk skall enligt kraftföretagens nuvarande planer kunna förvaras under minst fem år vid kraftverken. Kraftföretagen förutsätter således att detta reaktoravfall efter en viss tids förvaring vid kraftverket flyttas till annan plats.

Utredningen förutsätter i enlighet med kraftföretagens nuvarande planering att reaktoravfall kan lagras vid kärnkraftverken under åtminstone en femårsperiod. Detta mål överensstämmer med strålskyddsinstitutionens förslag till riktlinjer för omhändertagande av radioaktivt avfall (SSI:1972-012). Vi föreslår att en central lagringsplats för låg- och medelaktivt avfall inrättas och att avfall från kärnkraftverken förs dit. I första hand bör undersökas om anläggningen kan förläggas till samma plats som en central anläggning för lagring av använt kärnbränsle och en upparbetningsanläggning. Detta innebär att Forsmark eller Simpsvarp framstår som främsta alternativ till förläggning. Platsen för ett eventuellt femte kärnkraftverk kan också komma ifråga.

Låg- och medelaktivt avfall som kräver förvaring under mycket lång tid bör i likhet med högaktivt avfall förvaras i berg. Den slutliga lagringsplatsen för sådant avfall bör enligt utredningens uppfattning samordnas med en lagringsanläggning för högaktivt avfall och projekteras samtidigt med denna.

AB Atomenergi har en organisation för att ta hand om och lagra aktivt avfall från den egna verksamheten. I Studsvik tar man även hand om sådant avfall från sjukhus och forskningsinstitutioner, som behöver förvaras under längre tid.

Avfallshanteringen i Studsvik omfattar dels radioaktivt avfall från utvecklingsarbeten vid AB Atomenergi, dels avfall från icke-kärnteknisk verksamhet i och utanför Studsvik. Utredningen anser att denna verksamhet bör fortsätta tills vidare men att den i ett något längre tidsperspektiv samordnas med verksamheten vid den centrala lagringsanläggningen för låg- och medelaktivt avfall. Under utredningens arbete har framkommit, att avfallsanläggningarna i Studsvik till viss del behöver ses över och byggas ut för att svara mot de krav som nu bör ställas på anläggningar av denna typ. Vi förutser därför att omfattande nyinvesteringar i dessa anläggningar i Studsvik successivt kommer till stånd. De geologiska undersökningar, som inletts i Studsvik, bör fortsätta med sikte på att utröna möjligheterna till dels en tillfällig förvaring över 20–30 år, dels slutförvaring av det avfall, som där tas om hand.

I många länder finns mäktiga jordlager över berggrunden och därmed bättre förutsättningar än i Sverige för nergrävning av lågaktivt avfall. Med få undantag har nämligen Sverige ett tunt lager jord över berggrunden. Av detta skäl och med hänsyn till klimatet och grundvattenförhållandena anser utredningen att nergrävning i mark av radioaktivt avfall inte bör komma i fråga i Sverige. Det bör dock ankomma på tillsynsmyndigheten att avgöra om undantag från denna huvudregel, t. ex. för visst kortlivat avfall, kan tillåtas. För avfall, som innehåller ämnen med långa halveringstider är förvaring i mark olämplig.

Upparbetning av använt kärnbränsle kommer att ge upphov till betydande mängder låg- och medelaktivt avfall. Utredningen anser därför att en behandlings- och förvaringsanläggning bör lokaliseras nära en eventuell svensk upparbetningsanläggning. Den slutliga förvaringen av låg- och medelaktivt avfall kan då också samordnas med slutförvaringen av högaktivt avfall.

Transporter av låg- och medelaktivt avfall kommer att öka väsentligt i omfattning inom en nära framtid. Det är viktigt att dessa transporter kan genomföras under betryggande säkerhet. Med tanke på det relativt stora antalet transporter föreslår vi att ett särskilt transportsystem utvecklas för denna typ av avfall. Så långt möjligt bör enligt utredningen järnväg och båt användas för tunga transporter av radioaktivt avfall.

4.7 Nedläggning av kärntekniska anläggningar

I yttrande över närförlägningsutredningens betänkande fann vi att frågorna kring nedläggning av reaktorer — efter drifttidens slut, ca 30–40 år — borde beaktas på ett tidigt stadium. Flera länder planerar nu insatser i syfte att klarlägga förutsättningar för och nödvändiga åtgärder vid nedläggning (avveckling). Frågan har bl. a. diskuterats vid ett av IAEA sammankallat expertmöte med svenskt deltagande under 1975. Nedläggning av kärntekniska anläggningar kommer att orsaka svårhanterligt aktivt avfall i framtiden. Vi vill därför understryka denna frågas

betydelse. Enligt vår mening skall följande mål uppfyllas vid nedläggning av kärnkraftanläggningar.

- Nedläggningen skall utföras med hänsyn till ett betryggande skydd för människan och hennes omgivning
- Anläggningen skall lämnas i ett sådant skick att den inte kräver övervakning sedan 50 år förflutit efter nedläggning och på sätt som möjliggör användning för andra ändamål
- Det radioaktiva avfallet skall omhändertas på sätt som myndigheterna godkänner

En nedläggningsplan som utformas idag kan emellertid bara delvis förutse framtida tekniska möjligheter för rivning och sönderdelning av de mycket tunga konstruktioner som ingår t. ex. i kärnkraftverk. För att underlätta en kommande nedläggning bör dock åtgärder vidtagas redan i samband med konstruktion och byggande. Vi föreslår därför att som villkor för tillstånd till kärntekniska anläggningar skall finnas en godtagbar teknisk beskrivning över hur en kommande nedläggning planeras. Denna tekniska beskrivning skall ha som underlag känd teknik för nedläggning.

Det bör åvila statens kärnkraftinspektion tillse att konstruktionen av kraftreaktorer och andra kärntekniska anläggningar utförs så att en framtida nedläggning kan genomföras på ett tekniskt och säkerhetsmässigt tillfredsställande sätt.

4.8 Forskning och utveckling

De förslag som utredningen tidigare lagt fram om hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall kräver för att kunna genomföras ett omfattande forsknings- och utvecklingsprogram. Inom ramen för ett sådant program krävs betydande insatser inom bland annat följande områden.

- Hantering av låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverken, s. k. reaktoravfall
- Uppförande och drift av anläggningar för tillfällig lagring av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall
- Uppförande och drift av en upparbetningsanläggning
- Anläggningar för behandling och tillfällig lagring av högaktivt avfall
- Slutlig förvaring av radioaktivt avfall
- Hantering och återföring av plutonium till kärnkraftreaktorerna.

Den nuvarande hanteringen av reaktoravfall vid de svenska kärnkraftverken är inte väl anpassad till den form av slutförvaring som vi förordar. Huvudprincipen för hanteringen bör enligt vår mening vara en sortering av det radioaktiva avfallet efter dess livslängd, aktivitet och innehåll av olika radioaktiva ämnen. Reaktoravfallets volym måste minskas för att avfallet inte skall uppta alltför stor lagringsvolym. Tekniken att pressa löst avfall är väl utvecklad. För att senare kunna överföras till en central lagringsplats måste avfallet ges en lämplig form. De två metoder, som nu

används, ingjutning i betong eller asfalt, behöver dels kompletteras med annan teknik, dels anpassas till de krav som transporter och central lagring ställer.

Utredningen vill särskilt peka på att det ännu är oklart om vilken metod som är lämpligast för behandlingen av avfall från de jonbytarfilter som bland annat finns vid kärnkraftverken. Utvecklingsarbetet på detta område i Sverige bör fortsätta och inriktas på förvaring i ett centralt lager och eventuellt senare slutligt i berg.

Ett utvecklingsarbete pågår bl. a. vid AB Atomenergi för att utveckla en lämplig utrustning för förbränning av brännbart lågaktivt avfall. Utredningen anser att detta utvecklingsarbete för lämpliga förbränningsanordningar är viktigt och bör fortsätta. Förutom i Studsvik bör metoden kunna användas vid t. ex. ett centralt lager för låg- och medelaktivt avfall.

Utredningen anser att metoder bör utvecklas för fortsatt hantering av koncentrat från industrier av aktiva lösningar.

Utredningen har tidigare berört frågan om ett transportsystem för använt bränsle och radioaktivt avfall. Vi förutser att det erfordras ett relativt omfattande utredningsarbete för en lämpligt utformad transportapparat. Omfattningen av detta blir i hög grad beroende på i vilken utsträckning teknik, konstruktioner, utrustning och fordon kan inköpas från utlandet.

Ett förprojekt för ett centralt lager för använt bränsle har nu satts igång genom programrådet för radioaktivt avfall. Det är möjligt att denna anläggning också kräver ett visst utvecklingsarbete som går utöver de rena projekteringsinsatserna.

Före ett beslut om uppförande av en svensk upparbetningsanläggning fordras ett väl genomarbetat förprojekt. Med tanke på projektets betydande svårighetsgrad behövs ett omfattande forsknings- och utvecklingsarbete för att säkerställa ett framgångsrikt tekniskt genomförande. Tidigare har tekniken på upparbetningsområdet varit relativt lättåtkomligt. De flesta resultat från utländska anläggningar som inte varit direkt kopplade till kommersiella intressen har publicerats eller gått att få fram genom direkta kontakter. För att förhindra spridning av kärnvapen har sekretessen inom upparbetningstekniken skärpts betydligt på sista tiden.

Forsknings- och utvecklingsarbetet inom upparbetningsområdet bör främst inriktas på att ta fram det underlag som behövs för beslut om konstruktion och uppförande av en anläggning. Så snart som en grupp för förprojektering av en upparbetningsanläggning bildats bör den få i uppdrag att även avgöra forsknings- och utvecklingsarbetets inriktning på upparbetningsområdet. På så sätt tillgodoses sambandet med det anläggningsinriktade arbetet.

Så snart som en grupp för förprojektering av en upparbetningsanläggning bildats bör den få i uppdrag att även avgöra forsknings- och utvecklingsarbetets inriktning på upparbetningsområdet. På så sätt tillgodoses sambandet med det anläggningsinriktade arbetet.

Forsknings- och utvecklingsarbetet på upparbetningsområdet bör också innefatta arbeten på processer för överföring av flytande högaktivt

avfall till fast form. Vi anser att arbetet i första hand bör inriktas på förglasningsmetoder, där för övrigt ett arbete redan inletts. Detta bör kompletteras med arbeten av mera grundläggande slag för att bästa möjliga beslutsunderlag skall finnas vid slutet av 1980-talet då en metod behöver bestämmas. Projektgruppen bör även styra denna del av forsknings- och utvecklingsarbetet.

Utredningen har lagt ut vissa uppdrag till SGU som bl. a. har bedömt den svenska berggrundens lämplighet för slutförvaring av radioaktivt avfall. Denna bedömning utgör en väsentlig bakgrund till våra förslag om bergförvaring. En svensk anläggning för förvaring i berg kan enligt vår uppfattning tidigast behöva tas i bruk omkring år 1990. Radioaktivt avfall från en svensk upparbetningsanläggning kommer dock sannolikt inte att behöva slutförvaras förrän tidigast omkring år 1995. Det arbete som SGU redan inlett bör fortsätta och utvidgas. Som framgår av vårt förslag kommer en särskild organisation att bildas för utveckling, uppförande och drift av en förvaringsanläggning.

Det arbete som programrådet för radioaktivt avfall beställt hos SGU bör i fortsättningen ledas av denna nya avfallsorganisation. Det är enligt vår mening angeläget att FoU-arbetet för behandling och förvaring av avfall samordnas med insatserna på upparbetningsområdet.

Av skäl som redovisats tidigare bör en anläggning för tillverkning av plutoniumberikat bränsle uppföras i anslutning till en svensk upparbetningsanläggning. Vi har inte tagit ställning till vem som skall äga och driva denna anläggning. Till sin natur ansluter den nära till Asea-Atom:s nuvarande verksamhetsfält. Det bör ankomma på kraftföretagen att skapa förutsättningar för att anläggningen kommer till stånd. Möjligen kan vissa kunskaper för tillverkning av plutoniumberikat bränsle köpas från utlandet. Med de allmänna kunskaper om processtekniken som Asea-Atom och AB Atomenergi har bör det finnas goda förutsättningar för en inhemsk tillverkning. Möjligen kan en försöksanläggning erfordras. Vi anser att det behövs ett betydande forsknings- och utvecklingsarbete på området. Detta bör samordnas med det utvecklingsarbete, som nu sker vid AB Atomenergi.

Enligt utredningen är det också nödvändigt med ett forsknings- och utvecklingsarbete om alfaaktivt avfall, som uppstår vid olika processer för hantering av främst plutonium. Det pågår ett omfattande arbete i utlandet för att utveckla processer för behandling av detta avfall. Den föreslagna avfallsorganisationen bör styra det erforderliga forsknings- och utvecklingsarbetet i Sverige.

Mot bakgrund av ett förslag från utredningens sida tillsatte regeringen vid slutet av år 1975 ett programråd för radioaktivt avfall som en tillfällig organisationen i avvaktan på utredningens slutliga förslag. Dess uppgift är att vidareföra det utvecklingsarbete som utredningen inlett på upparbetnings- och avfallsområdena. Forsknings- och utvecklingsarbetet bör nu inriktas på de anläggningar som vi föreslagit och utgöra en del av projektarbetet. Av denna orsak föreslår vi att programrådet avvecklas från 1 juli 1977 och att dess arbete överförs på förut nämnda organ. Detta innebär att styrningen av arbetet i fortsättningen tas över av

kraftföretagen, den föreslagna gruppen för en upparbetsanläggning och den nya avfallsorganisationen.

Uppförande och drift av anläggningar för använt bränsle och avfall som förut angivet program leder till, fordrar tillstånd av ansvariga tillsynsmyndigheter. Till viss del kan det angivna programmet vara av värde för myndigheternas beslutsunderlag.

Vi vill understryka vikten av att kärnkraftinspektionen och strålskyddsinstitutet genom sina forskningsnämnder ser till att erforderliga forskningsinsatser som underlag för dessa myndigheters tillståndsgivning och kontroll kommer till utförande.

Statens strålskyddsinstitut kommer genom sin forskningsnämnd att leda insatser inom strålskyddet och det radioekologiska området. För det ansvar som kommer att åvila statens kärnkraftinspektion krävs ett program orienterat mot normer och regler för processer och anläggningar. Säkerhetsmyndigheterna behöver normer för konstruktion av förvaringsanläggningar och lämpliga former för lagring av radioaktivt avfall, regler för förpackning och transport av använt bränsle och radioaktivt avfall samt regler för hantering av alfaaktivt avfall.

Med tanke på det omfattande FoU-arbete inom upparbets- och avfallsområdet, som pågår i utlandet och i internationella organisationer bör Sverige aktivt medverka i det internationella samarbetet. Särskilt bör möjligheterna till ett praktiskt inriktat nordiskt samarbete tas tillvara.

4.9 Organisation, finansiering och lagar

4.9.1 Organisation

Ansvaret för att ta hand om radioaktivt avfall vilar i första hand på det företag eller den institution där avfallet uppstår. Det mesta avfallet uppkommer vid kärnkraftverken och vid AB Atomenergis anläggningar. Mindre mängder kommer från sjukhus, industri m. fl. verksamheter.

Utredningens direktiv anger att det skall ankomma på staten att ombesörja den verksamhet som rör den slutliga förvaringen av högaktivt avfall. Denna verksamhet kräver enligt vår uppfattning långtgående insyn och styrning från det allmännas sida.

Vid våra överväganden om organisationen av den framtida hanteringen av radioaktivt avfall i Sverige har vi framför allt beaktat att delar av det radioaktiva avfallet måste förvaras under lång tid och att mycket långsiktiga aspekter därför måste läggas på den slutliga förvaringen.

Mot denna bakgrund föreslår utredningen att en särskild statlig organisation bildas som skall svara för all långsiktig hantering av radioaktivt avfall och därmed sammanhängande arbetsuppgifter. Vi förutsätter emellertid att en särskild organisationsutredning får till uppgift att bland annat precisera dessa uppgifter.

Vidare finner vi det angeläget att den statliga organisation som vi förordar på ett tidigt stadium tar ansvaret för de omedelbart aktuella uppgifterna. Som redovisats i avsnitt 4.8 skall denna organisation leda

utvecklingsarbeten på avfallsområdet. Bland dessa kan nämnas geologiska undersökningar för förvaring av radioaktivt avfall i berg.

Våra överväganden har vidare lett till att vi föreslår att en särskild enhet inrättas vid statens kärnkraftinspektion med ansvar för det säkerhetsinriktade utvecklingsarbete som krävs för inspektionens kontroll av hantering och förvaring av använt bränsle och radioaktivt avfall. Till inspektionen knyts en särskild sektion inom forskningsnämnden för dessa nya arbetsuppgifter.

Vi föreslår att ett efter en organisationsstudie omorganiserat SKBF får ansvar för fortsatta förstudier och förprojektering av en svensk uppberedningsanläggning. En särskild grupp inom SKBF bör organiseras för detta ändamål. Denna grupp har också som framgår av avsnitt 4.8 ansvar för inriktning och genomförande av erforderligt utvecklingsarbete för uppberedningsanläggningen och för transporter av använt kärnbränsle.

Om en svensk uppberedningsanläggning skall uppföras förordar vi att härför organiseras ett statligt eller statsdominerat företag. Även denna nya organisation bör underställas kärnkraftinspektionens tillsyn.

Lagringen av använt bränsle vid kärnkraftverken bör som hittills åvila kärnkraftföretagen.

Häruöver har vi funnit att det erfordras en central lagringsanläggning i landet för långtidslagring (10–15 år) av använt bränsle i avvaktan på ett beslut om fortsatt hantering och behandling av använt bränsle, antingen utomlands eller i en eventuell svensk uppberedningsanläggning. Ansvar för att en sådan lagringsanläggning kommer till stånd bör åvila kärnkraftföretagen genom SKBF under tillsyn av SKI genom dess föreslagna nya enhet. Med hänsyn till dessa nytillkommande uppgifter för SKBF föreslår vi att dess styrelse utvidgas till sex ledamöter. Av dessa skall regeringen utse ordförande och ytterligare två ledamöter.

Enligt vår mening är det synnerligen viktigt att framtida förändringar i organisationen utformas i riktning mot en sammanhållande planering och ett samlat ansvar för såväl hanteringen av använt kärnbränsle som för radioaktivt avfall.

4.9.2 Finansiering

Framställning av elenergi vare sig den sker med kol, olja eller kärnbränsle medför värmeutsläpp och ger upphov till avfall i olika former. Fossileldade kraftverk ger upphov till stora avfallsmängder som släpps ut i omgivningen med lokal och global påverkan. Det gäller stoft, svavelföreningar, tungmetaller, m. m. Ökade insatser för att minska dessa utsläpp medför högre kostnader för elproduktionen. Vid drift av kärnkraftanläggningar uppkommer radioaktivt avfall, som måste tas om hand. Kostnaderna för en ur miljövårdssynpunkt mer tillfredsställande hantering av avfall har ännu inte belastat något av de tre kraftslagen fullt ut. Vår utredning har enligt direktiven granskat de avfallskostnader, som kärnkraften medför och hur de bör finansieras.

Här förutsättes att kraftproducenterna skall bära samtliga kostnader, som är förknippade med hantering och förvaring av använt kärnbränsle

och radioaktivt avfall. Häri ingår enligt vår uppfattning t. ex. kostnaderna för de organisationer och det utvecklingsarbete, som vi tidigare föreslagit.

Kraftföretagen bör vidare i sina kostnadskalkyler medräkna de framtida utgifterna för upparbetning av använt kärnbränsle och slutlig förvaring av högaktivt avfall redan när kärnbränslet används för framställning av energi. Samma princip skall även gälla låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverk. Ett belopp motsvarande dessa utgifter kan avsättas varje år i företagens bokslut till en egen särskild fond från vilken restkostnaderna täcks när dessa senare uppstår. Under mellantiden skall denna fond arbeta i företagen. Utredningen förordar detta alternativ.

En annan möjlighet är att staten lägger en avgift på den elenergi som levereras från kärnkraftverken och därvid åtar sig kostnaderna för den vidare hanteringen av använt kärnbränsle. Avgifterna avvägs så att de motsvarar beräknade framtida kostnader för avfallshanteringen och tillförs en särskild statlig regleringsfond för kärnkraftens restkostnader. Via fonden kan eventuellt finansieras även kostnader för det utvecklingsarbete som erfordras på detta område. Utifrån mycket preliminära överväganden är en avgift på högst 0,5 öre per kilowattimme lagd på elenergi från kärnkraft tillräcklig för att täcka kärnkraftens restkostnader. Till kärnkraftens restkostnader hör också hantering av reaktoravfall. Vi föreslår dock att kostnaderna för detta avfall täcks av avgifter, knutna till avfallsmängder och aktivitetsinnehåll. På så sätt främjas en strävan att hålla mängderna av detta avfall nere. Motsvarande restkostnader för kol- och oljebaserad kraft har utredningen med hänsyn till direktiven inte haft till uppgift att beräkna.

4.9.3 Lagar

Utredningen har även granskat de lagar, som rör hantering av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Enligt vår uppfattning framgår det inte klart i atomenergilagen vilket ansvar, som åvilar tillsynsmyndigheten statens kärnkraftinspektion. Därför föreslår vi att § 2 i nuvarande atomenergilag ändras på följande sätt.

Nuvarande lydelse

Utan tillstånd av regeringen eller myndighet som regeringen bestämmer må ej någon uppföra, innehava eller driva atomreaktor eller anläggning för bearbetning av ämne eller förening som avses i 1 §.

Föreslagen lydelse

Vi föreslår följande tillägg till nuvarande lydelse i 2 §
”eller anläggningar för bearbetning och förvaring av radioaktivt avfall som uppkommer vid användning av kärnbränsle eller bearbetning av använt kärnbränsle”

Vid vår granskning av atomenergi-, atomansvarighets-, strålskyddslagen m. fl. har vi funnit att språket i dessa lagar i många fall är svårt att tolka och därför behöver ses över. Det är angeläget att förtydliga och

*Nuvarande lydelse**Föreslagen lydelse*

modernisera dessa lagar, främst atomenergilagen. Bl. a. bör uttrycket atom- genomgående ändras till kärn-. Utredningen har låtit svenska språknämnden föreslå språkliga förändringar i atomenergilagen. § 1 och 2 kan enligt nämndens förslag utformas på följande sätt

- § 1 Ingen får utan tillstånd av regeringen eller myndighet som regeringen bestämmer förvärva, inneha, överlåta eller på annat sätt befatta sig med
- uran,
 - plutonium,
 - torium,
 - annat ämne som används som bränsle i kärnreaktor eller kan utnyttjas som kärnbränsle,
 - använt kärnbränsle,
 - kemisk förening i vilken här nämnt ämne ingår.
- § 2 Ingen får utan tillstånd av regeringen eller myndighet som regeringen bestämmer uppföra, inneha eller driva kärnreaktor eller anläggning för bearbetning av ämne eller förening som avses i § 1. Sådant tillstånd fordras också beträffande anläggning för bearbetning och förvaring av radioaktivt avfall, som uppkommer vid användningen av kärnbränsle eller bearbetning av använt kärnbränsle.

Särskilda yttranden

I. Av *Einar Larsson*

Utredningen om radioaktivt avfall har haft som huvudsaklig uppgift att redovisa förslag till lösningar om hur använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, som uppstår i svenska kärnkraftverk, skall hanteras. Uppgiften har inte varit att utveckla ny teknik utan enbart att studera och bedöma vilka möjligheter nu tillgänglig teknik erbjuder. I sitt arbete har utredningen så långt möjligt undvikit att redovisa sådana förslag som innebär att avgöranden om hanteringen av använt kärnbränsle och radioaktivt avfall skjuts upp på en obestämd framtid. Utredningsarbetet har i stället präglats av en strävan att snabbt finna förslag som är möjliga att genomföra med nuvarande teknik.

Utredningens betänkande innehåller ett omfattande sakunderlag som enligt min mening inte kan uppfattas som ett ställningstagande för fortsatt utbyggnad av kärnkraften. Vidare anser jag att det fortfarande föreligger alltför stora risker vid hantering av högaktivt avfall. Därför borde utredningen med hänsyn till avfallsproblemen också ha tagit ställning till det lämpliga i fortsatt drift av nuvarande fem reaktorer. Utgångspunkt för utredningsarbetet har i stället varit att föreslå hur avfallet från de 13 beslutade reaktorerna skall hanteras på säkrast möjliga sätt.

Utredningen har enligt sina direktiv inte haft till uppgift att genomföra en fullständig riskanalys för hela kärnbränslegången inklusive transporter, vilket jag finner otillfredsställande. En sådan analys skulle ha utgjort ett värdefullt underlag i annat sammanhang för en meningsfull jämförelse med andra alternativ för en tryggad energiförsörjning.

II. Av *John Takman*

Aka-utredningens uppdrag har enligt direktiven varit att "på grundval av befintlig information göra en genomgång av de tekniska, ekonomiska och säkerhetsmässiga problemen i samband med såväl upparbetning av kärnbränsle som den följande behandlingen och förvaringen av det högaktiva avfallet, inberäknat transporter". Senare har utredningens uppdrag utvidgats till att — enligt de nya direktiven — "även omfatta

frågor rörande hantering och förvaring av låg- och medelaktivt avfall inkl. sådant avfall som inte härrör från kärnkraftverk”.

Det var väl motiverat att göra denna genomgång av hela fältet. Även om riskerna med joniserande strålning varit kända nästan sedan Röntgens upptäckt av röntgenstrålningen 1895 och säkerhetsföreskrifterna varit strängare och i allmänhet bättre genomförda än inom något annat avsnitt av miljö- och arbetarskyddet sedan ett halvsekel, har det funnits brister beträffande avfallshantering.

Kärnenergin har sedan 1895 blivit ett oundgängligt instrument för forskning, undersökning och behandling på snart sagt alla moderna naturvetenskapliga och tekniska områden, bl. a. medicin, jordbruk och industri. Den används i olika former för att bota cancer, förbättra avkastningen av sädesslag, bekämpa insektspester, avslöja förfälskningar av konstverk, kontrollera maskindelarers kvalitet osv. Även om avfallsmängderna från alla dessa verksamheter liksom kvantiteterna låg- och medelaktivt avfall från kärnkraftverken är små i jämförelse med den enorma avfallsvolymen i övrigt i ett modernt industrisamhälle, utgör de ett besvärligt problem, som väsentligt kan minskas genom sortering, volymreduktion (bl. a. pressning och pyrolys) samt slutlig förvaring under mera acceptabla förhållanden än hittills.

Jag har under utredningens arbete fått tillfälle att se avfallsbehandlingen i Frankrike, USA, Sovjetunionen och Sverige och diskutera aktuella brister och planerade förbättringar med ett stort antal experter i dessa länder. Mina kritiska synpunkter har beaktats i det fortsatta arbetet.

Däremot är det en brist att utredningen inte haft möjlighet att tillräckligt utförligt och i vissa avseenden inte alls behandla de allt överskuggande militära problemen, dels de säkerhetsproblem (inklusive avfallsproblem) som är förknippade med själva produktionen av kärnvapen och som till stor del är undandragna offentlig insyn, dels riskerna med de kärnvapenprov som alltjämt pågår och riskerna med de många tusen vätebomber, avskjutningsfärdiga kärnladdningar etc. som finns runt om i världen. Hearings inför ett kongressutskott i USA 1974 bekräftade misstankarna att stöld av atombomber från militära lager, sabotage mot militära kärnvapenförråd och ”den mänskliga faktorn”, inte minst i form av vanemässigt haschrökande militärpoliser och artillerister vid kärnvapenbaser i Västtyskland, var fasansväckande realistiska risker.

En debatt om kärnenergin, som helt utelämnar detta, tjänar, avsiktligt eller oavsiktligt, syftet att avvända uppmärksamheten från den ojämförligt mest trängande aktuella uppgiften: hur man ska stoppa kapprustningen i fråga om strategiska vapen och därmed ta första steget på nedrustningens och avrustningens väg.

Det partiella provstoppsavtalet 1963, då USA och Sovjetunionen upphörde med kärnvapenproven i atmosfären, hade, trots sina begränsningar, en betydelse som ytterligt få personer i vårt land och andra delar av världen numera nämner eller ens känner till. Forskningsstationer i ett trettiotal länder på norra halvklotet, bl. a. Sverige, Norge, Danmark och Finland, samt minst tio på södra halvklotet har i tabeller och diagram

visat att strontium-90 och cesium-137, två av de mest fruktade, långlivade klyvningsprodukterna från kärnvapenproven i atmosfären, förekommit i praktiskt taget alla undersökta vatten- och livsmedelsprov sedan 1957. Dessa klyvningsprodukter förekom i mycket förhöjda kvantiteter efter de stora provserierna 1958, 1961 och 1962. Efter provstoppsavtalet har det varit en sjunkande kurva med nya toppar endast på norra halvklotet för de kinesiska kärnvapenproven i atmosfären och på södra halvklotet för de franska kärnvapenproven (Mururoa-atollen).

Radioaktiviteten mäts i picocurie, den minsta mättenheten. Mätinstrumenten är utomordentligt känsliga. Men det faktum att det funnits och alltjämt finns mätbara kvantiteter av strontium-90 och cesium-137 i varje liter mjölk överallt i världen sedan 1957 borde åtminstone tjäna som en tankeställare och någon gång förekomma i den offentliga debatten. Tvärtom tycks det vara helt ointressanta fakta för massmedia. En nyhet som följande sattes under enspaltig rubrik på sid 13 i Dagens Nyheter den 14 februari 1976: "Den senaste atombombsprängningen i Kina skedde ovan jord på låg höjd med relativt liten sprängstyrka. Sprängningen gjordes den 23 januari och radioaktiviteten har uppmäts i de östra delarna av mellersta och södra Sverige från den 7 till 8 februari".

Som bekant har i andra sammanhang små lokala missöden utan några som helst konsekvenser för miljön eller befolkningen gjorts till stort uppslagna förstasidesnyheter.

Det är lätt att föreställa sig vad ett kärnvapenkrig skulle innebära för hela världen, även om det — vilket kan anses vara osannolikt — skulle bli militärt begränsat till ett fåtal stater. Så länge det enbart vid amerikanska baser i Västeuropa finns sju tusen kärnstridsspetsar färdiga för nära nog ögonblickligt bruk finns anledning hålla i minnet en kommentar i SIPRI Yearbook 1974 att "den stora och alltid aktuella risken är att ett kärnvapenkrig kan utlösas genom olyckshändelse, felberäkning eller rena galenskapen" (sid 70).

Från det första sammanträde med Aka-utredningen som jag deltog i har jag yrkat på att kärnenergin för fredlig användning skulle sättas i relief mot de mycket allvarliga försummelser som blivit kända från den nukleära krigsmateriellproduktionen, den okontrollerade och världsomfattande spridning av radioaktiva ämnen som förekommit och i mindre omfattning alltjämt förekommer från kärnvapenproven i atmosfären samt de enorma lager av vätebomber och kärnvapen som finns färdiga för användning på ett mycket stort antal platser i världen.

Jag är medveten om att direktiven och utredningens resurser satt en gräns för utredningsarbetet. Jag beklagar samtidigt att helhetsbilden saknas och att de ojämförligt allvarigaste aspekterna i fråga om kärnenergin, särskilt kapprustningen beträffande strategiska vapen, inte blivit belysta. För en meningsfull och konstruktiv debatt om kärnenergens fredliga användning och för att få till stånd en bred och effektiv kampanj mot kapprustningen är en sådan helhetsbild oundgänglig.

Statens offentliga utredningar 1976

Kronologisk förteckning

1. Arbetsmiljölöag. A.
2. Bakgrund till förslag om arbetsmiljölöag. A.
3. Rapport i psykosociala frågor. A.
4. Internationella konventioner inom arbetarskyddet. A.
5. Säkerhetspolitik och totalförsvär. Fö.
6. Deltidsanställdas villkor. Ju.
7. Deltidsarbete 1974. Ju.
8. Regionala trafikplaner - länsvisa sammanfattningar. K.
9. Sexuella övergrepp. Ju.
10. Skolans ekonomi. U.
11. Bostadsbeskattning II. Fi.
12. Företagens uppgiftslämnande. Fi.
13. Byggnadsindex för husbyggnader och anläggningar. Fi.
14. Kårobligatorium? U.
15. Utbildning i förvaltning inom försvaret. Del 3. Fö.
16. Folkhögskolan. U.
17. Skador i arbetet. A.
18. Lokala trafikföreskrifter m. m. K.
19. Den militära underrättelsetjänsten. Fö.
20. Kultur åt alla. U.
21. Trafikbuller. Del 3. Buller från fritidsbåtar. K.
22. Sveriges export 1975-1980. Bilaga 2 till 1975 års långtids-
utredning. Fi.
23. Produktansvar I. Ersättning för läkemedelsskada. Ju.
24. Internationellt patentsamarbete II. H.
25. Internationellt patentsamarbete II. Bilagor. H.
26. Bostadsverket. Samordning-decentralisering. B.
27. Den internationella bakgrunden. Bilaga 1 till 1975 års lång-
tidsutredning. Fi.
28. Vattenkraft och miljö 3. B.
29. Verkstadsindustrins arbetsmarknad. I.
30. Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Del I. I.

KUNGL. BIBL.

- 3 JUN 1976

STOCKHOLM

Statens offentliga utredningar 1976

Systematisk förteckning

Justitiedepartementet

Delegationen för jämställdhet mellan män och kvinnor. 1. Deltidsanställdas villkor. [6] 2. Deltidsarbete 1974. [7]
Sexuella övergrepp. [9]
Produktansvar I. Ersättning för läkemedelsskada. [23]

Försvarsdepartementet

Säkerhetspolitik och totalförsvar. [5]
Utbildning i förvaltning inom försvaret. Del 3. [15]
Den militära underrättelsetjänsten. [19]

Kommunikationsdepartementet

Regionala trafikplaner – länsvisa sammanfattningar. [8]
Lokala trafikföreskrifter. [18]
Trafikbuller. Del 3. Buller från fritidsbåtar. [21]

Finansdepartementet

Bostadsbeskattning II. [11]
Företagens uppgiftslämnande. [12]
Byggnadsindex för husbyggnader och anläggningar. [13]
1975 års långtidsutredning. 1. Sveriges export 1975–1980. Bilaga 2 till 1975 års långtidsutredning. [22] 2. Den internationella bakgrunden. Bilaga 1 till 1975 års långtidsutredning. [27]

Utbildningsdepartementet

Skolans ekonomi. [10]
Kårobligatorium? [14]
Folkhögskolan. [16]
Kultur åt alla. [20]

Handelsdepartementet

Patentpolicykommittén. 1. Internationellt patentsamarbete II. [24]
2. Internationellt patentsamarbete II. Bilagor. [25]

Arbetsmarknadsdepartementet

Arbetsmiljöutredningen. 1. Arbetsmiljölag. [1] 2. Bakgrund till förslag om arbetsmiljölag. [2] 3. Rapport i psykosociala frågor. [3]
4. Internationella konventioner inom arbetarskyddet. [4]
Skador i arbetet. [17]

Bostadsdepartementet

Bostadsverket. Samordning-decentralisering. [26]
Vattenkraft och miljö 3. [28]

Industridepartementet

Verkstadsindustrins arbetsmarknad. [29]
Aka-utredningen. 1. Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall. Del I. [30] 2.

Nordisk utredningsserie (NU) 1976

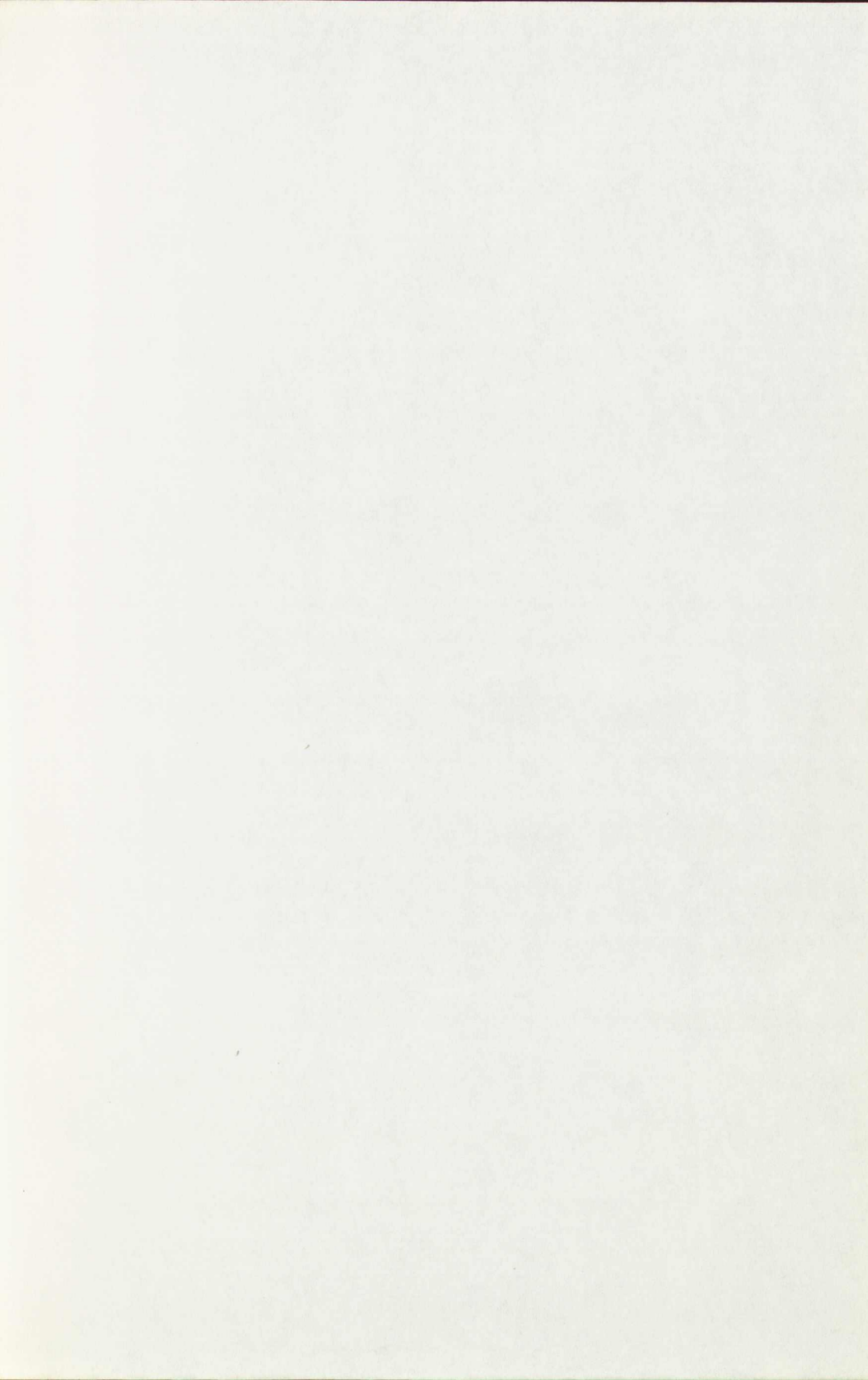
Kronologisk förteckning

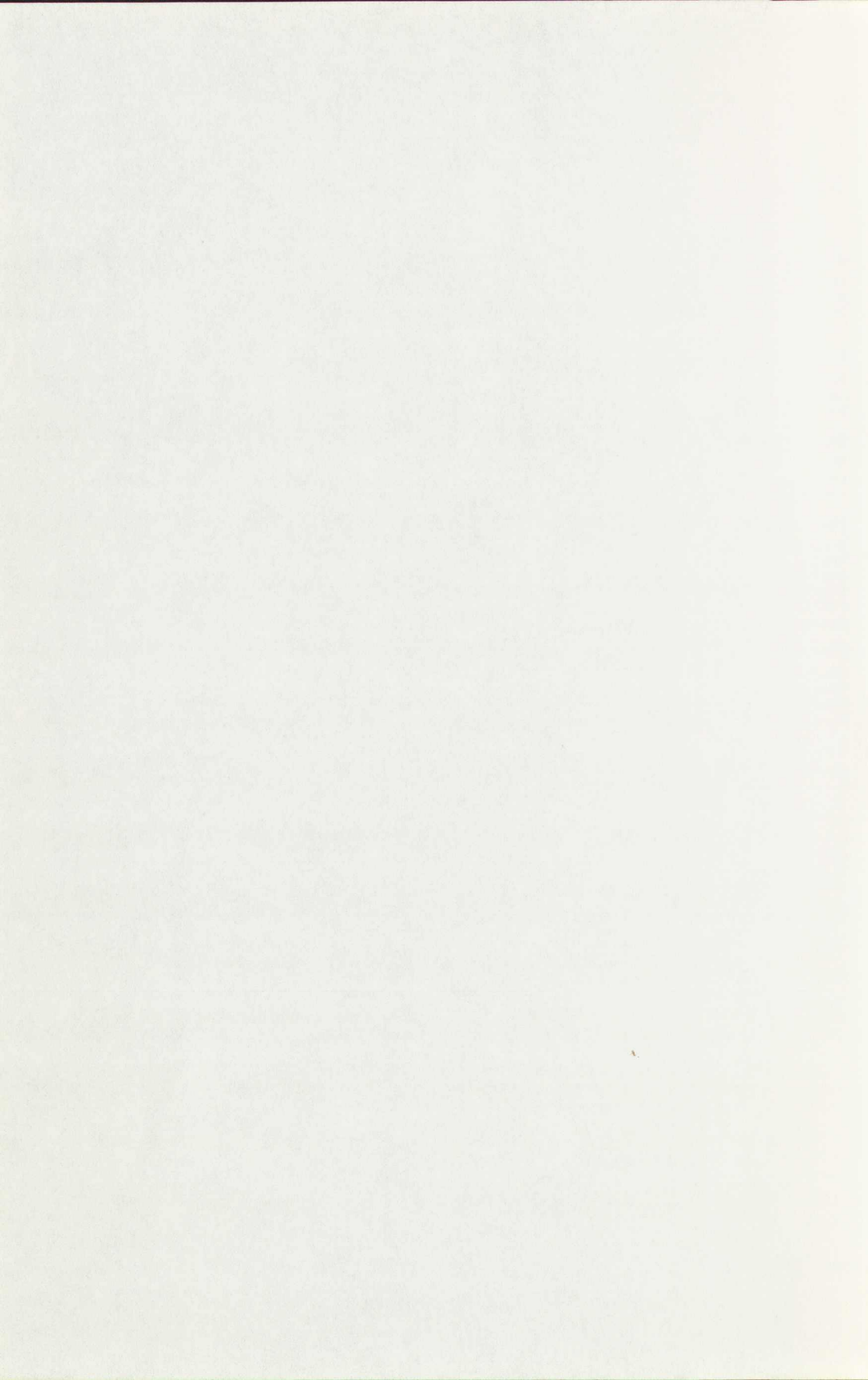
1. Nordiske naturgasudredninger
2. Maktstrukturer och styrelseformer inom teatern
3. Adult Education
4. Nordisk samarbete om energisparing i byggsektoren
5. Norden och fackpressen
6. ILO og kvinner i arbeidslivet
7. Aikuiskasvatus Pohjoismaissa
8. Cooperation Agreements between the Nordic Countries
9. Medborgarskap för barn och jämlikhet vid naturalisation
10. Nordisk konvention om gränskommunalt samarbete

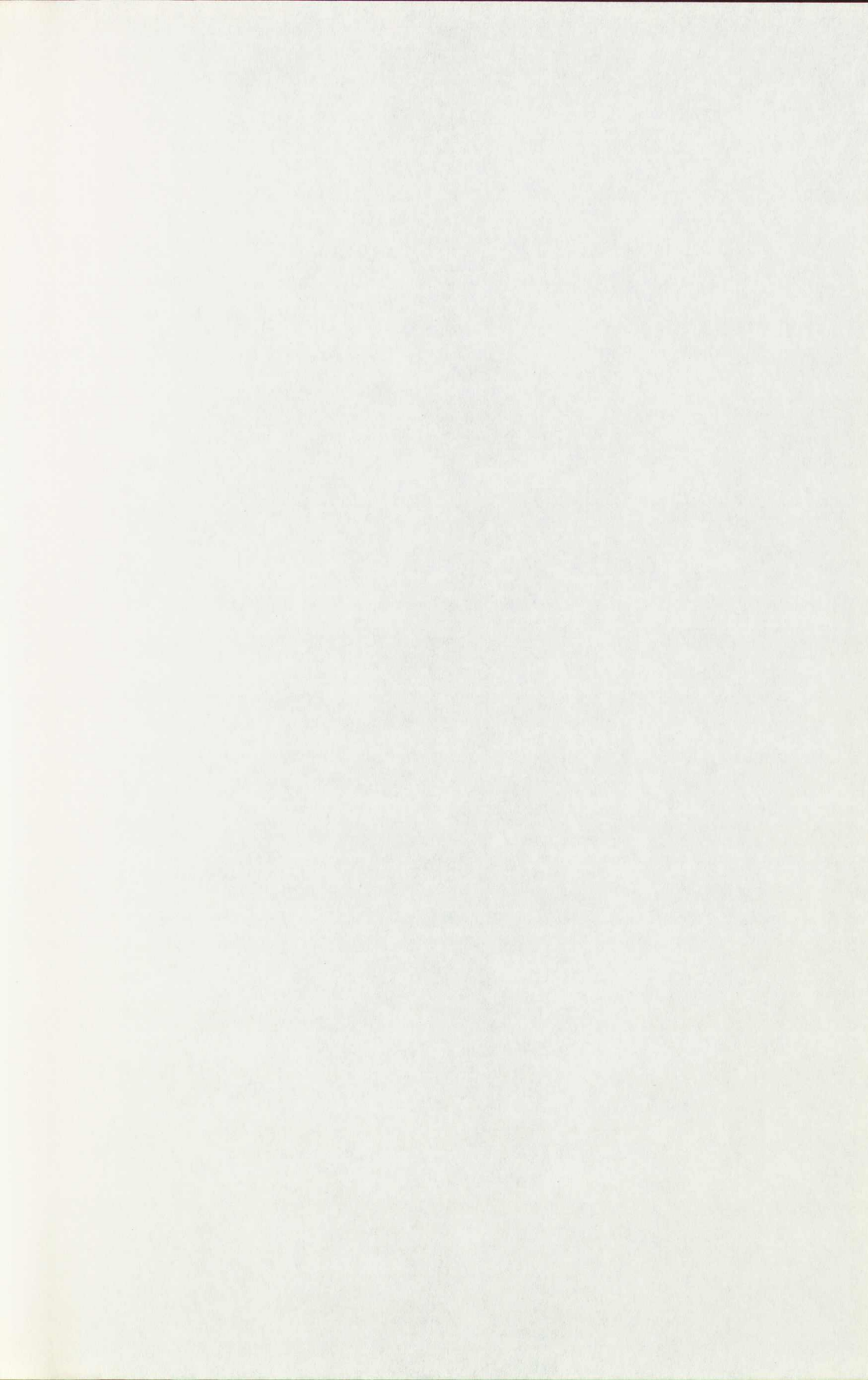
KUNGL. BIBL.

- 3 JUN 1976

STOCKHOLM









LiberFörlag
Allmänna Förlaget

ISBN 91-38-0
ISSN 0375-25