



FUD-PROGRAM 92 KOMPLETTERANDE REDOVISNING

KÄRNKRAFTAVFALLETS BEHANDLING OCH SLUTFÖRVARING

KOMPLETTERING TILL 1992 ÅRS PROGRAM SAMMANSTÄLLD MED ANLEDNING AV REGERINGSBESLUT 1993-12-16

Augusti 1994

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB

BOX 5864 S-102 40 STOCKHOLM

TEL. 08-665 28 00 TELEX 13108 SKB TELEFAX 08-661 57 19

Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring

KOMPLETTERING TILL 1992 ÅRS PROGRAM
SAMMANSTÄLLD MED ANLEDNING AV
REGERINGSBESLUT 1993-12-16

Augusti 1994

FÖRORD

Lagen om kärnteknisk verksamhet (SFS 1984:3) föreskriver i sin 12§ att ett program skall upprättas för den allsidiga forsknings- och utvecklingsverksamhet och de övriga åtgärder som behövs för att på ett säkert sätt hantera och slutförvara det radioaktiva avfallet m m från kärnkraftverken. Skyldigheten åligger primärt ägarna till kärnkraftverken. Dessa har uppdragit åt SKB att utarbeta det föreskrivna programmet.

Ett tredje sådant program inlämnades i september 1992 till SKI. Efter en bred remiss, analys och rekommendationer från SKI och KASAM behandlade och accepterade regeringen programmet i december 1993. Dock ställdes i samband härmed krav på komplettering och förtydligande av programmet i ett antal viktiga punkter.

Föreliggande rapport behandlar den begärda kompletterande redovisningen. SKB har med hänsyn till givna remisskommentarer valt att i vissa avsnitt ge en relativt detaljerad redovisning av planerat arbete. Handlingen bygger på SKBs FUD-program 92, där nödvändig bakgrund för nu lämnad information redovisas.

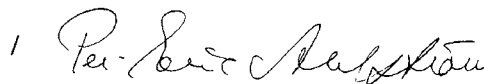
Stockholm i augusti 1994

SVENSK KÄRNBRÄNSLEHANTERING AB



Sten Bjurström

VD



Per-Eric Ahlström

vVD och chef Utveckling

INNEHÅLL

	Sida
SAMMANFATTNING	vii
1 BAKGRUND	1
1.1 DEN KOMPLETTERANDE REDOVISNINGENS UPPLÄGGNING	3
2 ALLMÄNNA UTGÅNGSPUNKTER OCH BESLUTSPROCESS	5
3 ANALYS AV OLIKA ÅTGÄRDER OCH BESLUT	9
3.1 ÖVERSIKT ÖVER ÅTGÄRDER OCH BESLUT	9
3.2 HUR PÅVERKAR ÅTGÄRDER SENARE BESLUT – ”BINDNINGAR”	11
3.3 MÖJLIGHET ATT ÅTERTA AVFALLET EFTER FÖRSTA UTBYGGNADSSTEGET	17
4 KRITERIER OCH METODER SOM KAN BILDA UNDERLAG FÖR VAL AV PLATSER LÄMPLIGA FÖR DJUPFÖRVAR	19
4.1 UTGÅNGSPUNKTER FÖR LOKALISERINGSARBETET	19
4.2 LOKALISERINGSFAKTORER OCH KRITERIER	22
4.2.1 Allmänna aspekter	22
4.2.2 Säkerhet	24
4.2.3 Teknik	30
4.2.4 Mark och miljö	32
4.2.5 Samhällsaspekter	33
4.2.6 Tillämpning av faktorer och kriterier i lokaliseringsstudierna	33
4.3 LOKALISERINGSSTUDIER	35
4.3.1 Allmän uppläggning av lokaliseringsarbetet	35
4.3.2 Översiktsstudier	40
4.3.3 Förstudier	40
4.3.4 Platsundersökningar	41
4.4 OFFENTLIG INSYN OCH LOKAL SAMVERKAN	42

	Sida	
5	PROGRAM FÖR BESKRIVNING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR KONSTRUKTION	45
5.1	PROJEKTERINGSPROCESSEN	45
5.2	DJUPFÖRVAR	47
5.2.1	Djupförvarets olika områden	47
5.2.2	Utbyggnadsetapper	48
5.2.3	Plan för projekteringsarbetet	51
5.2.4	Speciella utvecklingsfrågor Underlag från FoU och Äspölaboratoriet	55
5.3	INKAPSLING	57
5.3.1	Kapsel och inkapslingsprocess	57
5.3.2	Plan för projekteringsarbetet	58
5.3.3	Kapselutformning	61
5.3.4	Förslutningsteknik	63
5.3.5	Inkapslingsanläggningen	65
5.3.6	Säkerhetsanalyser	67
5.4	KVALITETSSÄKRING	67
6	PROGRAM FÖR SÄKERHETSANALYSER	69
6.1	ALLMÄNT	69
6.1.1	Kommande säkerhetsrapportering	69
6.1.2	Programmets omfattning och avgränsningar	70
6.2	MÅL	72
6.3	ARBETETS GENOMFÖRANDE	73
6.3.1	Allmänt	73
6.3.2	Funktionsanalyser	75
6.3.3	Val av scenarier för säkerhetsanalysen	76
6.3.4	Integration till en säkerhetsanalys	76
6.3.5	Säkerhetsrapporten	77
6.4	OSÄKERHETER/VALIDITET	78
6.4.1	Syfte och strategi	78
6.4.2	Vad skall valideras? och när?	78
6.4.3	Prioritering	81
6.4.4	Sammanvägning	81
6.4.5	Redovisning av validitet	82
6.5	TIDSBEHOV	82
7	REFERENSER	85
BILAGOR:		
Bilaga A:	Översiktsstudier och SKBs geografiska informationssystem – Kort lägesrapport	87
Bilaga B:	Publicerade rapporter från förstudie Storuman	99
Bilaga C:	Samverkan och information med anknytning till förstudien i Storuman (Oktober 1992 – Augusti 1994)	103

SAMMANFATTNING

BAKGRUND

I FUD-program 92 redovisade SKB sin och därmed berörd kraftindustris planering för djupförvaring av det långlivade radioaktiva avfall inklusive det använda kärnbränsle som uppkommer vid driften av de svenska kärnkraftverken:

Målet är att, med uppfyllande av alla miljö- och säkerhetskrav, år 2008 påbörja deponering i ett djupförvar av en mindre del (5 à 10%) av det använda kärnbränslet. För detta krävs en inkapslingsanläggning och ett djupförvar. Vidare behövs kompletteringar av befintligt transportsystem för att frakta det inkapslade bränslet från inkapslingsanläggningen till djupförvaret. Inriktningen är inkapsling i kopparkapslar samt djupförvaring enligt det så kallade KBS 3-konceptet eller närliggande optimerat utförande på ca 500 m djup i urberg. Inkapslingsanläggningen utförs som en utbyggnad av CLAB. Djupförvaret lokaliseras till en lämplig plats i Sverige som dels ger möjlighet att uppfylla de högt ställda säkerhetskraven och dels ger möjlighet att utföra erforderliga arbeten i samförstånd med berörd kommun och berörd befolkning. Säkerhets- och strålskyddsfrågorna kommer grundligt att penetreras och redovisas innan beslut om väsentliga bindande åtgärder tas.

Den i FUD-program 92 redovisade inriktningen har i allt väsentligt accepterats av myndigheter och regering.

Myndigheterna framför även kritik mot bl a vissa oklarheter i programmet. I regeringsbeslutet ställs med hänvisning till denna kritik krav på kompletterande redovisning till SKI enligt följande:

SKB skall komplettera FUD-program 92 genom att redovisa

- de kriterier och metoder som kan bilda underlag för val av platser lämpliga för slutförvar,*
- ett program för beskrivning av förutsättningar för konstruktion av inkapslingsstation och slutförvar,*
- ett program för de säkerhetsanalyser som SKB avser att upprätta,*
- en analys av på vilket sätt olika åtgärder och beslut påverkar senare beslut inom slutförvarsprogrammet.*

De rekommendationer som SKI och KASAM lämnat i sina yttranden bör beaktas vid kompletteringen av FUD-programmet.

SKB ser dessa kompletteringar som ett naturligt led i den fortsatta planeringen av de åtgärder som krävs för att genomföra den beslutade huvudlinjen. På vägen fram till genomförd djupförvaring krävs ett antal tunga följdbeslut gällande miljökon-

sekvensbeskrivningar, lokalisering, säkerhetsredovisning, investering, tillstånd enligt olika lagar osv. För dessa beslut behövs underlag i olika omfattning som kommer fram genom det nu påbörjade arbetet. De kan givetvis även föranleda omprövning och förändringar av vald inriktning och därmed påverka tidplanen.

Några grundläggande utgångspunkter som presenterades i FUD-program 92 är att:

- SKB bedömer att kunskapsnivån nu gör det möjligt att gå vidare från forskning och utveckling till genomförande,
- behovet av ytterligare information om de geologiska förhållandena är i huvudsak platsanknutet,
- ett projektinriktat arbete med tydliga mål är nödvändigt för att upprätthålla kvaliteten i arbetet.

I det följande redovisas först en analys av olika åtgärder och beslut enligt den sista punkten i regeringens krav på kompletteringar. Skälet är att en sådan analys ger en överblick över hela processen medan övriga punkter ger mer specifika program.

ANALYS AV OLIKA ÅTGÄRDER OCH BESLUT

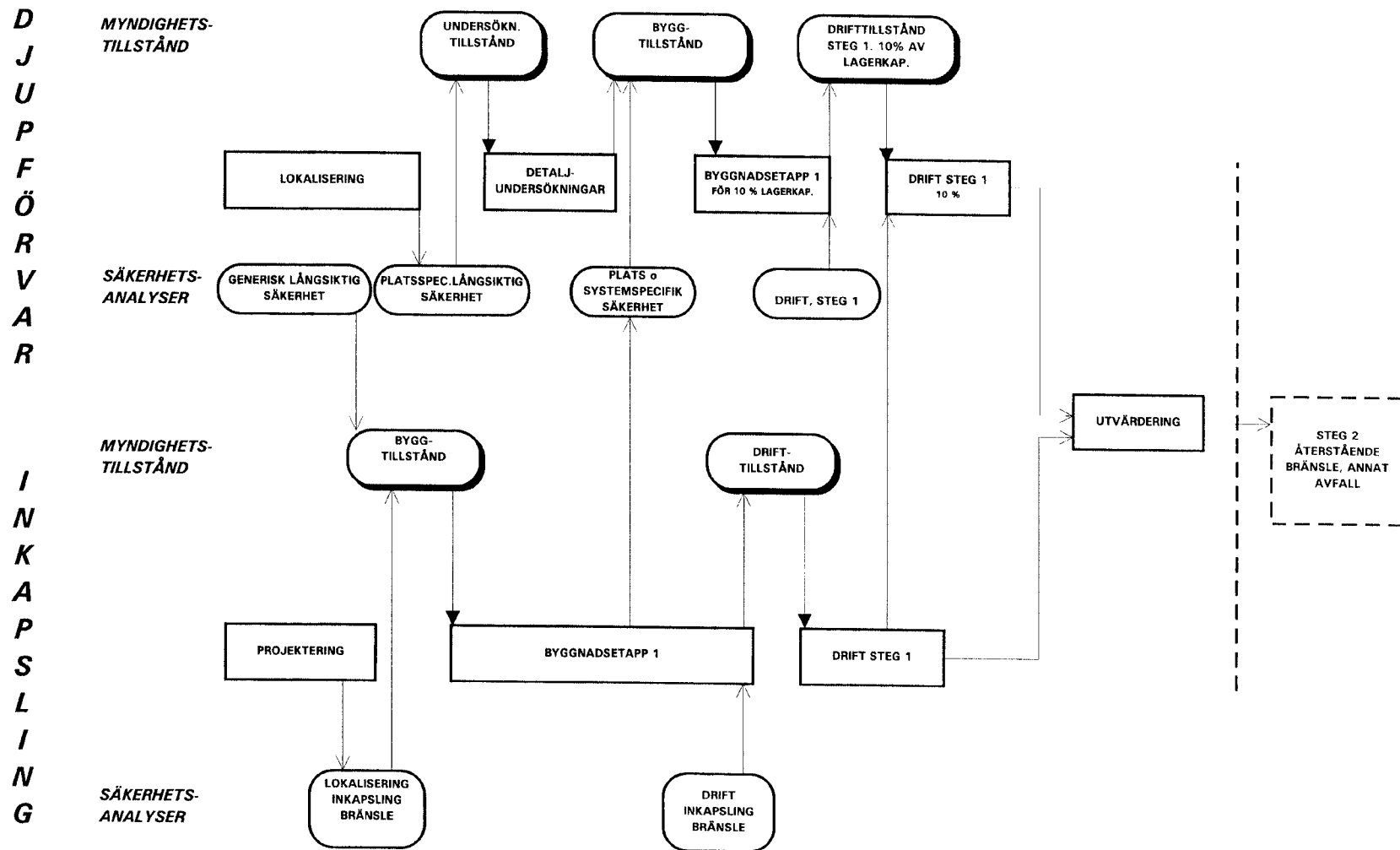
Kravet på *"en analys av på vilket sätt olika åtgärder och beslut påverkar senare beslut inom slutförvarsprogrammet"* berör såväl övergripande åtgärder som mer kortsiktiga åtgärder i det beslutade programmet. I detta avsnitt diskuteras de övergripande åtgärderna medan mer kortsiktiga åtgärder kommer in i de specifika programmen. Utbyggnad av en inkapslingsanläggning och ett djupförvar, inkapsling av använt bränsle samt deponering av inkapslat bränsle i djupförvaret innefattar ett stort antal åtgärder som beslutas etappvis. Figur 1 ger ett översiktligt logikschema över de viktigaste större etapperna i processen. Åtgärder som berör djupförvaret omsluter en tidrymd av ca sextio år eller längre från start av förstudier fram till genomförd förslutning av förvaret.

Beslut om olika åtgärder medför alltid vissa bindningar i olika avseenden. Det kan i detta sammanhang vara rent fysiska bindningar d v s att åtgärden medför att man förändrar avfallets fysiska tillstånd eller egenskaper så att man försvårar eller omöjliggör återgång till tidigare tillstånd eller till att senare välja en alternativ väg. Det kan också vara att ett beslut om en viss åtgärd binder upp stora resurser vilket i sin tur medför att övergång till en alternativ väg försvåras eller försenas av resursbrist.

I den plan som presenterats av SKB kommer fysiska åtgärder som direkt påverkar avfallet att genomföras först när inkapslingen påbörjas efter det att erforderliga utvecklings-, projekterings- och byggnadsarbeten genomförts och nödvändiga tillstånd från myndigheter erhållits. Detta inträffar tidigast 2007. Stora uppbindningar av resurser kommer dock att ske tidigare – särskilt när byggnadsarbeten påbörjas för inkapslingsanläggningen och när detaljundersökningar startar för djupförvaret.

I det första utbyggnadssteget för djupförvaret deponeras ca 10% av det använda bränslet. Därefter sker en ingående utvärdering och nytt tillstånd förutsättes för att gå vidare på den inslagna vägen. SKBs bedömning är såsom framhölls i FUD-program 92 att man kommer att bygga ut djupförvaret till full skala.

De ca 400 bränslekapslar som deponerats kan emellertid återtagas om man skulle finna skäl till detta. Kostnaden för detta bedöms till ca 600 Mkr. De investeringar som då gjorts i inkapslingsanläggningen och i djupförvaret är betydande – samman-



Figur 1. Logiskschema över de viktigaste större stegen i djupförvarsprogrammet jämte erforderliga säkerhetsanalyser och tillstånd enligt naturresurslagen (NRL) och kärntekniklagen (KTL). Den övre halvan på figuren avser lokalisering, utbyggnad och drift av ett djupförvar medan den undre halvan avser motsvarande steg för en inkapslingsanläggning. För vardera anläggningen markeras huvudaktiviteter (mittraden), viktiga beslut och tillstånd (övre raden) samt planerade större säkerhetsanalyser (undre raden).

lagt ca 5000 Mkr, varav drygt 4000 Mkr investeras före den första inkapslingen av använt kärnbränsle.

Ett skäl för ev återtagande skulle t ex kunna vara att den (internationella) tekniska utvecklingen lett till att andra hanterings- och/eller behandlingsmetoder för det använda bränslet bedöms som mycket attraktiva. Ett annat skäl skulle kunna vara att man inte önskar fortsätta på den valda platsen.

Möjlighet att avbryta arbetet och återtaga deponerat avfall kommer att finnas under hela utbyggnads- och driftperioden för djupförvaret men naturligtvis till successivt stigande kostnader. Innan förvaret försluts kan man övervaka det så länge som man önskar.

Information om förvaret kommer att arkiveras och platsen för förvaret att utmärkas på lämpligt sätt. Även efter förvarets förslutning kommer det med ledning av denna information under lång tid att vara tekniskt möjligt att, om man så önskar, återta avfallet. Efter förslutning får varje generation för sig besluta om den övervakning och kontroll man vill ha på platsen.

En viktig utgångspunkt för inkapslings- och djupförvarsprojekten är att varje ny etapp skall baseras på ett fullgott tekniskt underlag. Myndigheter, kommuner och andra berörda skall också ges tillräcklig tid för att grundligt pröva underlaget före viktiga beslut. Samtidigt måste man beakta att det är viktigt och nyttigt inte minst för arbetets kvalitet att hålla ett visst tempo i verksamheten. SKB bedömer att ca femton år är tillräckligt för att genomföra det första utbyggnadssteget i djupförvarsprogrammet. De erforderliga anläggningarna är vare sig till storlek eller komplexitet av sådan art att det behövs längre tid.

En annan viktig aspekt är växelverkan mellan stödjande forskning, utveckling, projektering och byggande av de planerade anläggningarna. Utvecklingsarbetena inom ramen för FUD-program 92 planeras därför m h t behoven för inkapslings- och djupförvarsprojekten. Exempel är Äspölaboratoriet där den första fasen med geologiska undersökningar och bygge kommer att avslutas under 1995. Den ger betydelsefullt underlag för utformningen av platsundersökningar och senare detaljundersökning för djupförvaret. Nästa fas med experiment och undersökningar vid Äspö kommer på motsvarande sätt att ge underlag dels för säkerhetsanalyser dels för slutligt utförande av djupförvaret och dess barriärsystem.

KRITERIER OCH METODER FÖR PLATSVÄL

Utgångspunkter för lokalisering

Viktigast för lokalisering av djupförvaret är att välja en plats där de säkerhetsmässiga förutsättningarna är mycket goda. Sedan mitten av 1970-talet har SKB genomfört omfattande typområdesundersökningar och andra studier av geologiska förhållanden på djupet i svensk berggrund. Vidare har SKB och andra organisationer gjort ett antal ingående säkerhetsanalyser för djupförvar i den miljö som återfinns i svensk berggrund. Man kan också notera att det finns en betydande kunskap från lokalisering och byggande av berganläggningar för gruvverksamhet, kraftverk, oljelager och försvaret i de flesta delarna av landet. Mot denna bakgrund bedöms många kommuner kunna ha platser med mycket goda förutsättningar ur säkerhetssynpunkt. Det är därför rimligt och realistiskt att i första hand vända sig till kommuner som själva önskar medverka eller på annat sätt visar ett intresse och där utreda förutsättningarna för lokalisering av ett djupförvar. Möjligheterna i kommuner som redan har

kärnteknisk verksamhet bör också belysas. Bland kommuner med bra förutsättningar med avseende på säkerhet och med ett eget intresse för ett djupförvar kommer lokaliseringen att ske med hänsyn till resultaten av en närmare analys av säkerhet och miljöpåverkan, transportförutsättningar, erfarenhet av industriverksamhet samt existerande infrastruktur i övrigt.

Detta betyder att uppläggningsarbetet bygger på en övertygelse om att det är nödvändigt och möjligt att finna en plats som uppfyller höga miljö- och säkerhetskrav samtidigt som man söker en lokal förståelse för djupförvarsetableringen. Denna inriktning stämmer väl överens med de intentioner som ligger bakom gällande lagstiftning i bl a naturresurslagen och kärntekniklagen. Det stämmer även väl med de rekommendationer som utgivits av de nordiska ländernas strålskydds- och säkerhetsmyndigheter. Det existerande svenska systemet med mellanlagring i CLAB gör det också möjligt att utan tidspress grundligt pröva möjligheterna att genomföra djupförvaringen i samverkan.

Lokaliseringsfaktorer och kriterier

Lokaliseringen av djupförvaret måste ske med hänsyn till en rad olika faktorer (= data, egenskaper, förhållanden). De kriterier som dessa faktorer måste uppfylla (eller värderas mot) för en djupförvarsplats kan grupperas med avseende på:

Säkerhet	Lokaliseringsfaktorer av betydelse för djupförvarets långsiktiga säkerhet.
Teknik	Lokaliseringsfaktorer av betydelse för byggnation, funktion och säker drift av djupförvaret.
Mark- och miljö	Lokaliseringsfaktorer av betydelse för markutnyttjande och generell miljöpåverkan.
Samhällsaspekter	Lokaliseringsfaktorer kopplade till samhällsförutsättningar och samhällspåverkan.

Avgörande är, som redan påpekats, i första hand att säkerhetskraven uppfylls. Nära kopplat därtill är vissa av de anläggningstekniska kraven. De viktigaste kraven i dessa avseenden rör:

- kemisk miljö i berget för kapsel, bentonit och bränsle,
- mekanisk stabilitet hos berget,
- förutsättningar för transport av korroderande och radionuklider i berget,
- risken för framtida intrång d v s i första hand tänkbart utnyttjande av naturresurser i berggrunden.

I ett inledande lokaliseringsskede är tillgången på data om berggrunden i områden som bedöms intressanta för lokalisering mycket begränsad. Många faktorer, som är viktiga för att analysera den långsiktiga säkerheten och anläggningstekniska aspekter, kan inte klarläggas förrän efter omfattande undersökningar på plats. Tills dess får man lita till generell kunskap då underlag tas fram för val av undersökningsområden. Eftersom kartläggningen av generella mark- och miljöfaktorer samt samhällsaspekter är enklare att genomföra i ett tidigt skede kan dessa lokaliseringsfaktorer redan inledningsvis klarläggas mer fullständigt.

Nyckelfrågor i det inledande lokaliseringsskedet är:

- Vilka områden har särskilt goda möjligheter att uppfylla kraven med avseende på säkerhet, teknik, mark och miljö samt samhällsaspekter?
- Vilka av dessa ger bra möjligheter att senare utföra en tillförlitlig karakterisering av framförallt de viktiga miljö- och säkerhetsfaktorerna?
- Hur identifierar man dessa områden med hjälp av befintligt material?

Följande förhållanden är därvid i första hand gynnsamma (ger ”god prognos”) för urval av undersökningsområden:

- En vanlig bergart utan intresse för annat utnyttjande av naturresurser.
- Stort område med få större sprickzoner.
- Få motstående markanvändar- och miljöintressen.

I andra hand är även följande förhållanden gynnsamma:

- Lokalt positivt intresse.
- Tillgång till erforderlig infrastruktur. Goda transportmöjligheter.

I det inledande lokaliseringsskedet, d v s utan data från fältundersökningar, fokuseras utvärderingen av det geovetenskapliga materialet mot att identifiera olämpliga eller ogynnsamma förhållanden utifrån allmänt tillgänglig information. Förhållanden som bör undvikas är i första hand:

- kännedom om för svensk berggrund onormal grundvattenkemi,
- starkt heterogen och svårtolkad berggrund,
- kända deformationszoner och postglaciala förkastningar,
- utpräglade utströmningsområden för grundvatten,
- bergarter som kan tänkas intressanta för prospektering.

I därpå följande skeden (vid genomförande av platsundersökningar och småningom även detaljundersökningar – se nedan) styrs insatserna successivt mot att klarlägga de förhållanden som kommer att råda för förvaret som helhet, för de olika förvarsdelarna och slutligen för de enskilda kapselpositionerna. I första hand är följande förhållanden gynnsamma:

- reducerande grundvattenkemi,
- för svensk berggrund normal grundvattenkemi i övrigt,
- homogen och lättolkad berggrund,
- få sprickzoner och låg till måttlig spricktäthet,
- låg grundvattenföring,
- för svensk berggrund normala bergspänningar, hållfasthetsegenskaper och värmeledningsegenskaper.

Förhållanden som i ett plats- och/eller detaljundersökningsskede kan medföra att en plats överges kan i första hand vara:

- extrem grundvattenkemi exempelvis oxiderande grundvatten,
- brytvärda malmer eller mineral i förvarsområdet,
- flera tätt liggande vattenförande sprickzoner,
- extrema bergmekaniska egenskaper.

Lokaliseringsstudier

Lokaliseringsstudierna syftar till att ta fram allt det underlag som behövs för att kunna välja en plats och få tillstånd att påbörja detaljundersökningar. För detta genomför eller planerar SKB:

Översiktsstudier som ger en allmän bakgrund och generella förutsättningar. De täcker hela landet eller större regioner. En samlad redovisning planeras till 1995. En översikt och exemplifiering av det material som nu finns inom översiktsstudierna ges i Bilaga A.

Förstudier som utreder förutsättningarna i potentiellt lämpliga och intresserade kommuner. I förstudierna klarläggs de generella mark- och miljöfaktorerna samt samhällsaspekterna relativt ingående. Bedömningar av lokaliseringsfaktorer för säkerhet och teknik baseras på generell kunskap och översiktligt material. En förstudie resulterar i en bedömning om och var det finns områden med goda potentiella möjligheter ur såväl geovetenskaplig synpunkt som planeringsmässigt. Den ger också underlag för bedömningar av inverkan på lokalt näringsliv och samhälle. Två förstudier genomförs för närvarande. SKB planerar att göra förstudier för 5-10 kommuner.

Platsundersökningar omfattar i första hand geovetenskapliga undersökningar från markytan och i borrhål av en specifik plats. De säkerhetsmässiga och tekniska lokaliseringsfaktorerna klarläggs så långt möjligt med dessa förutsättningar. Viss komplettering av framförallt lokala mark- och miljöfaktorer görs också. Syftet är att ta fram underlag för att preliminärt avgöra om det går att på platsen bygga ett djupförvar som kan uppfylla alla miljö- och säkerhetskrav. Val av platser görs utifrån en samlad analys av resultat från förstudier och översiktsstudier. Översiktsstudierna kommer att redovisas innan den första platsen väljs, så att denna kan sättas in i sitt regionala och nationella sammanhang. Samtliga förstudier kommer att ha redovisats innan den andra platsen väljs.

En platsundersökning genomförs i flera etapper. Om det i de inledande etapperna visar sig att en plats har egenskaper som på ett negativt sätt skulle påverka säkerheten för ett djupförvar avbryts naturligtvis undersökningen och en alternativ plats väljs. Resultaten av en komplett platsundersökning sammanställs i en platsspecifik miljökonsekvensbeskrivning med bl a en analys av den långsiktiga säkerheten.

När två kompletta platsundersökningar har genomförts sammanställs allt relevant material från lokaliseringsarbetet till en ansökan om att få genomföra detaljundersökning på en av de två platserna. Motiven för valet av plats redovisas liksom allt underlagsmaterial i form av data, analyser, utredningar, avvägningar och bedömningar.

Offentlig insyn, lokal samverkan och MKB-process

Under hela lokaliseringsprocessen krävs en omfattande verksamhet för samverkan och information. Detta omfattar såväl kommun, länsstyrelse och myndigheter som kommuninnevånare, lokala intresseföreningar, berörda grannkommuner och intresserad allmänhet. Fortlöpande information kommer även att lämnas till vetenskaps-

män och andra kvalificerade experter med särskilda intressen på kärnavfallsområdet.

I samband med att platsundersökningar påbörjas bör enligt SKBs mening en lokal säkerhetsnämnd eller liknande organ etableras i berörda kommuner och ges resurser att på ett kvalificerat sätt följa arbetet.

Det är väsentligt att klara former etableras i ett tidigt skede för att ta fram miljökonsekvensbeskrivningen (MKB-process). För lokaliseringen av djupförvaret bör detta ske innan platsundersökningar påbörjas i en kommun. Därvid skall bl a principer anges för hur processen läggs upp och dokumenteras. Viktiga aktörer är framförallt de som kan komma att hysa anläggningen (kommunen), den som skall etablera och driva anläggningen (SKB) samt tillsynsmyndigheter och länsstyrelse.

Berörda kommuner bör ges resurser för att på ett kvalificerat sätt följa och delta i lokaliseringsarbetet. Det är viktigt att klara former för sådant stöd etableras, t ex via medel från de av SKI administrerade avfallsfonderna. Det är också viktigt att tidigt etablera former för ett vetenskapligt/tekniskt stöd till berörda kommuner från tillsynsmyndigheterna för säkerhet och strålskydd.

PROGRAM FÖR BESKRIVNING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR KONSTRUKTION

Beskrivning av förutsättningarna för konstruktion görs för varje led i projekteringen. Förutsättningarna fastläggs successivt allt eftersom olika underlag kommer fram. Projekteringen av större anläggningar görs i s k layoutsteg. SKB följer i sitt arbete den projekteringsmodell som under de två senaste decennierna utvecklats och med gott resultat tillämpats bl a inom kraftindustrin för viktiga anläggningsprojekt.

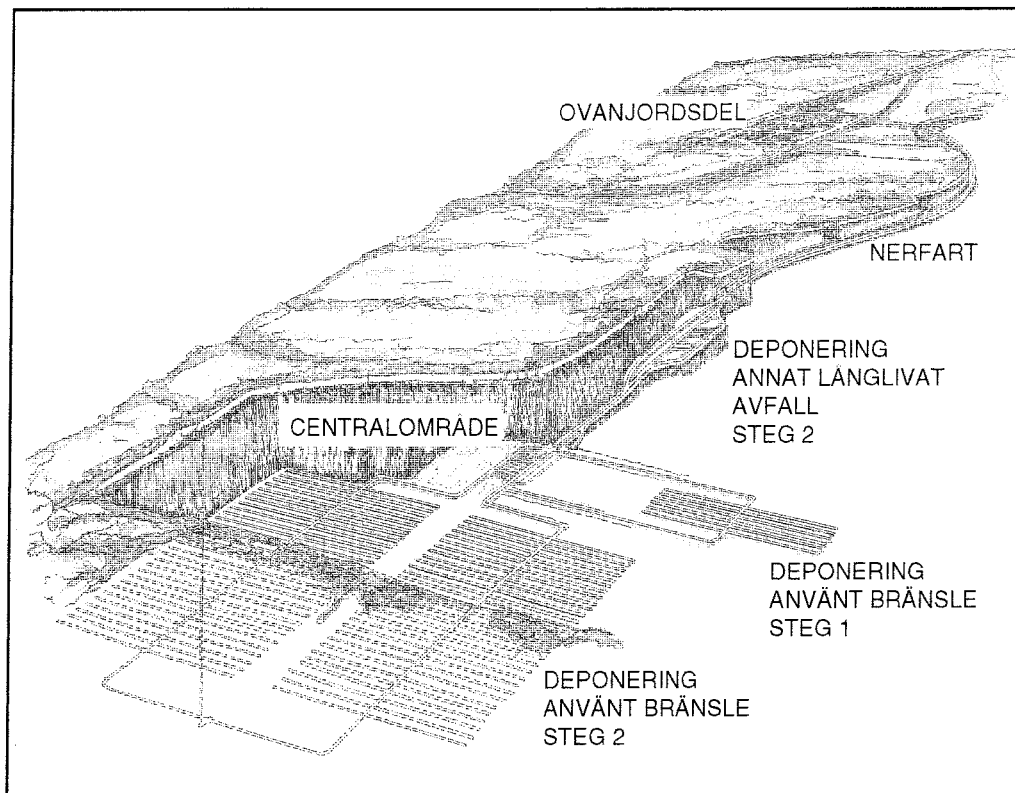
Utformningen av djupförvaret för använt kärnbränsle planeras i huvudsak enligt KBS-3 konceptet. Detta består av ett antal deponeringstunnlar i vars botten hål borrar för placering av kapslar med använt kärnbränsle och omgivande bentonitbuffert. Deponeringstunnlarna sammanbinds av tunnlar för transport och kommunikation, vilka också har förbindelse med ett centralt serviceområde och ramp/schakt till markytan. Placeringen av deponeringstunnlar och deponeringshål anpassas efter lokala bergförhållanden. Förvarsdjupet är i normalfallet ca 500 m, men lokal anpassning kommer att ske inom intervallet 400 till 700 m.

Utbyggnad av djupförvaret planeras ske i två steg. Det första steget beräknas omfatta ca 10% av hela mängden använt bränsle. Det andra omfattar deponering av återstående mängd använt bränsle och annat långlivat avfall. Delar av byggnadsarbetet för djupförvaret påbörjas vid start av detaljundersökning.

Figur 2 visar en principiell skiss av djupförvarets olika områden – ovanjordsdel, nedfart, centralområde underjord, deponeringsområden 1 och 2 för inkapslat använt bränsle samt deponeringsområde för annat avfall.

I projekteringen anpassas känd teknik eller kända metoder till de speciella förutsättningar och krav som djupförvaret har. Flera metoder som skall användas bygger på kunnande som tas fram i löpande FoU-program. Viktiga teknikområden för djupförvaret är:

- Byggnadsmetod för tunnlar och berggrum inkl borrhål av deponeringshål.
- Injektering för tätning av vatteninflöde.
- Pressning av bentonitblock.
- Deponeringsförfarande.



Figur 2. Principiell skiss av djupförvaret.

- Möjligheter till återtagande.
- Återfyllning och förslutning.

De två förstnämnda områdena är viktiga redan under detaljundersökningsetappen medan de övriga skall tillämpas först under driftstapp 1. Insatserna inom stödjande FoU och vid Äspölaboratoriet är inriktade på att genomföra nödvändiga arbeten i tid för en rationell tillämpning under detaljundersökningen respektive djupförvarets första byggnadstapp. Fullskaleprov med viss speciell maskinutrustning, t ex maskiner för pressning av bentonitblock, planeras ske först vid djupförvaret.

Innan det använda bränslet placeras i djupförvar skall det kapslas in i en beständig kapsel. Det viktigaste kravet på kapseln är att den skall förbli tät under mycket lång tid i den miljö som kommer att råda i djupförvaret. Den skall således inte korrodera sönder i det grundvatten som finns i berget eller brytas sönder av de mekaniska påfrestningar den utsätts för i djupförvaret.

Kapseln planeras utförd med en inre del av stål, som ger mekanisk hållfasthet, och en yttre del av koppar, som ger korrosionsskydd. Koppar korroderar mycket långsamt i det syrefria grundvatten som finns på djupet i svensk berggrund. Genomförda studier visar att kapseln troligen kommer att förbli tät under miljoner år framåt, vilket ger en betydande säkerhetsmarginal.

För att fastlägga dimensioner för tunnlar, deponeringshål, strålskärmar och krav på maskinutrustning i djupförvaret måste kapselns dimensioner och egenskaper vara kända. Viktiga parametrar är vikt, yttermått och maximal strålningsnivå. Dessa data behöver fastläggas innan detaljundersökningen påbörjas.

Inkapslingen planeras ske i en ny anläggning i anslutning till CLAB. I inkapslingsanläggningen tas bränslet emot ifrån CLABs lagringsbassänger. Det placeras i kapseln efter det att det kontrollerats och torkats. Innan locket på den inre stålbehållaren läggs på kommer luften i kapseln att ersättas med inert gas och tomrummet fyllas med t ex borglaskulor. Därefter tätförsluts kopparkapseln med ett kopparlock som fästs med elektronstrålesvetsning. Kraven på att denna svets blir tät och att tätheten kan kontrolleras är mycket höga. Vid utformningen av inkapslingsanläggningen kommer stor vikt att läggas vid strålskyddet för personalen och för omgivningen. Detta innebär bland annat att själva inkapslingen kommer att göras fjärrstyrt i kraftigt strålskärmade utrymmen, sk högaktiva celler. Även en stor del av hanteringen av kapslar kommer att ske fjärrstyrt. Erfarenheterna från CLAB och SFR, men även från olika utländska anläggningar kommer att utnyttjas.

Arbetet med inkapsling av bränslet uppdelas i programmet på kapselutformning, förslutningsteknik och anläggningsutformning.

Nyckelfrågor för kapselutformningen är – funktionskrav, materialval och tester för såväl koppar som stålkomponenter, dimensionering av kapsel och stålkomponenter, insatser och ev återfyllning i kapseln, detaljutformning av locket m h t lyft och till icke-förstörande provning samt tillverknings- och kontrollmetoder.

För att uppfylla de höga kraven på förslutning av kopparkapseln utvecklas för närvarande en metod för förslutning med användning av elektronstrålesvetssteknik till industriell skala samt metoder för icke förstörande provning. De senare skall användas för verifiering av att förslutningen uppfyller ställda krav.

Arbetet med utveckling av förslutningstekniken omfattar bl a följande steg – utveckling och provning av kontrollmetoder, provsvetsning av lock på kopparcylindrar, svetsning av prototypkapslar samt tillverkning av prototypanläggning för prov av svetsutrustning och svetskammare innan dessa byggs in i anläggningen.

PROGRAM FÖR SÄKERHETSANALYSER

SKB avser att redovisa säkerhets- och strålskyddsfrågor för såväl driftfasen som slutförvaringsfasen vid samtliga viktigare beslutstillfällen. Detta kommer att ske

- dels i form av (preliminära resp slutliga) säkerhetsrapporter (PSR resp SSR) för verksamheten och processerna
 - i inkapslingsanläggningen,
 - vid transporter och
 - i djupförvaret, samt
- dels i form av säkerhetsrapporter över integrerade analyser av djupförvarets långsiktiga funktion efter deponering och förslutning.

Utvärderingen av driftsäkerheten vid avfallsanläggningar kan i allt väsentligt genomföras med den metodik som används för andra kärntekniska anläggningar. Den diskuteras därför inte vidare här.

I föreliggande program för kommande långsiktiga säkerhetsanalyser presenteras uppläggningsenheten av arbetet och metodiken för funktions- och säkerhetsanalyser för ett djupförvar.

Programmet under den närmaste sexårsperioden syftar till att ta fram:

- underlag för dimensionering och utformning av förvaret m h t säkerheten,
- lämplig struktur för hur säkerhetsanalysen skall redovisas,
- en säkerhetsrapport över förvarets långsiktiga funktion baserad på allmänna data och preliminära platsdata inför byggande av inkapslingsanläggningen samt en säkerhetsrapport (PSR) för inkapslingsanläggningen,
- en säkerhetsrapport över förvarets långsiktiga funktion baserad på data från platsundersökningar inför detaljundersökningar för djupförvaret samt en översiktlig säkerhetsrapport (PSR) för driften av djupförvaret.

Det fortsatta analysarbetet för därefter kommande säkerhetsrapporter genomförs på principiellt samma sätt som för de nämnda men med successivt mer detaljerat dataunderlag.

Oavsett om analyserna utgör funktionsanalyser av barriärer eller delsystem, eller om de är säkerhetsanalyser av hela förvarssystemets totala funktion, genomförs arbetet enligt följande:

- Definition av analysens syfte.
- Definition av givna förutsättningar för analysen.
- Klarläggande av de förhållanden för vilka systemet skall analyseras (scenarier).
- Klarläggande av de processer som är väsentliga för systemets funktion.
- Definition av beräkningsmodeller för att kvantifiera systemets funktion.
- Kvantifiering av systemets funktion och väsentliga funktionsförändringar.
- Diskussion av osäkerheter och av analysens giltighet och tillräcklighet – validitet – med avseende på sitt syfte.

Programmet beskriver dels hur studierna av barriärer och delsystem sammanställs till integrerande säkerhetsanalyser, dels hur osäkerheter och validitetsgranskning kommer att hanteras.

1 BAKGRUND

I FUD-program 92 /1-1/ redovisade SKB sin och därmed berörd kraftindustris planering för genomförande av djupförvaring av det långlivade radioaktiva avfall inklusive det använda kärnbränsle som uppkommer vid driften av de svenska kärnkraftverken. Planeringen baseras på ett beslut i SKBs styrelse att påbörja den projektering och de övriga åtgärder som krävs för att kunna ansöka om tillstånd att inom ca femton år från nu genomföra en första etapp i utbyggnaden av de för djupförvaringen erforderliga anläggningarna. SKBs (och den berörda kraftindustrins) beslut innebär i korthet:

Målet är att, med uppfyllande av alla miljö- och säkerhetskrav, år 2008 påbörja deponering i ett djupförvar av en mindre del (5 á 10%) av det använda kärnbränslet. För detta krävs en inkapslingsanläggning och ett djupförvar. Vidare behövs kompletteringar av befintligt transportsystem för att frakta det inkapslade bränslet från inkapslingsanläggningen till djupförvaret. Inriktningen är inkapsling i kopparkapslar som rymmer max 12 BWR eller 4 PWR bränsleelement. Förstahandsalternativ är en kopparkapsel med inre stålbehållare och reservalternativ en blyfylld kopparkapsel. Djupförvaringen avses genomförd enligt det s k KBS 3-konceptet eller närliggande optimerat utförande på ca 500 m djup i urberg. Inkapslingsanläggningen utförs som en utbyggnad av CLAB. Djupförvaret lokaliserar till en lämplig plats i Sverige som dels ger möjlighet att uppfylla de högt ställda säkerhetskraven och dels ger möjlighet att utföra erforderliga arbeten i samförstånd med berörd kommun och berörd befolkning. Säkerhets- och strålskyddsfrågorna kommer grundligt att penetreras och redovisas innan beslut om väsentliga bindande åtgärder tas.

Samtidigt som arbetet med denna huvuduppgift genomförs kommer SKB att följa och i begränsad omfattning stödja FoU på alternativa utvecklingslinjer som huvudsakligen dock drivs i andra länder. Denna inriktning av SKBs program som utförligt redovisades i FUD-program 92 är i samklang med kärntekniklagens /1-2/ bestämmelser om ett allsidigt program. I motiveringen för denna lagbestämmelse /1-3/ anges:

”att någon bindning till en viss från början bestämd hanterings- eller förvaringsmetod inte skall ske förrän man fått tillräckliga kunskaper för att överblicka och bedöma föreliggande säkerhets- och strålskyddsproblem. Framkommer under det fortsatta forskningsarbetet en ny och bättre metod bör i stället denna väljas.”

Den i FUD-program 92 redovisade inriktningen har i allt väsentligt accepterats av myndigheter och regering.

SKI uttalar att:

- ...FUD-program 92 uppfyller de grundkrav som ställs på ett program för forskning och utveckling enligt 12 § lagen om kärnteknisk verksamhet med avseende på målinriktning, bredd och djup.
- SKI kan godta att de fortsatta FUD-insatserna huvudsakligen inriktas på en metod av typ KBS-3. ... Ett KBS-3-liknande förvar bör också kunna utformas så

att det kan erbjuda en rimlig avvägning mellan övergivbarhet, återtagbarhet och oåtkomlighet för det klyvbara materialet.

- SKI anser det vara en god handlingsstrategi att bygga ut djupförvaret i etapper
- ...

KASAM uttalar att:

- KASAM tillstyrker att SKB inriktar sin FUD-verksamhet under perioden 1993-1998 på en förvaring i demonstrationsskala med återtagningsmöjlighet som det första steget i sluthantering av det använda kärnbränslet,
- att detta steg omfattar 5-10% av hela den beräknade bränslemängden från det svenska reaktorprogrammet, och
- att KBS-3 är ett rimligt val för demonstrationsdeponeringen.

Regeringen uttalar i regeringsbeslutet 1993-12-16 angående SKBs FUD-program 92 att:

- Regeringen finner i likhet med SKI att FUD-program 92 uppfyller de anspråk som ställs i 12 § kärntekniklagen.
- Regeringen konstaterar att ... arbetet med att deponera använt kärnbränsle och kärnavfall i ett djupförvar planeras bli utfört i två faser, nämligen demonstrationsdeponering och slutförvaring.
- Regeringen finner i likhet med SKI och KASAM att ändringen av programmet har betydande fördelar även om slutförvarets långtidsegenskaper inte kan demonstreras. Regeringen vill särskilt framhålla att även om KBS 3-metoden skulle vara ett rimligt val för demonstrationsdeponering bör SKB inte binda sig för någon specifik hanterings- och förvaringsmetod innan en samlad och ingående analys av tillhörande säkerhets- och strålskyddsfrågor har redovisats.

Myndigheterna framför även kritik mot bl a vissa oklarheter i programmet. I regeringsbeslutet ställs med hänvisning till denna kritik krav på kompletterande redovisning till SKI enligt följande:

SKB skall komplettera FUD-program 92 genom att redovisa

- de kriterier och metoder som kan bilda underlag för val av platser lämpliga för slutförvar,
- ett program för beskrivning av förutsättningar för konstruktion av inkapslingsstation och slutförvar,
- ett program för de säkerhetsanalyser som SKB avser att upprätta,
- en analys av på vilket sätt olika åtgärder och beslut påverkar senare beslut inom slutförvarsprogrammet.

De rekommendationer som SKI och KASAM lämnat i sina yttranden bör beaktas vid kompletteringen av FUD-programmet.

SKB ser dessa kompletteringar som ett naturligt led i den fortsatta planeringen av de åtgärder som krävs för att genomföra den beslutade huvudlinjen. För fullföljande av denna krävs givetvis ett antal tunga följdbeslut gällande miljökonsekvensbeskrivningar, lokalisering, säkerhetsredovisning, investering, tillstånd enl olika lagar osv. För dessa beslut behövs underlag i olika omfattning som kommer fram genom det nu påbörjade arbetet. De kan givetvis även föranleda omprövning och förändringar av vald inriktning.

1.1 DEN KOMPLETTERANDE REDOVISNINGENS UPPLÄGGNING

De av regeringen begärda kompletteringarna av FUD-program 92 har sammanställts i denna rapport. Först redovisas vissa allmänna utgångspunkter för arbetet och beslutsprocessen. Därefter redovisas *en analys av på vilket sätt olika åtgärder och beslut påverkar senare beslut inom slutförvarsprogrammet*. Skälet till att börja med denna analys är att man därigenom får en översiktlig bild av hela processen. Därefter kan man på ett mer strukturerat och tydligare sätt redovisa de olika delar i processen som berörs i de tre först angivna punkterna i regeringens krav på kompletteringar. Dessa tre punkter redovisas sedan i tur och ordning.

2 ALLMÄNNA UTGÅNGSPUNKTER OCH BESLUTSPROCESS

Få områden har studerats så ingående som kärnavfallshantering. Det vetenskapliga arbetet sker i nära internationell kontakt och samverkan mellan ansvariga organisationer och myndigheter. Djupgående utvärderingar har genomförts successivt bl a beträffande de tekniska förutsättningarna och möjligheterna.

Ett resultat är att det finns en bred samsyn att djup geologisk deponering är en mycket bra väg att långsiktigt ta hand om avfallet på ett säkert sätt. Sådan deponering förenar en relativt enkel teknik med stor frihet vad avser förutsättningarna. Det finns solid och väl beprövad kunskap vad gäller de grundläggande frågorna. Det finns därför nu all anledning att genomföra ett första steg av deponeringen. Självfallet kan andra utgångspunkter vad gäller teknik m m också leda till andra bra lösningar med sina fördelar. Även om den valda inriktningen för det svenska programmet är bra måste man naturligtvis vara öppen för förbättringar på detta område liksom på alla andra teknikområden.

Några grundläggande utgångspunkter för den plan för det framtida arbetet som presenterades i FUD-program 92 är således att:

- SKB bedömer att kunskapsnivån nu gör det möjligt att övergå från huvudsakligen FoU-inriktad verksamhet till genomförande,
- behovet av ytterligare information om de geologiska förhållandena är huvudsakligen platsanknutet,
- ett projektinriktat arbete med tydliga mål är nödvändigt för att upprätthålla kvaliteten i arbetet.

Mot denna bakgrund presenterades en tidplan i FUD-program 92, som visar de tidigaste tidpunkter, vid vilka olika åtgärder kan genomföras. I tidplanen ingår dels aktiviteter som SKB kan kontrollera tidsåtgången för, dels aktiviteter där tidsåtgången till stor del kommer att styras av yttre faktorer. De tydligaste exemplen på de senare är den lokala beslutsprocessen i de olika etapperna i samband med lokalisering av inkapslingsanläggning och djupförvar.

Tidplanen är uppdelad i olika etapper med beslutstillfällen emellan. Innan en ny etapp påbörjas görs en bedömning om tillräcklig kunskap och information föreligger. Den etappvisa beslutsprocessen ger således möjlighet till revidering av inriktning och tidplan i varje etapp. Tidplanen i FUD-program 92 skall således ses som en inriktning för planering av arbetet för de närmaste åren och inte som en låst tidplan. Utrymme måste finnas för att anpassa tidplanen efterhand som ny information kommer fram.

Samtidigt måste arbetet bedrivas på ett effektivt sätt mot uppsatta mål. Detta innebär att arbetet successivt koncentreras mot de alternativ som bedöms ha den bästa potentialen att kunna genomföras och leda till målet – en säker slutförvaring. Successiva val av huvudinriktning kommer att göras. Dessa val sker på olika nivåer. Arbetet skiljer sig i detta avseende inte från normal projekteringsverksamhet. Som framgår av kapitel 5 tillämpas därför projekteringsmetoder i arbetet som sedan länge är etablerade inom industrin.

I FUD-program 92 valdes som huvudinriktning att det använda bränslet skall inkapslas i en kapsel av koppar och stål och att kapseln skall deponeras i ett djupförvar utformat enligt KBS-3 eller näraliggande optimerat utförande. Vidare valdes som huvudinriktning att inkapslingsanläggningen skall uppföras i anslutning till CLAB och att djupförvaret skall byggas ut stegvis. Bakgrunden är SKBs bedömning att det är möjligt att på detta sätt åstadkomma en säker inkapsling och slutförvaring av det använda bränslet till en rimlig kostnad /2-1/. Valen innebär dock inte att andra alternativ, t ex blyfylld kopparkapsel, har uteslutits, utan endast att de inte studeras vidare för närvarande. Ifall det senare visar sig att SKBs bedömning varit felaktig finns alltid möjligheten att åter påbörja studier av bortvalda alternativ. Detta kommer naturligtvis då även att påverka tidplanen för det fortsatta arbetet.

På liknande sätt kommer ett antal val att behöva göras framöver. För kapseln skall till exempel utformning och tillverkningsmetod väljas, samt förslutnings- och kontrollmetod. Flera av valen är beroende av varandra och kan behöva göras i ett sammanhang. Valen kommer att baseras på utredningar av olika slag. Något förenklat kan processen beskrivas på följande sätt:

- kravbilden formuleras,
- alternativa lösningar studeras m a p säkerhet, ekonomi, behovet av utvecklingsinsatser och risker,
- ett huvudalternativ väljs,
- om flera alternativ ligger nära varandra, om osäkerheter föreligger i kravbilden eller beträffande utvecklingsinsatser är det naturligt att fortsatt studera flera alternativ,
- om alternativen skiljer sig kraftigt beträffande kostnad eller behov av utvecklingsinsatser, men osäkerheter föreligger om kravbilden, bör kravbilden förtydligas innan slutligt val sker,
- valet dokumenteras.

För att denna process skall fungera väl är det väsentligt att kvaliteten på underlaget är god och att grunderna för valet dokumenteras tydligt, samt att information om bortsorterade alternativ bevaras. Härigenom kan man i ett senare skede göra en bedömning om förutsättningarna alltjämt är giltiga eller om tillkommande information har medfört att ett annat val bör göras.

En viktig fråga är naturligtvis när tillräcklig information föreligger för att göra ett val. Något generellt svar finns inte utan tillräckligheten måste alltid bedömas från fall till fall. Osäkerheterna i kunskapsunderlaget måste vägas mot vilket ekonomiskt/tidplanemässigt risktagande valet innebär.

Viktiga närliggande delmål i arbetet är de kommande ansökningarna om tillstånd att få uppföra en inkapslingsanläggning för använt bränsle och att få genomföra detaljundersökningar för djupförvaret. I dessa ansökningar kommer SKBs förslag till plats för och utformning av anläggningarna att presenteras. Ansökningarna kommer att vara underbyggda med miljökonsekvensbeskrivningar och säkerhetsanalyser. Som bakgrund till ansökningarna kommer en dokumentation om grunderna för SKBs val i olika steg att föreligga.

Efterhand som en koncentration av arbetet sker kommer kunskapsunderlaget för säkerhetsanalysen att successivt förbättras, dels genom mätningar och observationer som direkt knyter till verksamheten med inkapsling och djupförvaring och dels genom fortsatt stödjande FoU. Härigenom kommer successivt preciseringar att erhållas om till exempel avfallets sammansättning och mängd, kapslarnas egenskaper samt platsspecifika data om förvarsplatsen.

Detta är speciellt tydligt för djupförvaret som kommer att undergå flera omfattande säkerhetsanalyser utspridda över en lång tid – ca 60 år – med successivt preciserade platsdata. De tidiga säkerhetsanalyserna kommer med nödvändighet att behöva utgå från preliminära antaganden om platsen och från bedömningar av avfallsmängd och -sammansättning. När bränslet kapslas in kommer man att kunna mäta mängd och utbränning med relativt hög precision, vilket gör att man även har en bra kontroll på sammansättningen. Efterhand som alltmer detaljerade platsundersökningar görs förbättras kännedomen om platsen och när avfallet deponeras har man detaljerade data om platsen och förvarets utformning. Slutligen när förvaret skall förslutas har man tillgång till data från flera decenniers observationer på och omkring platsen för förvaret. Säkerhetsanalyser genomförs i de olika stegen och vid tillståndsgranskningarna prövas om underlaget och säkerhetsbedömningarna nått en mognad som är tillräcklig för nästa steg i arbetet. Tabell 2-1 ger en grov översikt av den successivt ökande dataprecisionen:

Tabell 2-1. Översikt av successivt ökande dataprecision.

Säkerhetsanalys inför	Avfallsdata	Platsdata – djupförvar
Bygge inkapsling	Beräknade	Prel data
Detaljundersökning	Beräknade	Borrhålsdata
Bygge djupförvar	Beräknade	Detaljunders data
Första deponering	Mätv+beräknade	Detaljerade byggdata
Utvärdering	Mätvärden	Detaljerade byggdata
Förslutning	Mätvärden	Flerårsobservationer

3 ANALYS AV OLIKA ÅTGÄRDER OCH BESLUT

Kravet på "en analys av på vilket sätt olika åtgärder och beslut påverkar senare beslut inom slutförvarsprogrammet" berör såväl övergripande åtgärder som mer kortsiktiga åtgärder inom det beslutade programmet. I detta kapitel diskuteras de övergripande åtgärderna och besluten i det längre tidsperspektivet från 1990-talet till dess att slutförvaret förseglats i mitten av nästa århundrade eller senare.

I det kortare tidsperspektivet fram till första kapseldeponering är den efterfrågade analysen en integrerad del av de kompletterande program som efterfrågas rörande förutsättningar för konstruktion respektive säkerhetsanalyser och redovisas i dessa avsnitt.

Frågor som diskuteras här är bl a:

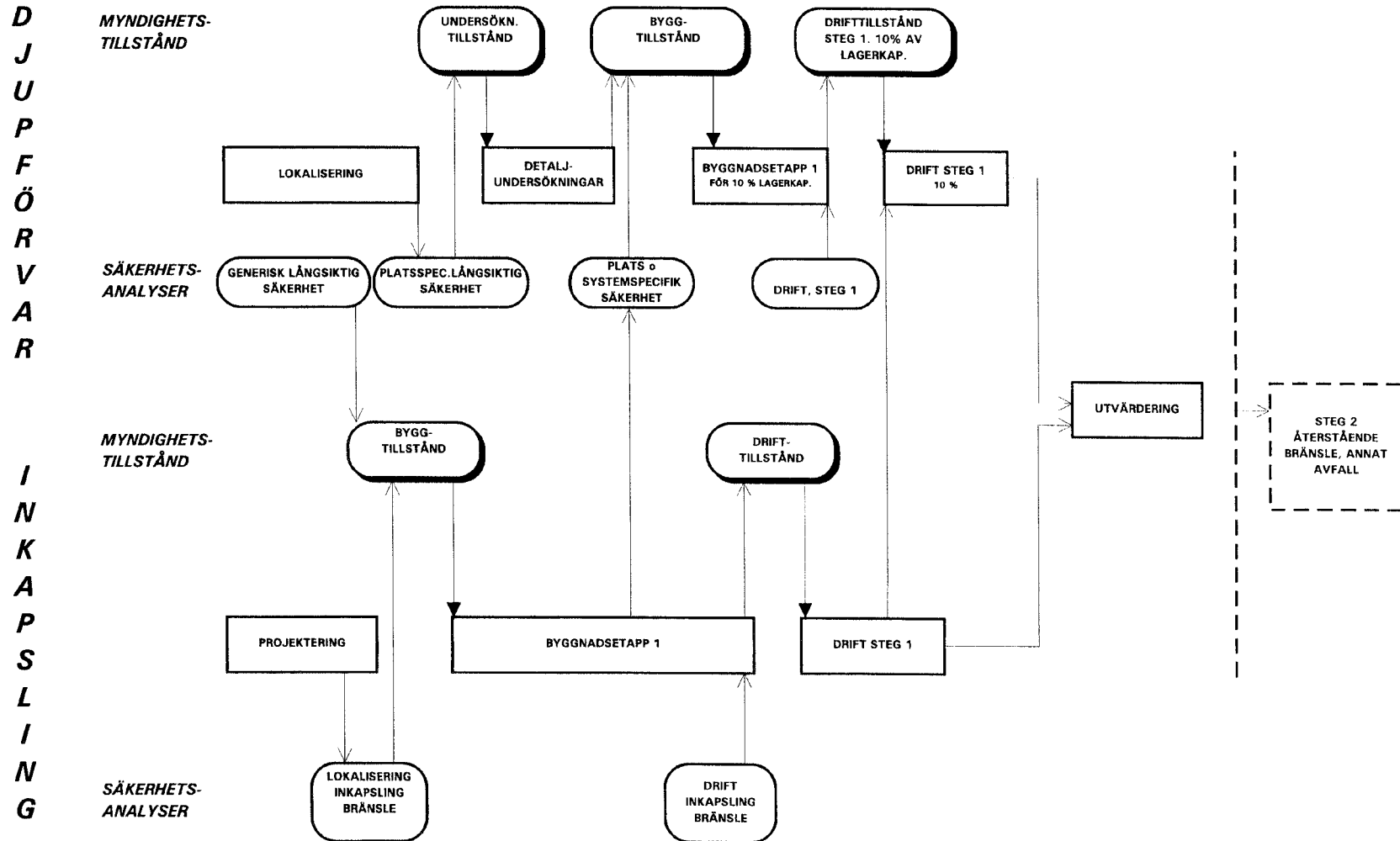
- logikschema över åtgärder och beslut,
- grad av bindning i olika steg och kvarstående frihetsgrader,
- återtagbarhet efter demonstrationsfasen, beslut om detta, möjlighet att byta metod,
- kostnader för återtagande och metodbyte.

3.1 ÖVERSIKT ÖVER ÅTGÄRDER OCH BESLUT

Utbyggnad av en inkapslingsanläggning och ett djupförvar samt deponering av inkapslat bränsle i djupförvaret innefattar ett stort antal åtgärder som beslutas stegvis. Figur 3-1 ger ett översiktligt logikschema över de viktigaste större stegen i processen. Åtgärder som berör djupförvaret omsluter en tidrymd av ca sextio år eller längre från start av förstudier fram till genomförd förslutning av ett helt utbyggt förvar.

För djupförvaret urskiljer man följande etapper:

- **Lokalisering** som sker i två etapper där den första etappen omfattar förstudier och översiktstudier och andra etappen platsundersökningar. De senare genomförs i första hand på två platser som väljs på grundval av för- och översiktsstudierna. Se vidare kapitel 4.
- **Detaljundersökningar** av en plats. Utförande av sådana undersökningar förutsätter att tillstånd erhållits enligt lagen om hushållning med naturresurser (NRL) /3-1/. Arbetet innebär att byggnadsarbeten i berg genomförs i viss omfattning. Se vidare kapitel 4 och 5.
- **Byggnadsetapp 1** som avser anläggning för deponering av ca 10% av det använda kärnbränslet från det svenska programmet. Under denna etapp byggs ovanjordsanläggning och erforderliga deponeringsutrymmen under jord. Samtidigt tillverkas, levereras och provas erforderlig utrustning för deponering av inkapslat bränsle och för därmed sammanhängande verksamheter. Se vidare kapitel 5.



Figur 3-1. Logikschema över de viktigaste större stegen i djupförvarsprogrammet jämte erforderliga säkerhetsanalyser och tillstånd enligt naturresurslagen (NRL) och kärntekniklagen (KTL). Den övre halvan på figuren avser lokalisering, utbyggnad och drift av ett djupförvar medan den undre halvan avser motsvarande steg för en inkapslingsanläggning. För vardera anläggningen markeras huvudaktiviteter (mittraden), viktiga beslut och tillstånd (övre raden) samt planerade större säkerhetsanalyser (undre raden).

- **Drift steg 1** som omfattar deponering av inkapslat använt kärnbränsle; ca 10% av den mängd som produceras av de svenska kärnkraftverken fram till 2010, dvs ca 800 ton (uranvikt) eller ca 400 kapslar.
- **Utvärdering** (av Drift steg 1). Om denna utfaller till förmån för fortsatt deponering av återstående mängd använt bränsle samt annat långlivat avfall ansökes om erforderliga tillstånd för utbyggnad och drift steg 2.
- **Bygge och drift steg 2** som omfattar deponeringsutrymmen för allt återstående använt kärnbränsle och allt annat långlivat avfall. Arbetena omfattar bergarbeten, byggnadsarbeten samt leverans och provdrift av utrustning för de delar av djupförvaret som inte ingår i steg 1. I den mån så erfordras m h t erfarenheter från drift och utvärdering modifieras utformningen av anläggningen och utrustning. Under driftsteg 2 deponeras återstående avfall. Detta steg är den i tid mest långvariga etappen i hela kedjan.
- **Övervakad lagring i djupförvaret** under så lång tid man önskar. **Förslutning** av djupförvaret. Denna aktivitet ej markerad i logikskemat.

För **inkapslingsanläggningen** urskiljer man följande etapper:

- **Projektering** av anläggningen inklusive beslut om kapselutformning och genomförande av erforderligt avslutande utvecklingsarbete. Projekteringen genomförs i flera steg med successivt ökande detaljeringsnivå fram till ansökan om tillstånd enligt NRL och KTL, vilka förutses inlämnade samtidigt. Som underlag krävs en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) bl a med dels en preliminär säkerhetsrapport för själva inkapslingsanläggningen och dels en första säkerhetsanalys av långtidssäkerheten för ett djupförvar med inkapslat använt bränsle. Se vidare kapitel 5.
- **Byggnadsetapp 1** som omfattar detaljprojektering och bygge av anläggning för inkapsling av använt kärnbränsle samt inaktiv provdrift av denna. Se vidare kapitel 5.
- **Drift steg 1** som omfattar aktiv provdrift samt inkapsling av ca 10% av det använda kärnbränslet.
- **Utvärdering.** Sammanfaller med utvärdering av djupförvarens första steg enligt ovan.
- **Byggnad och drift steg 2** som omfattar utbyggnad med en del för inkapsling av annat långlivat avfall (främst hårdkomponenter) samt inkapsling av resterande använt kärnbränsle och annat långlivat avfall.
- Eventuell **rivning** av anläggningen och deponering av uppkommet rivningsavfall – ej markerad i logikskemat.

3.2 HUR PÅVERKAR ÅTGÄRDER SENARE BESLUT – ”BINDNINGAR”?

Beslut om olika åtgärder medför alltid vissa bindningar i olika avseenden. Det kan i detta sammanhang vara rent fysiska bindningar, dvs att åtgärden medför att man förändrar avfallets fysiska tillstånd eller egenskaper så att man försvårar eller omöjliggör återgång till tidigare tillstånd eller att senare välja en alternativ väg. Det kan också vara att ett beslut om en viss åtgärd binder upp stora resurser vilket i sin tur medför att övergång till en alternativ väg försvåras av brist på pengar.

I den plan som presenterats av SKB kommer fysiska åtgärder som direkt påverkar avfallet att genomföras först när inkapslingen påbörjas efter det att erforderliga utvecklings-, projekterings- och byggnadsarbeten genomförts och nödvändiga tillstånd från myndigheter erhållits. Detta inträffar tidigast 2008. Stora uppbindningar av resurser kommer dock att ske tidigare – särskilt när byggnadsarbeten påbörjas för inkapslingsanläggningen och när detaljundersökningar startar för djupförvaret.

I Tabell 3-1 ges en kort sammanfattande översikt av åtgärder som planeras och de bindningar och den resursförbrukning som de leder till. Åtgärderna ges i tidsföljd i tabellen och anknyter till de etapper som redovisats i Figur 3-1 och i avsnitt 3.1 ovan. Resursuppbindningen ökar etappvis enligt Figur 3-2.

Tabell 3-1. Översikt av åtgärder, bindningar, resursförbrukning, säkerhetsanalyser och erforderliga formella tillstånd.

Pos	Åtgärd	Bindningar	Resurser	Tillstånd
1	Lokalisering	Inga större	500 Mkr	Markägare
2	Detaljundersökning	Djupförvarsplats	900 Mkr	NRL ev KTL
3	Projektering inkapsl	Kapselutformn Lok inkaps anl	300 Mkr	Inga
4	Bygge 1 inkapsl	Inkapsl-process	1300 Mkr	NRL+KTL
5	Bygge 1 djupf	Utformn djupförv	2300 Mkr	KTL + ev NRL
6	Drift 1 inkapsl	Inkapsl bränsle	400 Mkr	mynd KTL, SSL
7	Drift 1 djupf	Deponering kapslar	300 Mkr	mynd KTL, SSL
8	Utvärdering		300 Mkr	
9	Bygge+drift steg 2	Avfallet deponerat	9000 Mkr	KTL, mynd KTL, SSL
10	Förslutning	Slutförvaring	1000 Mkr	KTL

Förkortningar:

NRL = naturresurslagen	Lok = lokalisering
KTL = kärntekniklagen	anl = anläggning
SSL = strålskyddslagen	inkapsl = inkapsling
mynd = myndighetstillstånd	djupf = djupförvar
Mkr = miljoner kronor	

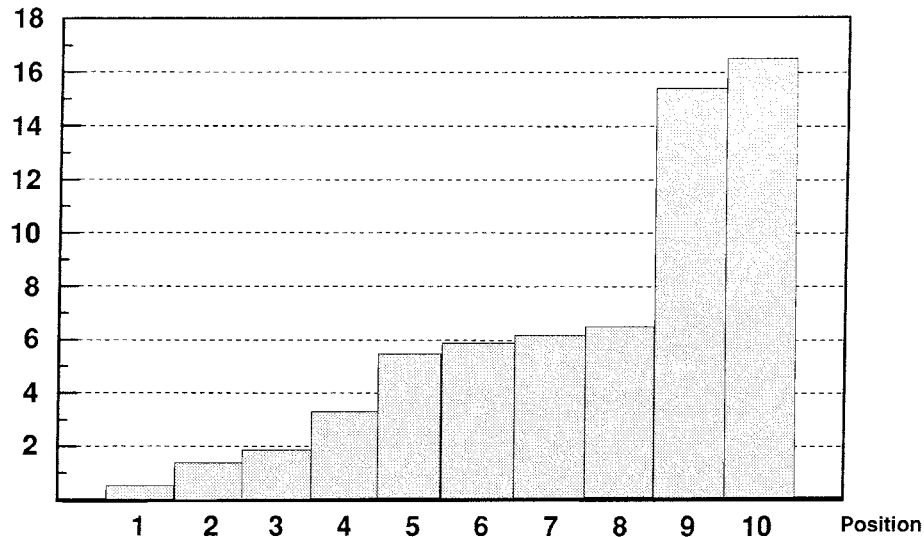
Not: Uppskattningen av resurser baserad på PLAN 94 /3-2/; inga osäkerhetspåslag medräknade här.

De olika etapperna diskuteras i det följande.

Lokalisering (1):

- Dessa arbeten syftar till att ta fram erforderligt underlag för att välja lämplig plats för ett djupförvar.
- Arbetet i sig innebär ingen egentlig teknisk bindning för framtiden.
- Resursåtgången bedöms till ca 500 Mkr för översikts- och förstudier, platsundersökningar samt framtagande av säkerhetsanalyser och MKB.

Miljarder kronor



Figur 3-2. Ackumulerad resursuppbinding (miljarder kronor) för huvudaktiviteter (etapper) i Tabell 3-1.

- Slutresultat från etappen är bl a underlag för en platsanknuten säkerhetsanalys som kommer att utgöra en viktig del av ansökan om tillstånd att göra detaljundersökningar på en av platserna. Denna säkerhetsanalys genomförs i två etapper där den första etappen baseras på preliminära eller allmänna (generiska) platsdata och skall ge underlag för tillstånd att påbörja byggandet av inkapslingsanläggningen.
- Det formella tillstånd som krävs är endast överenskommelse med berörda markägare om att få genomföra erforderliga borrhningar och undersökningar. I vissa fall kan krävas tillstånd från lokal byggnadsnämnd eller miljö- och hälsovårdsförvaltning.
- Ett ev beslut att avbryta arbetet efter en genomförd platsundersökning på en ort innebär att resurser förbrukats men har inga tekniska konsekvenser.

Detaljundersökning (2):

- Dessa arbeten syftar till att undersöka berget på en plats i detalj genom tunneldrivning och/eller schaktsänkning och därigenom slutligt fastställa om platsen är lämplig eller ej.
- Samtidigt genomförs fortsatt projektering av djupförvaret och av erforderlig utrustning för detta.
- Detaljundersökningen ger underlag för att sammanställa en detaljerad platsspecifik säkerhetsanalys. Denna omfattar i första hand förvarets långsiktiga säkerhet men även en preliminär redovisning av den operativa säkerheten. Den ger underlag för en ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen (KTL) att bygga första steget av ett djupförvar.
- Arbetet innebär om man är framgångsrik att platsen för djupförvaret bestäms. Arbetena innebär också viss bindning till utförande av ett framtida djupförvar

speciellt vad gäller förläggningsdjup – man torde i varje fall inte välja ett väsentligt mindre djup för förvaret på den valda platsen än för den anläggning som etableras under detaljundersökningen.

- Utförandet av detaljundersökningen är också till viss del beroende av vilket utförande av djupförvaret man har i åtanke. Målet för utformning är dock att anpassa djupförvaret allteftersom mer data kommer fram så att man når ett optimalt utnyttjande av det valda berget.
- Arbetenas omfattning beror på förhållandena på den specifika platsen. Karaktären på verksamheten överensstämmer i stort med de arbeten som utförts vid Äspölaboratoriet åren 1990 – 1994. Resursåtgången bedöms till 900 Mkr och tidsåtgången till ca 4 år; inklusive samtidigt pågående projektering.
- För genomförande av detaljundersökning krävs tillstånd enligt naturresurslagen.
- Ett ev beslut att avbryta arbetet på en plats efter en genomförd detaljundersökning innebär att betydande resurser förbrukats, att man så långt möjligt måste återställa platsen i ursprungligt skick men har i övrigt inga tekniska konsekvenser för det använda kärnbränslet.

Byggnadsetapp 1 för djupförvaret (5):

- Arbetena innebär utbyggnad av ovanjordsanläggning för omhändertagande av kapslar och beredning av material som behövs vid deponering samt utbyggnad av underjordsanläggning för deponering av ca 400 kapslar. I anslutning till byggnadsarbetena fortsätter insamlingen av data för platsen.
- Djupförvarets lokalisering fastställs definitivt vad gäller steg 1.
- Förvarsdjup och -utformning fastställs för steg 1 av djupförvaret; likaså teknik för hantering av kapslarna vid deponering samt förutsättningarna för ett eventuellt senare återtagande av kapslarna.
- Resursåtgången beräknas till ca 2300 Mkr under ca 4 år (inkluderar projektering och byggherrekostnader men inte ev infrastruktur-investeringar för transporter – de senare beror starkt av lokaliseringen och kan i ogynnsamma fall uppgå till betydande belopp).
- En (slutlig) säkerhetsrapport för djupförvaret utarbetas baserad på alla tillgängliga data och på slutligt utförande. Denna rapport omfattar såväl säkerhet och strålskydd vid hantering och drift som den långsiktiga säkerheten efter förslutning. Den ger underlag för ansökan om drifttillstånd från myndigheterna.
- För genomförande av denna byggnadsetapp krävs bl a regeringens tillstånd enligt kärntekniklagen.

Projektering av inkapslingsanläggningen (3):

- Arbetena innebär utprovning av teknik för kapselförslutning, val av detaljerad kapselutformning, val av teknik och utformning av inkapslingsanläggning.
- Arbetena innebär ingen stark teknisk bindning.
- Resursåtgången uppskattas till ca 300 Mkr.
- I samband med projekteringen utarbetas preliminära säkerhetsanalyser dels för inkapslingsanläggningen som sådan och dels för djupförvaring av kapslarna (se även lokalisering ovan).

- För genomförande av projekteringen krävs inga formella tillstånd från myndigheter.
- Ett ev beslut om att avbryta arbetena efter projektering av inkapslingsanläggningen innebär att lokalisering och detaljundersökning för djupförvaret kan fortsätta men att projektering och bygge av djupförvaret ej kan genomföras.

Byggnadsetapp 1 för inkapslingsanläggningen (4):

- Arbetet innebär utbyggnad av inkapslingsanläggningen för inkapsling av använt bränsle samt inaktiv provdrift av anläggningen.
- Anläggningens lokalisering fastställs innan etappen startar. Arbetena innebär också att kapselns och inkapslingprocessens detaljutformning för deponeringssteg 1 slutligt bestäms.
- Resursåtgången beräknas till ca 1300 Mkr under ca 9 år. Skälet till den långa tiden är framförallt att en omfattande inaktiv provdrift förutses m h t att detta blir den första anläggningen i sitt slag.
- En slutlig säkerhetsrapport för hanteringen i anläggningen tas fram baserat på bl a erfarenheter från provdriften. Den ger underlag för ansökan om drifttillstånd från myndigheterna.
- För genomförande av denna byggnadsetapp krävs bl a tillstånd enligt naturresurslagen och kärntekniklagen.

Driftsteg 1 för inkapslingsanläggningen (6):

- Upp till 800 ton (uranvikt) använt bränsle kapslas in.
- Om huvudalternativet kopparkapsel med inre stålbehållare väljs kan kapslarna öppnas vid ett senare tillfälle och bränsleelementen återtas. Om den blyfyllda kopparkapseln skulle väljas blir eventuell framtida öppning av kapslarna besvärligare och man kan inte räkna med att bränsleelementen är intakta.
- Kapslarna placeras i buffertlager vid inkapslingsanläggningen och sänds därifrån successivt till djupförvaret, allt efter dettas kapacitet att ta emot kapslar.
- Resursåtgången beräknas till 400 Mkr under 3 à 4 år.
- För start av driften krävs slutligt myndighetstillstånd enligt bl a kärntekniklagen och strålskyddslagen.

Drift steg 1 för djupförvaret (7):

- Ca 400 kapslar deponeras under 3 à 4 år på ett återtagbart sätt. Några enstaka kapslar förses med speciella övervakningsinstrument, som eventuellt tas bort i ett senare skede.
- Deponeringen i sig innebär ingen ytterligare teknisk bindning. I det fall att man väljer att avbryta efter steg 1 kan kapslarna åter tas upp.
- Resursåtgången beräknas till 300 Mkr; inkl förslutning av deponeringstunnlar.

Utvärdering (8):

- Resultat och erfarenheter från byggande och drift av inkapslingsanläggning och djupförvarets första steg utvärderas. Likaså utvärderas erfarenheter från parallell

FoU på alternativa hanterings- och slutförvaringsmetoder samt från andra länders motsvarande program.

- Utvärderingen resulterar antingen i beslut om att gå vidare på den påbörjade vägen eller i att man skall göra något annat. SKBs bedömning är såsom framhölls i FUD-program 92 att man kommer att bygga ut djupförvaret i full skala.
- Vid beslut om fortsättning sammanställs en säkerhetsrapport som reviderats m h t vunna erfarenheter. Denna rapport utgör underlag för ansökan om tillstånd enligt kärntekniklagen m fl lagar om att fortsätta med utbyggnad till full storlek för djupförvaret och med kompletterande delar av inkapslingsanläggningen.
- Vid beslut om att avbryta verksamheten måste antingen de deponerade kapslarna återtagas och föras till mellanlager eller förvaret förslutas ev efter någon tids övervakning.

Bygge och drift steg 2 (9):

- Byggnadsarbetena i inkapslingsanläggningen omfattar framförallt de delar av anläggningen som skall behandla annat långlivat avfall. Utbyggnad av djupförvaret bedöms kunna genomföras i deletapper parallellt med deponering av avfall. Inriktningen bör vara att ha så jämn sysselsättning med bergarbeten som möjligt.
- Detta steg innebär slutlig konditionering och deponering av allt avfall inklusive återstående använt bränsle.
- Resursåtgången beräknas till ca 190 Mkr/år för inkapsling m m och till ca 250 Mkr/år för deponering i djupförvaret. Sammanlagt blir detta ca 9000 Mkr under drygt 20 år inklusive byggnadsarbeten, drift och återfyllning av deponeringstunnlar.
- Möjlighet finns under hela denna period att besluta om återtagande av avfallet.

Förslutning av djupförvaret; rivning av inkapslingsanläggning m m (10):

- Arbetet omfattar försegling och förslutning av djupförvaret efter det att allt uppkommet långlivat avfall inklusive rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen har deponerats.
- Förslutningen kan även ske i etapper där övervakningen successivt dras ned. En del av övervakningen kan vara en sista inspektion av tidigt deponerade och ev instrumenterade kapslar som åter deponeras innan man gör sista etappen av förslutningen. Vid förslutningen sker också slutlig arkivering av relevant information om avfallet och förvaret samt erforderlig lämplig markering av förvaret.
- Resursåtgången bedöms till ca 1000 Mkr.
- Förslutningen förutsätter tillstånd från myndigheter. Här förutses att sådant tillstånd baseras på en sista reviderad säkerhetsanalys som beaktar alla erfarenheter som vunnits under deponeringsperioden.
- Efter förslutning av djupförvaret krävs ingen fortsatt övervakning för att förvaret skall vara säkert. Möjlighet finns dock till detta liksom teknisk möjlighet att återtaga avfallet om så skulle befinnas önskvärt.

3.3 MÖJLIGHET ATT ÅTERTA AVFALLET EFTER FÖRSTA UTBYGGNADSTEGET

I det första utbyggnadssteget deponeras endast ca 10% av det använda bränslet. Därefter sker en ingående utvärdering och nytt tillstånd förutsättes för att gå vidare på den inslagna vägen.

De ca 400 bränslekapslar som deponerats kan återtagas om man skulle finna skäl till detta. Kostnaden för detta bedöms till ca 600 Mkr. De investeringar som gjorts i inkapslingsanläggningen och i djupförvaret är betydande – sammanlagt ca 5000 Mkr, varav drygt 4000 Mkr investeras före den första inkapslingen av använt kärnbränsle.

Ett skäl för ev återtagande skulle t ex kunna vara att den (internationella) tekniska utvecklingen lett till att andra hanterings- och/eller behandlingsmetoder för det använda bränslet bedöms som mycket attraktiva. Ett annat skäl skulle kunna vara att man inte önskar fortsätta på den valda platsen.

Kostnaderna för eventuell alternativ hantering av det använda bränslet kan naturligtvis ej bedömas i dag. De blir starkt beroende på vilken teknik som utvecklas och hur väl denna utveckling lyckas. Tekniskt är i princip alla tänkbara vägar öppna. Beroende på slutligt val av kapselutformning kommer det dock att vara mer eller mindre besvärligt att ”ta ut” bränsleelementen för alternativ behandling. Koppar/stål-kapseln är därvid enklare än andra studerade alternativ.

Djupförvaret bedöms kunna användas och behövas för slutförvaring av långlivat avfall från alternativ hantering av det använda bränslet och från annan verksamhet. Likaså bedöms väsentliga delar av inkapslingsanläggningen kunna användas för annan inkapsling om detta skulle vara önskvärt.

SKBs bedömning är emellertid såsom redan framhållits att man kommer att vilja bygga ut djupförvaret till full skala.

4 KRITERIER OCH METODER SOM KAN BILDA UNDERLAG FÖR VAL AV PLATSER LÄMPLIGA FÖR DJUPFÖRVAR

I sitt beslut om FUD-program 92 säger regeringen bl a att:

”Regeringen konstaterar att SKB i förhållande till vad som redovisades i FoU-program 89 ändrat metod för val av platser lämpliga för slutförvar. Regeringen delar den uppfattning som framförts av såväl SKI som KASAM att det av FUD-program 92 inte klart framgår efter vilka metoder eller kriterier som urvalsprocessen kommer att bedrivas.”

”Enligt regeringens uppfattning är en god offentlig insyn önskvärd i urvalsprocessen. SKB bör lämna information om sitt arbete i detta avseende till SKI, SSI, KASAM, Boverket samt berörda länsstyrelser och kommuner.”

Mot denna bakgrund har regeringen i sitt beslut angett att:

”SKB skall komplettera FUD-program 92 genom att redovisa

- de kriterier och metoder som kan bilda underlag för val av platser lämpliga för slutförvar.”*

Detta kapitel innehåller en sådan redovisning.

4.1 UTGÅNGSPUNKTER FÖR LOKALISERINGSARBETET

Viktigast för lokalisering av djupförvaret är att välja en plats där de säkerhetsmässiga förutsättningarna är mycket goda. Sedan mitten av 1970-talet har SKB genomfört omfattande typområdesundersökningar och andra studier av geologiska förhållanden på djupet i svensk berggrund. Mycket omfattande studier har särskilt bedrivits i Stripa gruva samt pågår för närvarande i Äspölaboratoriet. Vidare har SKB och andra organisationer gjort ett antal ingående säkerhetsanalyser för djupförvar i den miljö som återfinns i svensk berggrund. Baserat på detta material bedöms många kommuner kunna ha platser med mycket goda förutsättningar ur säkerhetssynpunkt. Man kan också notera att det finns en betydande kunskap från lokalisering och byggande av berganläggningar för gruvverksamhet, kraft, oljelager och försvar i de flesta delarna av Sverige. Ur bergbrytningssynpunkt kan ett djupförvar jämföras med väl etablerad teknik för gruvbrytning och de hydrogeologiska frågorna är även aktuella för olje- och gaslagring. Det som särskiljer djupförvaret från andra berganläggningar är de höga krav som ställs på detaljerad kartläggning av bergets egenskaper för att utreda de långsiktiga säkerhetsfrågorna. I det avseendet har SKBs undersökningar av typområden m m givit ny väsentlig kunskap. SKBs slutsats av dessa allmänna erfarenheter av berganläggningar och egna specifika insatser är att det finns en betydande frihet att finna förvarsområden med utmärkta förhållanden för att isolera det radioaktiva materialet.

Mot denna bakgrund är det därför rimligt och realistiskt att i första hand vända sig till kommuner som själva önskar medverka eller på annat sätt visar ett intresse och där utreda förutsättningarna för lokalisering av ett djupförvar. Möjligheterna i kommuner som redan har kärnteknisk verksamhet bör också belysas. Bland kommuner med bra förutsättningar med avseende på säkerhet och med ett eget intresse för ett djupförvar kommer lokaliseringen att ske med hänsyn till resultaten av en närmare analys av säkerhet och miljöpåverkan, transportförutsättningar, erfarenhet av industriverksamhet samt existerande infrastruktur i övrigt.

Som underlag för kommande platsval sammanställer SKB översiktsstudier av hela landet och kommer att genomföra förstudier i ett antal (5-10) kommuner. I FUD-program 92 har vidare angivits att platsundersökningar skall göras på minst två orter. Baserat på resultaten av platsundersökningarna väljs en av dem för s k detaljundersökning.

Den formella prövningen av SKBs val av plats bör ske innan en detaljundersökning påbörjas. Det finns starka skäl för detta. Kärntekniklagen innebär att det är SKBs ansvar att ta fram nödvändigt underlag för platsvalet. Innan samhällets samlade prövning av platsvalet sker bör därför SKB ha tagit fram tillräckligt med underlag för att SKB skall kunna ha en välgrundad och tydlig uppfattning om vilken plats man vill föreslå. För detta krävs att de utredningar och undersökningar som ingår i översiktsstudier, förstudier och platsundersökningar har genomförts.

Ytterligare omfattande kunskap om en plats erhålls genom en detaljundersökning. Det är emellertid inte lämpligt att invänta att också detaljundersökningen genomförs innan platsvalsprövningen sker. En detaljundersökning innebär en så pass omfattande etablering och investering på en ort att en samlad prövning bör ske innan den påbörjas. Denna syn uttrycks också i regeringsbeslutet om FoU-program 89 där det konstaterades att SKBs förslag till platsval kommer att granskas ”i anslutning till att SKB ansöker om tillstånd för detaljundersökning...”. Regeringens beslut angående FUD-program 92 innebär ingen förändring i detta avseende.

Uppläggningsen av ansökan och omfattningen av granskningen i samband med SKBs val av plats för detaljundersökning behöver diskuteras närmare mellan SKB, berörda myndigheter, kommuner och regeringen. Granskningen kan förväntas omfatta hela det underlag som då finns tillgängligt avseende planerade detaljundersökningar, bygge och drift av djupförvaret liksom säkerheten på lång sikt. Det behöver dock klarläggas närmare vad ansökan formellt skall omfatta i detta skede och enligt vilka lagar och i vilken ordning den bör prövas. SKB avser att återkomma i denna fråga och ta upp en diskussion med berörda myndigheter under hösten 1994.

Det framgår av vad som sagts ovan att SKBs uppläggning av lokaliseringsarbetet bygger på en övertygelse om att det är möjligt att finna en plats som uppfyller höga miljö- och säkerhetskrav samtidigt som man söker en lokal förståelse för djupförvars-etableringen. Denna uppläggning har ifrågasatts av en del remissinstanser vid granskningen av FUD-program 92 och i den debatt som pågår med anledning av de förstudier som nu genomförs i Storuman och Malå. Man har bl a framfört farhågor för att behovet av sysselsättning snarare än kraven på säkerheten styr lokaliseringsarbetet. Det finns också de som menar att man genom systematisk kartläggning av från början kanske många hundra potentiellt möjliga platser stegvis skall sortera fram den bästa platsen. Etableringen bör enligt detta synsätt sedan ske även om aktuell kommun och lokalbefolkningen motsätter sig djupförvaret.

I diskussionen om lokaliseringsprocessen har man också pekat på den frihet med vilken SKB själv kan välja att lägga upp lokaliseringsstudierna fram till dess att en plats väljs för detaljundersökning. En starkare styrning eller närvaro från myndigheter och statsmakterna i lokaliseringsprocessens inledning har därvid efterlysts.

SKB har noga följt och deltagit i den debatt som mycket kortfattat redovisats ovan. Den diskussion och det arbete som sker i anslutning till de nu pågående förstudierna har givit mycket värdefulla erfarenheter. Följande slutsatser har dragits av diskussionen och erfarenheterna sedan FUD-program 92 skrevs:

- Det finns ett brett stöd i samhället och i lagarna för att seriöst och målmedvetet söka en lösning som uppfyller såväl säkerhetskraven som önskan om lokal acceptans. Det existerande svenska systemet med mellanlagring i CLAB gör det möjligt att utan tidspress grundligt pröva möjligheterna att genomföra djupförvaringen i samverkan och med uppfyllande av höga miljö- och säkerhetskrav. Det är därför inte försvarbart att utforma lokaliseringsprocessen med utgångspunkten i att man slutligen måste tvinga sig på en ort.
- Det är viktigt, med tanke på det entydiga producentansvar som kärntekniklagen ålägger kraftindustrin, att SKB har möjlighet att ta de initiativ och genomföra de studier som man bedömer är nödvändiga. En detaljreglering av lokaliseringsarbetet är inte önskvärd och en mer omfattande granskning bör anstå till dess SKB har underlag för att välja en plats för detaljundersökningar.
- Det är angeläget att lokaliseringsprocessen fram till val av plats för detaljundersökning förtydligas vad gäller t ex:
 - tidigare nämnda oklarheter om hur prövningen inför detaljundersökning skall ske,
 - förtydligande av lokaliseringsfaktorer och kriterier,
 - grunder för val av kommuner för förstudier,
 - grunder för val av områden för platsundersökningar, samt
 - behovet av att förstärka kommunernas roll och resurser redan i inledningsskedet av lokaliseringsprocessen, d v s under förstudier och platsundersökningar.

Föreliggande kompletterande redovisning av lokaliseringskriterier och metoder för platsval bör bidra till bättre klarhet om lokaliseringsprocessen.

Det faktum att ett par konkreta förstudier påbörjats har bidragit till att klargöra den förstärkning som krävs vad gäller bl a kommunernas roll och resurser. Frågan måste lösas av statsmakterna och SKB stödjer uppfattningen att kommuner för vilka förstudier genomförs bör ges medel för medverkan, granskning och information i anslutning till förstudierna. Det är också viktigt att tidigt etablera former för ett vetenskapligt/tekniskt stöd till berörda kommuner från tillsynsmyndigheterna för säkerhet och strålskydd.

Slutligen är det viktigt att bra former etableras för att ta fram miljökonsekvensbeskrivningar som bl a skall ligga till grund för besluten om plats för djupförvaret. Den frågan ligger utanför ramen för den begärda redovisningen. Man kan dock konstatera att förberedande arbeten redan görs av såväl SKB som berörda myndigheter. SKBs intryck från diskussioner med kommuner, myndigheter och andra är att det finns en grundläggande samsyn och konstruktiv vilja att genomföra ett brett och öppet arbete med miljökonsekvensbeskrivningarna så att beslutsunderlaget blir så bra som möjligt.

MKB-processen bör utformas i sina huvuddrag innan platsundersökningar påbörjas i en kommun. Därvid skall bl a principer anges för hur processen läggs upp och dokumenteras. Viktiga aktörer är framförallt de som kan komma att hysa anläggningen (kommunen), den som skall driva anläggningen (SKB) samt tillsynsmyndigheter och länsstyrelse.

4.2 LOKALISERINGSFAKTORER OCH KRITERIER

De nordiska strålskydds- och kärnsäkerhetsmyndigheterna publicerade 1993 rapporten "Disposal of High Level Radioactive Waste, Consideration of some Basic Criteria" /2-1/, den s k "flaggboken". Dokumentet beskriver de fundamentala kraven för förvaring av högaktivt avfall, med tonvikt på de långsiktiga säkerhetsaspekterna i ett geologiskt djupförvar. Därvid har man beaktat rekommendationer och överväganden publicerade av International Commission on Radiological Protection (ICRP), Nuclear Energy Agency i OECD (NEA) och International Atomic Energy Agency (IAEA) (referenser i /4-1/).

Lokaliseringsfaktorer (= data, egenskaper, förhållanden) kan enligt "flaggboken" indelas i tre huvudgrupper: Det geologiska mediet, miljöfaktorer och samhällsfaktorer. SKB tillämpar en indelning som täcker de tre huvudgrupperna i strålskydds- och säkerhetsmyndigheternas indelning men som också starkare anknyter till de funktionella kraven på djupförvaret:

Säkerhet	Lokaliseringsfaktorer av betydelse för djupförvarets långsiktiga säkerhet.
Teknik	Lokaliseringsfaktorer av betydelse för byggnation, funktion och säker drift av djupförvaret.
Mark- och miljö	Lokaliseringsfaktorer av betydelse för markutnyttjande och generell miljöpåverkan.
Samhällsaspekter	Lokaliseringsfaktorer kopplade till samhällsförutsättningar och samhällspåverkan.

4.2.1 Allmänna aspekter

Det finns grundläggande krav som måste uppfyllas av ett djupförvar. Det gäller i första hand den långsiktiga säkerheten och eventuell miljöpåverkan i övrigt. Dessa krav definieras av lagar och föreskrifter från myndigheterna. Huruvida kraven uppfylls för ett djupförvar på en specifik plats prövas i samband med att myndigheterna granskar de säkerhetsanalyser och miljökonsekvensbeskrivningar som SKB kommer att redovisa. Oberoende av hur valet av plats har gått till så är det resultaten av sådana breda och ingående analyser av säkerhet och miljöpåverkan som slutligen avgör om djupförvaret kan få uppföras på den aktuella platsen.

En helhetsbedömning av framför allt den långsiktiga säkerheten kräver tillgång till platsspecifika data om berggrundsförhållanden. Sådana data kan bara erhållas genom att omfattande undersökningar genomförs på platser som måste väljas på delvis ofullständigt underlag. Detta förhållande särskiljer lokalisering av undermarksanläggningar i allmänhet och ett djupförvar i synnerhet från andra industri-lokaliseringar (ovanjordsanläggningar) där kunskap om alla viktiga faktorer är förhållandevis lättillgänglig. Detta påverkar i sin tur uppläggningsarbetet och sättet att arbeta med lokaliseringskriterier. Statens kärnkraftinspektion, SKI, har i sitt remissyttrande /4-2/ över FUD-program 92 gjort följande kommentar i detta sammanhang.

"SKI vill å andra sidan framhålla att det inte är meningsfullt att rangordna platser med syftet att hitta den bästa platsen. Flera viktiga egenskaper, främst avseende den lokala grundvattenomsättningen och bergets retardationsförmåga kan förmodligen

inte bestämmas utan omfattande undersökningar. SKI inser därför att SKB måste grunda sin lokalisering på ett delvis ofullständigt beslutsunderlag. Detta innebär att SKB måste ha flexibilitet i utvärderingen av olika platser. Kommande platsundersökningar och detaljundersökningar av en viss plats kan resultera i att platsen måste överges. Ju längre SKB har undersökt en plats desto större blir bindningen till den. Det är därför viktigt att SKB så tidigt som möjligt undviker platser med dålig prognos att ge säker slutförvaring.”

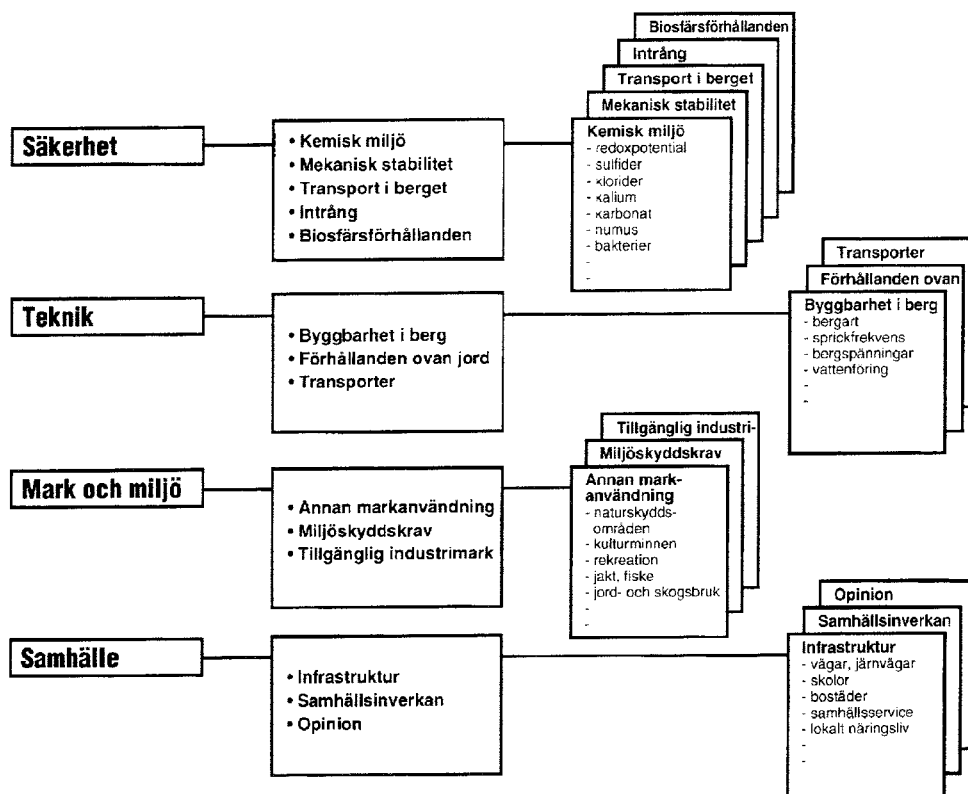
SKB delar SKIs uppfattning och mot bakgrund av ovanstående resonemang har SKB valt att arbeta med lokaliseringsfaktorer och kriterier på följande sätt:

- Identifiering av grundläggande säkerhetskrav på ett djupförvar.
- Identifiering av allmänt gynnsamma förhållanden för möjligheten att lokalisera och uppföra ett säkert djupförvar.
- Identifiering av diskvalificerande faktorer för möjligheten att lokalisera och uppföra ett säkert djupförvar.

Utifrån de grundläggande säkerhetskraven och gynnsamma resp ogynnsamma förhållanden har i sin tur lokaliseringsfaktorer identifierats. I varje led av lokaliseringsstudierna kartläggs kunskapen om lokaliseringsfaktorerna. Resultaten används som vägledning för det fortsatta arbetet. Områden som bedöms inte kunna uppfylla kraven ("dålig prognos") utesluts från fortsatta studier. För områden med gynnsamma förhållanden i något viktigt avseende görs mer detaljerade lokaliseringsstudier.

Precisionen i kartläggningen av lokaliseringsfaktorer varierar kraftigt beroende på i vilken skala studierna görs. Ett djupförvar kommer att uppta en yta på storleksordningen 1 km². Möjligheten att i olika skalor kartlägga lokaliseringsfaktorer måste ses med detta som bakgrund. Ett begränsat antal faktorer kan illustreras i Sverigeskala (översiktsstudier) för att utesluta vissa områden. I regel är det dock först vid studier i en skala motsvarande ett studieområde på 100 x 100 km² eller mindre (förstudier) som den geografiska variationen för olika lokaliseringsfaktorer kan kartläggas med en sådan upplösning att det ger vägledning för platsvalet. Många av de egenskaper hos berggrunden som är väsentliga för ett djupförvars säkerhet kan dessutom variera med flera storleksordningar även över korta avstånd. Generaliseringar i översiktliga skalor måste därför göras med stor försiktighet eller undvikas. Slutligen är det viktigt att notera att detaljerade kriterier för t ex berggrundens egenskaper på en plats inte kan behandlas isolerat från hur djupförvarsanläggningen utformas på platsen. En viktig princip är att på bästa sätt anpassa anläggningens utformning, såväl över som under jord, till de förhållanden som råder på en plats. Kraven på miljöskydd och säkerhet kommer att styra hur anläggningen anpassas till platsens egenskaper. Det kan exempelvis gälla ovanjordsdelens och underjordsdelens inbördes läge, sträckning av schakt och tillfartstunnlar, förvarets geometri och djup samt deponeringspositionernas lägen.

De grundläggande kraven på en djupförvarsplats, för ett förvar av KBS-3-typ, anges i de följande avsnitten. Lokaliseringsfaktorer och kriterier diskuteras. En översiktlig struktur för lokaliseringsfaktorerna visas i Figur 4-1. Huvudvikten läggs vid krav som hör samman med den långsiktiga säkerheten eftersom dessa krav är de viktigaste. Krav som rör teknik respektive mark och miljö tas också upp. Även om dessa naturligtvis också är viktiga och måste uppfyllas så är de inte speciella för ett djupförvar utan av samma typ som för de flesta större industrilokaliseringar. Slutligen diskuteras de krav som kan ställas på djupförvarslokaliseringen ur samhällsynpunkt. Dessa är i praktiken viktiga bl a eftersom djupförvaret blir en unik



Figur 4-1. Struktur för diskussion av lokaliseringsfaktorer och kriterier.

anläggning och dess lokalisering väcker mycket diskussion. Genomgången av lokaliseringsfaktorer och kriterier avslutas med en diskussion av den praktiska tillämpningen i olika led av lokaliseringsprocessen (avsnitt 4.2.6).

4.2.2 Säkerhet

Den grundläggande säkerhetsprincipen för det djupförvarssystem som SKB planerar är att fullständigt innesluta och isolera det använda kärnbränslet i täta kapslar som deponeras på cirka 500 meters djup på den valda förvarsplatsen. Denna isolering skall åstadkommas och bestå över mycket långa tider så att de radioaktiva ämnena klingar av inuti kapseln och inte kan frigöras. Detta betyder att bergets viktigaste säkerhetsmässiga funktion är att säkra långsiktigt stabila kemiska och mekaniska förhållanden för de tekniska barriärerna.

Säkerhetstänkandet för ett djupförvar bygger på den s k flerbarriärprincipen. Det innebär bl a att säkerheten inte enbart får vara beroende av att de tekniska barriärerna fungerar som planerat. Detta betyder att ytterligare en viktig säkerhetsmässig funktion hos berggrunden vid en djupförvarsplats är att kvarhålla radionukliderna eller fördröja transport av dem om de tekniska barriärerna skadats.

Slutligen är det i princip gynnsamt med biosfärsförhållanden som säkerställer att endast mycket små mängder radioaktiva ämnen som eventuellt frigjorts kan nå människan.

Tabell 4-1 sammanfattar säkerhetsfunktionerna och de lokaliseringsfaktorer som är kopplade till dem.

Tabell 4-1. Säkerhetsfunktioner relaterade till platsegenskaperna vid ett djupförvar. Nivå 1 ger fullständig isolering av avfallet. Nivå 2 motverkar frigörelse och transport av radionuklider om det finns eller uppstår skadade kapslar. Nivå 3 bidrar till låga individdoser om säkerhetsfunktionerna på nivå 1 och 2 inte verkat i full utsträckning.

	Säkerhetsfunktion	Relaterade platsfaktorer
<i>Krav:</i>		
Nivå 1	Tillgodose långsiktigt stabila förhållanden för kapsel och bentonitlera så att avfallet isoleras	<ul style="list-style-type: none"> – kemisk miljö för bentonit och kapsel, – mekanisk stabilitet hos berget, – transport i berget av korrodanter, – risk för framtida intrång.
Nivå 2	Tillgodose låg upplösning av exponerat bränsle och långsam transport av ev frigjorda radionuklider genom berget	<ul style="list-style-type: none"> – kemisk miljö för bränsle, – transport i berget av radionuklider.
<i>Önskvärt:</i>		
Nivå 3	Tillgodose gynnsamma recipientförhållanden	– biosfärsförhållanden.

Tabell 4-1 visar att med hänsyn till den långsiktiga säkerheten måste följande faktorer beaktas vid valet av plats

- kemisk miljö i berget för kapsel, bentonit och bränsle,
- mekanisk stabilitet hos berget,
- förutsättningar för transport av korrodanter och radionuklider i berget,
- risken för framtida intrång, dvs i första hand tänkbart utnyttjande av naturresurser i berggrunden,
- grundvattenrecipienter och biosfärsförhållanden.

I det följande redovisas och diskuteras kriterier för var och en av de ovan nämnda faktorerna. Därvid görs också en strukturering i underliggande faktorer och förhållanden. Nedanstående kriterier för lokaliseringsfaktorerna anges huvudsakligen i kvalitativa termer och i relation till vad som kan anses vara normalt för svenskt urberg. Inför platsundersökningarna kommer SKB att där så behövs tydliggöra lämpliga parameterintervall och kopplingar mellan olika faktorer.

Kemisk miljö

I grundvattnet i det valda bergpartiet skall råda långtidsstabilt kemiskt reducerande förhållanden. Grundvattnet måste ha egenskaper som bidrar till

- bevarande av bentonitens egenskaper,
- låg korrosionshastighet för kapselmaterialet,
- låg upplösningshastighet av bränslet (urandioxiden),
- låg rörlighet och goda sorptionsegenskaper för radionukliderna.

Mätningar av grundvattnets sammansättning på olika djup skall göras i platsundersökningarna. Beräkningar av kapselkorrosion och bentonitpåverkan samt möjlighet till bränsleupplösning skall ingå i säkerhetsanalysen.

En schematisk indelning av kemirelaterade lokaliseringfaktorer återfinns i Tabell 4-2.

Tabell 4-2. Lokaliseringfaktorer: kemisk miljö.

Grundvattnets inverkan på			Transportberäkning
Kapsel	Bentonit	Bränsle	Sorption av radionuklider
– redoxbuffring	– kalcium	– redoxpot.	– humus
– sulfider	– kalium	– pH	– bakterier
– klorider	– klorider	– karbonat	– kolloider
– bakterier	– sulfater		– mineralogi
			– geogas

En detaljerad genomgång av dessa faktorer görs i de funktions- och säkerhetsanalyser som genomförs under lokaliseringsarbetet gång. I allmänna termer kan dock följande värdering göras.

Gynnsamma faktorer är ”normala” förhållanden i djupa grundvatten, dvs

- pH 6-9,
- reducerande förhållanden,
- rimliga salthalter,
- rimliga halter av humus- och fulvosyror.

Ogynnsamma faktorer är

- närvaro av syre,
- extrema pH,
- extremt låga eller höga salthalter,
- höga halter av humus- och fulvosyror,
- höga halter av sulfatreducerande bakterier,
- hög halt organiskt material totalt (TOC),
- höga halter av kväveföreningar.

I huvudsak förväntas de grundvattenkemiska förhållandena vara gynnsamma på de flesta platser. På ett djup av 100-1000 m med reducerande förhållanden i berg med

granitisk sammansättning/mineralogi kommer situationen knappast att avvika mer från plats till plats än vad den varierar inom en och samma plats.

Mekanisk stabilitet

Förvaret skall förläggas i delar av berget som inte utgörs av zoner av uppsprucket berg i vilka framtida förkastningsrörelser av betydelse skulle kunna utlösas.

Platsspecifika analyser av möjligheten till och effekten av, framtida bergrörelser skall ingå i säkerhetsanalysen.

Tabell 4-3 visar en nedbrytning i underliggande faktorer och förhållanden som kan ha betydelse för den mekaniska stabiliteten.

Tabell 4-3. Lokaliseringsfaktorer: mekanisk stabilitet.

Geologi, strukturer	Mekaniska parametrar	Processer
– bergartsfördelning	– bergspänningar	– plattetektonik
– sprickgeometri	– intakta bergets egenskaper	– glaciation, deglaciation
– zoner, lineament	– sprickors och zoners egenskaper	– aseismisk påverkan
		– seismicitet
		– inducerade störningar

Utifrån SKBs tidigare typområdesundersökningar och separata studier av basiska bergarter kan man ej tala om några uppenbara sammanvägda fördelar för någon speciell urbergstyp. Starkt heterogena områden bör kritiskt granskas i mer detaljerade kartskalor.

Uthålliga lineament bör undvikas. Detta gäller även områden i anslutning till stora deformationszoner och postglaciala förkastningar.

De förskjutningar som under geologiska tidsrymder kan ske i olika typer av strukturer (sprickor, sprickzoner) är relaterade till strukturernas utbredning ("storlek"). Studier av dessa relationer ger väsentlig kunskap om vilka storlekar och egenskaper hos strukturer som bör undvikas vid placering och utformning av förvaret.

Bedömningar om framtida glaciationer/deglaciationer ger beräkningsunderlag om framtida lastsituationer vid ett förvar.

Betydelsen av jordskalv vid de magnituder och djup som förekommer i Sverige i dag är generellt sett försumbar. Ökad frekvens av ytnära skalv inom ett specifikt område bör dock föranleda fördjupade studier i mer detaljerade skalor.

Sammanfattningsvis kan följande värderingar göras:

Gynnsamma förhållanden är

- för svensk berggrund normala bergspänningar och värmeledningsegenskaper,
- homogen och lättolkad berggrund,
- tillgång till bergblock med få sprickzoner och låg spricktäthet omgivna av tydliga svaghetszoner.

Ogynnsamma förhållanden är

- anomala bergspänningsförhållanden eller hållfasthetsegenskaper,
- starkt heterogen och svårtolkad berggrund,
- närhet till kända deformationszoner och postglaciala förkastningar.

Bergets förmåga att begränsa transport

Berget skall utgöra en säkerhetsbarriär genom att ta upp och kvarhålla eventuella frigjorda radioaktiva ämnen så att transporten av dessa blir långsam.

En analys av radionuklidtransport från förvaret till biosfären, baserad på platspecifika data, skall ingå i säkerhetsanalysen.

Faktorer som har att göra med lösta ämnens transport med grundvattnet sammanfattas i Tabell 4-4.

Eftersom grundvattnet i praktiken utgör den enda spridningsvägen för radioaktiva ämnen från förvaret är alla förhållanden som har att göra med lösta ämnens transport med grundvattnet av potentiell betydelse.

Tabell 4-4. Lokaliseringsfaktorer: Bergets förmåga att begränsa transport.

Grundvattenflöde, advektion	Diffusion	Sorption
<ul style="list-style-type: none">– hydraulisk kondukt.– hydraulisk gradient– magasin-koefficient– flödesporositet– sprickmönster	<ul style="list-style-type: none">– sprickmönster– mikroporositet	<ul style="list-style-type: none">– mineralogi– grundvattenkemi

De övergripande säkerhetsmässiga faktorerna är:

- Grundvattenflödet på förvarsnivå (av betydelse för kapselns livslängd, uttransportakten för de radioaktiva ämnena och eventuellt för upplösningen av bränslet).
- Transporttiden för lösta ämnen från förvaret till biosfären.

Transporttiden påverkas av följande faktorer:

- Grundvattenflödets storlek och fördelning, som i sin tur beror av bergets transmissivitet (genomsläpplighet), flödesporositet och sprickmönster samt gradienten (den drivande kraften).
- Transportavståndet (flödesvägen) från avfall till biosfär.
- Diffusion till områden med stagnant vatten och till mikroporer i berget.
- Kemiska reaktioner, sorption – jonbyte, ytkomplexering, utfällning, filtrering, organiska komplex, kolloider.

Bergets sprickstruktur är också en viktig faktor för fördröjningen av transporten. Stort yt/volymförhållande i sprickorna är gynnsamt, speciellt tillsammans med stark kemisk sorptionsförmåga hos bergarten.

En platsspecifik värdering av bergets förmåga att begränsa transport kan göras först när en platsundersökning genomförs.

Sammanfattningsvis kan dock följande allmänna värdering göras:

Gynnsamma förhållanden är

- låg grundvattenföring och långa flödesvägar till biosfären,
- stort yt/volymförhållande i vattenförande sprickor,
- stark kemisk sorptionsförmåga längs grundvattnets transportvägar i berget.

Ogynnsamma förhållanden är

- starkt heterogen och svårtolkad berggrund,
- flera tätt liggande vattenförande sprickzoner med snabba transportvägar upp mot ytan.

Intrång

Ett förvar bör ej placeras så nära värdefulla eller potentiellt värdefulla naturresurser att en eventuellt framtida exploatering av dessa skulle medföra att förvarets barriärssystem skadas.

Riskerna för framtida intrång i eller vid förvaret och konsekvenserna för förvarets barriärssystem skall belysas i säkerhetsanalysen.

Framtida generationer skall kunna exploatera naturresurser utan särskilda risker på grund av närhet till förvaret, oavsett om förvarets existens då är känd eller inte. Förutom direkt borrhning i förvarsområdet kan stora grundvattenavsänkningar vid framtida gruvdrift i närliggande områden behöva beaktas. Mot denna bakgrund bör bl a mineralförekomster (metaller och industrimineral) undvikas.

Intrångsrisken kan värderas genom en inventering av malm- och mineralförande bergarter av exploateringsintresse. Inventeringen kan göras med kartor som visar malmförekomster, aktiva gruv- och mineralrätter samt prospekteringsintressanta bergarter.

Regioner som i Sverigeskala uppvisar potentiella naturresurser i berggrunden behöver ej uteslutas i sin helhet för en lokalisering. Förhållandena måste däremot kartläggas och noggrant utredas i mer detaljerad skala.

Recipientförhållanden

Förhållandena (utspädning, salt-/sötvtatten, ackumulering, anrikning...) i möjliga utströmningsområden av djupt grundvatten i biosfären bör beaktas vid en helhetsbedömning och avvägning mellan olika platser.

Dosberäkning till kritisk grupp för de första 10 000 åren för olika biosfärs scenarier skall ingå i säkerhetsanalysen.

Utströmning av grundvatten från ett förvar kan ske till:

- källor,
- sjöar och vattendrag,
- våtmarker,
- brackvatten,
- havsvatten.

Dessutom kan grundvatten tillföras ”biosfären” via brunnar i jord eller berg.

Generellt sett är det önskvärt att utspädningen är så stor som möjligt. Störst utspädning nås i regel genom en förläggning vid kusten eller under havet. Eftersom principen för djupförvaret bygger på total inneslutning av de radioaktiva ämnena så har dock faktorer som bidrar till detta större vikt än de som gynnar utspädning.

4.2.3 Teknik

Lokaliseringen av djupförvaret måste beakta de tekniska lösningar som står till buds för transporter och utformning av anläggningarna. Såväl bygge som drift av djupförvaret kan i stort sett ske med känd teknik. För speciella behov, t ex inplacering av kapsel i deponeringshål, utvecklas särskilda metoder och utrustningar.

De tekniska lösningarna är som regel flexibla och kan anpassas efter varierande platsförhållanden och berggrundsegenskaper. Detta betyder att värderingar av olika tekniska faktorer för alternativa platsval skulle kunna göras i ekonomiska termer. Så kommer också att ske i ett skede när det finns specifikt underlag för olika möjliga alternativ. I denna redovisning diskuteras tekniska faktorer enbart utifrån kvalitativa, allmänna aspekter.

De grundläggande kraven kan formuleras på följande sätt.

Platsen för djupförvaret skall tillgodose:

- *Berggrundsförhållanden som tillåter konstruktion av stabila schakt, tunnlar och berggrum så att säkerhetskraven under byggande och drift uppfylles.*
- *Goda möjligheter att på ett säkert sätt utföra alla transporter till platsen och all verksamhet i djupförvarsanläggningen.*

En underindelning kan göras i följande faktorer

- transporter,
- förhållanden ovan jord,
- byggbarhet i berg.

Transporter

Alla transporter till platsen skall kunna ske så att aktuella regler och föreskrifter uppfylles.

En analys av säkerhet, miljö- och strålskydd vid transportererna skall ingå i miljökonsekvensbeskrivningen. Om nyanläggning av väg eller järnväg krävs skall en analys av effekterna på miljön ingå i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB).

Det finns tre principiellt olika alternativ för djupförvarets läge ur transportsynpunkt:

- Djupförvaret ligger mycket nära inkapslingsstationen vid CLAB och kan nås via enskild väg.
- Djupförvaret ligger kustnära i anslutning till befintlig hamn.
- Djupförvaret ligger i inlandet vilket nödvändiggör landtransport.

Beroende på läget för platsen för djupförvaret kan det också bli aktuellt med att anlägga ny väg eller järnväg längs någon del av sträckningen. Kostnaderna för transporter av avfallet kommer att bli beroende av var djupförvaret lokaliseras.

De olika aspekterna på transporter måste vägas in vid beslut om lokaliseringen av djupförvaret. Kravet på att transportererna skall ske säkert kan i regel alltid uppfyllas, med hjälp av anpassad teknik och nödvändiga investeringar. Kostnaderna kan dock variera starkt från plats till plats.

Följande allmänna värdering kan göras:

Det är gynnsamt om

- huvudsakligen befintlig infrastruktur för transporter till havs och på land kan utnyttjas.

Det är ogynnsamt om

- omfattande nyinvesteringar krävs och om nya hamnar, vägar eller järnvägar kommer i konflikt med andra viktiga markanvändningsintressen (miljö-/naturvård etc.).

Förhållanden ovan jord

Ovanjordsanläggningarna skall utformas och utrustas så att kraven på säkerhet, arbetarskydd, strålskydd och miljöskydd uppfylls.

En analys av ovanjordsanläggningens säkerhet och miljö skall ingå i miljökonsekvensbeskrivningen (MKB).

Anläggningarna ovan jord svarar för mottagning av allt gods samt mellanlagring och omlastning innan materialet transporteras ner under jord. Industriområdet omfattar fullt utbyggt en area på cirka 300 x 600 m² vartill eventuellt kommer deponeringsområde för bergmassor på cirka 300 x 400 m².

Marken på platsen för ovanjordsanläggningarna måste ha tillräcklig bärighet. Avståndet till förvarsområdena under jord skall vara rimligt.

Det är fördelaktigt om ett befintligt industriområde kan utnyttjas. Detsamma gäller närhet till lämplig infrastruktur såsom allmänna kommunikationer, järnväg, samhällsservice etc.

Byggbarhet i berg

De delar av berggrunden där schakt, tillfartstunnlar, transporttunnlar, deponeringstunnlar m m planeras skall ha sådana egenskaper att arbetena kan utföras på ett säkert sätt med känd teknik.

En analys av byggbarheten skall genomföras i varje fas av lokaliseringsarbetet. Projektering/bygga av anläggningen, undersökningar och säkerhetsanalyser skall ske i nära samordning och iterativt från det att platsundersökningarna påbörjas och fram till driftklar anläggning.

Faktorer som bestämmer ett områdes byggbarhet är bergart, sprickfrekvens, lägen och karaktärer på sprickzoner, vattenföring, storlekar och orienteringar på bergspänningar och mekaniska egenskaper hos förvarsberggrunden. Dessa faktorer kan variera avsevärt i berget som konstruktionsmaterial. Hög blottningsgrad (många berghällar), enkla och homogena berggrundsförhållanden samt regelbundet system av sprickor/sprickzoner ger ökad säkerhet i prognoser för byggbarhet.

I internationell jämförelse uppvisar Sverige goda geologiska förhållanden för bergbyggnad. Det finns en betydande och väl etablerad erfarenhet från lokalisering och byggande av olika typer av berganläggningar. Hundratals anläggningar för gruvverksamhet, kraft, oljelager och försvar ger en god bild av möjligheter och variation från byggande i olika delar av den svenska berggrunden. Erfarenheter visar att det inte finns något som tyder på att ett speciellt område i regional skala är särskilt olämpligt. Lämpligheten är mera knuten till lokala förhållanden. Att de tekniska möjligheterna är stora för olika geologiska förhållanden visas också av att djupförvar planeras och utvärderas för så olika formationer som lera, salt, tuff, skiffer och graniter runtom i världen.

En grundförutsättning är bergarter med hög hållfasthet, som tillåter konstruktion av stabila berggrum. Det kristallina urberg som omfattar merparten av landet uppfyller väl denna förutsättning. Fjällkedjans bergarter och de sedimentära formationer som återfinns i Skåne, Öland och Gotland har däremot generellt sämre och mer varierande byggnadstekniska egenskaper.

4.2.4 Mark och miljö

Platsval och utformning av anläggningarna skall göras så att konflikter med motstående intressen minimeras. Hänsyn skall därvid tas till natur, miljö, kulturminnen, rekreation, jakt, fiske, övrigt friluftsliv, viktiga naturtillgångar, jord- och skogsbruk, befintlig och planerad markanvändning. Anläggningsdelar och kommunikationsleder inpassas i terrängen på ett skonsamt sätt.

Miljölagstiftningens krav på en heltäckande miljökonsekvensbeskrivning av anläggningsprojekt medför också att anläggningens miljöpåverkan redan i lokaliseringsarbetet måste vägas mot de specifika miljöförutsättningarna i området.

Kortfattat kan kraven formuleras på följande sätt

Platsen för djupförvaret skall ha

- få motstående intressen för markanvändning,*
- goda möjligheter att uppföra och driva anläggningarna med uppfyllande av alla miljöskydds krav.*

I Sverige är cirka 6 % av all mark avsatt som naturskyddade områden. Inom dessa områden får ingen exploatering ske. Om begreppet utvidgas till att omfatta alla områden som i dag anses som riksintressanta för naturvården består Sverige till nästan 22 % av sådana områden. Även om det går att erhålla exploateringsstillstånd i flera av de sistnämnda områdena så måste det finnas särskilda skäl om man skall lokalisera djupförvaret dit. Detta gäller även för utpräglade jordbruksområden.

Vid studier i mer lokal skala kommer länens naturvårdsplaner och kommunernas översiktsplaner att vara viktiga. De sistnämnda redovisar planer för mark- och vattenanvändning, bebyggelseutveckling samt var riksintressanta områden är belägna inom kommunens gränser.

Områden med planerad industrimark kan vara särskilt intressanta.

4.2.5 Samhällsaspekter

Samhällsförutsättningarna är viktiga för såväl platsvalet som utformningen av anläggningarna på vald plats. Etablering och drift av ett djupförvar kommer att på olika sätt påverka orten och regionen. Det gäller t ex inverkan på sysselsättning, näringsliv och lokal service. Politiskt och opinionsmässigt är lokaliseringen en känslig fråga. Erfarenheter både i Sverige och i andra länder visar att starka känslor och opinioner kan aktiveras. Motstånd mot industrilokaliseringar över huvud taget är för övrigt inte ovanliga i det moderna samhället.

Lokaliseringen av ett djupförvar skall genomföras så att

- *Undersökningsverksamhet i olika etapper, bygge och idrifttagande och drift sker med förankring i en demokratisk beslutsprocess.*
- *Sociala och samhällsekonomiska konsekvenser beaktas.*

Utredningar om samhällsekonomi, näringsliv- och arbetsmarknadsfrågor genomförs i förstudierna av olika kommuner och fördjupas och uppdateras under lokaliseringsarbetets gång på aktuella orter. Åtgärder som kan förstärka positiva effekter och förebygga negativa effekter av en djupförvarslokalisering identifieras och analyseras.

4.2.6 Tillämpning av faktorer och kriterier i lokaliseringsstudierna

De faktorer och kriterier som diskuterats i föregående avsnitt måste beaktas vid en helhetsbedömning av en vald plats. Det framgår att många faktorer, som är viktiga för att ingående kunna analysera den långsiktiga säkerheten och anläggningstekniska aspekter, inte kan klarläggas förrän efter omfattande undersökningar på plats. Tills dess får man lita till generell kunskap då underlag tas fram för val av undersökningsområden. Eftersom kartläggningen av generella mark- och miljöfaktorer samt samhällsaspekter är enklare att genomföra i ett tidigt skede kan dessa lokaliseringsfaktorer redan inledningsvis klarläggas mer fullständigt.

Nyckelfrågor i det inledande lokaliseringsskedet är:

- Vilka områden har särskilt goda möjligheter att uppfylla kraven med avseende på säkerhet, teknik, mark och miljö samt samhällsaspekter?
- Vilka av dessa ger bra möjligheter att senare utföra en tillförlitlig karakterisering av framförallt de viktiga miljö- och säkerhetsfaktorerna?
- Hur identifierar man dessa områden med hjälp av befintligt material?

Följande förhållanden är därvid i första hand gynnsamma (ger ”god prognos”) för urval av undersökningsområden:

- En vanlig bergart utan intresse för annat utnyttjande av naturresurser. Detta ger bra förutsättningar för att få en god förståelse av berggrundsförhållandena m a p säkerheten och det minskar risken för att området blir aktuellt för annan användning i framtiden.
- Stort område med få större sprickzoner. Detta ger extra flexibilitet vid kommande undersökningar och underlättar möjligheterna att med stor säkerhet kunna anlägga ett förvar med utrymme för erforderligt antal kapselpositioner i bra berg.
- Få motstående markanvändar- och miljöintressen. Goda möjligheter att anpassa anläggningarna så att miljökraven uppfylls på ett bra sätt.

I andra hand är även följande förhållanden gynnsamma:

- Lokalt positivt intresse.
- Tillgång till erforderlig infrastruktur och goda transportmöjligheter med hjälp av befintliga hamnar, järnvägar eller vägar. Begränsade behov av nyinvesteringar i väg eller järnväg.

I det inledande lokaliseringsskedet (översiktsstudier, förstudier), dvs utan data från fältundersökningar, fokuseras utvärderingen av det geovetenskapliga materialet mot att identifiera olämpliga eller ogynnsamma förhållanden utifrån allmänt tillgänglig information. Förhållanden som bör undvikas är i första hand:

- kännedom om för svensk berggrund onormal grundvattenkemi,
- starkt heterogen och svårtolkad berggrund,
- kända deformationszoner och postglaciala förkastningar,
- utpräglade utströmningsområden för grundvatten,
- bergarter som kan tänkas intressanta för prospektering.

I därpå följande skeden (vid genomförande av platsundersökningar och småningom även detaljundersökningar – se nedan) styrs insatserna successivt mot att klarlägga de förhållanden som kommer att råda för förvaret som helhet, för de olika förvarsdelarna och slutligen för de enskilda kapselpositionerna. I första hand är följande förhållanden gynnsamma:

- reducerande grundvattenkemi,
- för svensk berggrund normal grundvattenkemi i övrigt,
- homogen och lättolkad berggrund,
- få sprickzoner och låg till måttlig spricktäthet,
- låg grundvattenföring,
- för svensk berggrund normala bergspänningar, hållfasthetsegenskaper och värmeledningsegenskaper.

Förhållanden som i ett plats- och/eller detaljundersökningsskede kan medföra att en plats överges kan i första hand vara:

- extrem grundvattenkemi exempelvis oxiderande grundvatten,
- brytvärda malmer eller mineral i förvarsområdet,
- flera tätt liggande vattenförande sprickzoner,
- extrema bergmekaniska egenskaper.

4.3 LOKALISERINGSSTUDIER

Den process, eller metod, som SKB följer för att lokalisera djupförvaret redovisades i FUD-program 92. Många remissinstanser framförde synpunkter. Kritik riktades främst mot att SKB inte till fullo ansågs ha klargjort hur man tänker sig den stegvisa lokaliseringsprocessen. Oklarheten tycks framför allt ha gällt de inledande lokaliseringsstudierna, översiktsstudier, förstudier samt platsundersökningar. Frågor ställdes om vilka undersökningar som ingår i respektive fas, vad som måste göras klart innan nästa fas påbörjas samt på vilka grunder valet görs av kommuner för förstudier och områden för platsundersökningar.

Detta avsnitt beskriver lokaliseringsarbetet fram till val av plats för detaljundersökning.

4.3.1 Allmän uppläggning av lokaliseringsarbetet

Syftet med lokaliseringsarbetet är att ta fram allt det underlag som krävs för att kunna välja en plats och få tillstånd att påbörja detaljundersökningar. Vägledande är bland annat:

- Nödvändigheten av att den plats som slutligen väljs ger mycket bra möjligheter för att uppfylla miljö- och säkerhetskraven.
- Nödvändigheten av att från början söka öppen dialog, samverkan och intresse på de orter som kan bli aktuella.
- Behovet av ett brett bakgrundsmaterial som bland annat kan användas för att sätta in en plats i sitt nationella, regionala och lokala sammanhang.
- Behovet av att stegvis fokusera arbetet på områden och platser som kan uppfylla de krav som ställs m a p säkerhet, teknik, mark- och miljö samt samhällsaspekter.
- Uppfattningen (i t ex regeringsbeslut om såväl FoU-program 89 som FUD-program 92) att "en god offentlig insyn" är önskvärd.

Figur 4-2 ger en schematisk bild av huvudkomponenterna i lokaliseringsarbetet. Dessa är

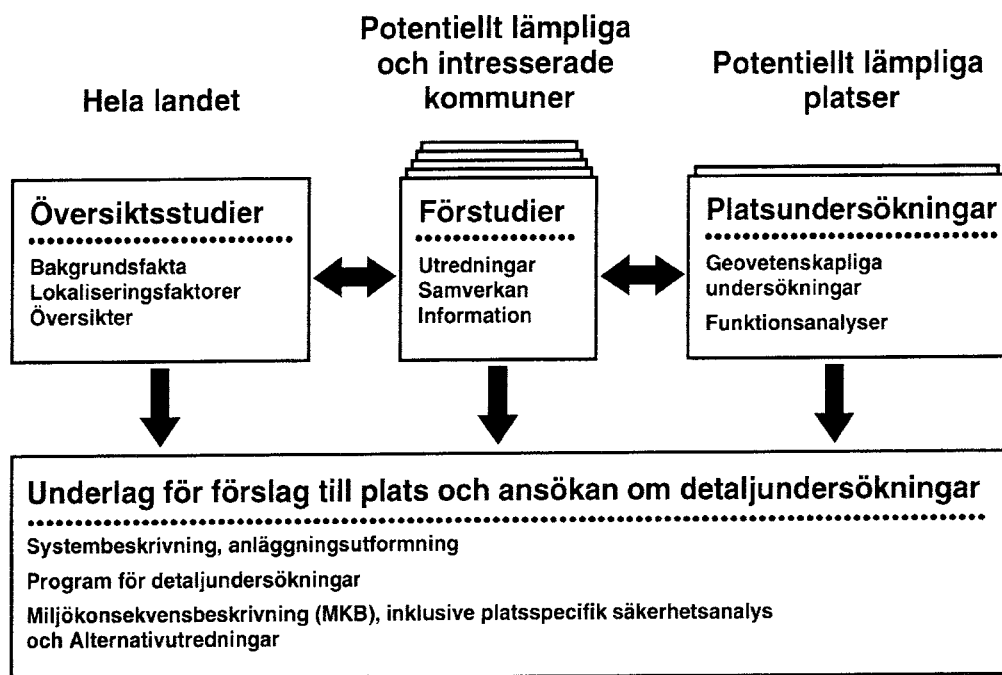
Översiktsstudier som skall ge den breda bakgrunden och de generella förutsättningarna.

Förstudier som skall utreda förutsättningarna i potentiellt lämpliga och intresserade kommuner.

Platsundersökningar som skall ge platsspecifika data till säkerhetsanalyser och miljökonsekvensbeskrivningar för platser i områden som i förstudierna och mot bakgrund av översiktsstudierna bedömts som intressanta.

Arbetet med översiktsstudier, förstudier och platsundersökningar kan sägas innebära en kartläggning och beskrivning av lokaliseringsfaktorer i olika skalor. Figur 4-3 visar en schematisk illustration av den variation i skalan som används vid framtagningen av underlag för lokaliseringsarbetet. Ett mindre antal lokaliseringsfaktorer låter sig beskrivas i översiktsskala men de flesta kartlägges lämpligast i förstudier eller vid platsundersökningarna.

Resultaten kan användas för att göra bedömningar av de lokaliseringsfaktorer som angivits i avsnitt 4.2 och därmed av:



Figur 4-2. Huvudkomponenterna i lokaliseringsarbetet.

- Vad som kan vara olämpliga, lämpliga eller speciellt intressanta områden i olika skalor.
- Vad som särskilt måste beaktas och utredas vid fortsatta mer detaljerade studier.

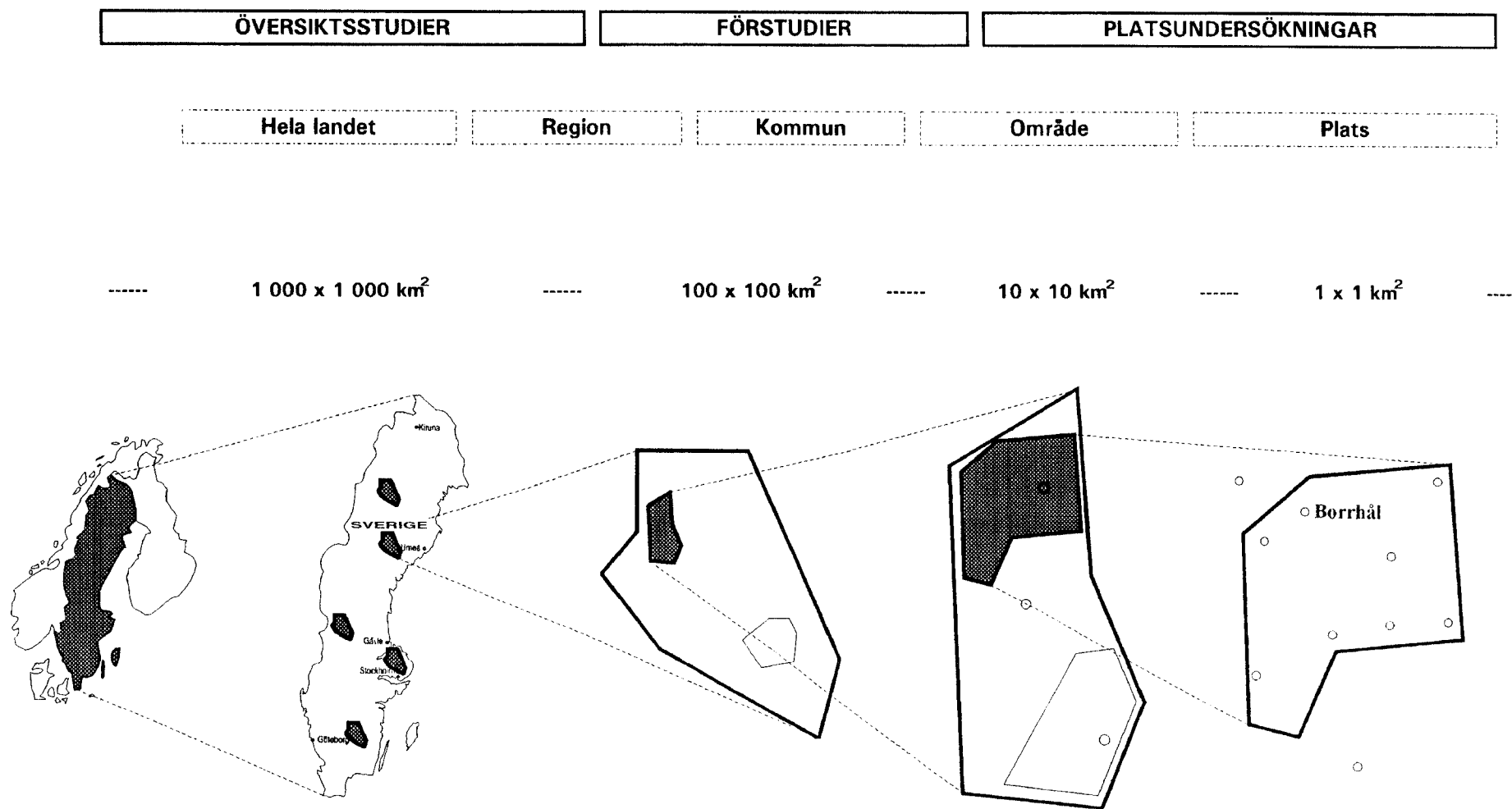
En översikt av formella krav på tillstånd, kriterier för genomförande och förväntade resultat av översiktsstudier, förstudier och platsundersökningar ges i Tabell 4-5.

Figur 4-4 ger ytterligare en illustration av hur arbetet är planerat att bedrivas. A t o m H representerar exempel på kommuner där det finns intresse för förstudier. Innan dessa påbörjas förvissas sig SKB, bl a med hjälp av översiktsmaterialet, preliminärt om att det kan vara intressant att genomföra en förstudie, dvs det kan finnas bra förutsättningar för lokalisering av ett djupförvar. I exemplet illustrerar E ett fall där bedömningen är negativ och ingen förstudie påbörjas. I praktiken betyder det att efter SKBs initiala bedömning informeras kommunledningen och frågan avskrivs av såväl SKB som kommunen. I övriga fall i figuren genomförs förstudier med utredningar, utvärdering och komplettering. Efter genomförd förstudie och om såväl SKB som kommunen är positiva till en fortsättning så kan platsundersökningar komma att påbörjas. Dessa genomförs först i en inledande fas (se närmare beskrivning avsnitt 4.3.4) som kan bekräfta eller diskvalificera området som kandidatplats. Minst två kompletta platsundersökningar planeras att genomföras innan allt material slutligt utvärderas och sammanställs för granskning i en ansökan om att få genomföra detaljundersökningar av en plats.

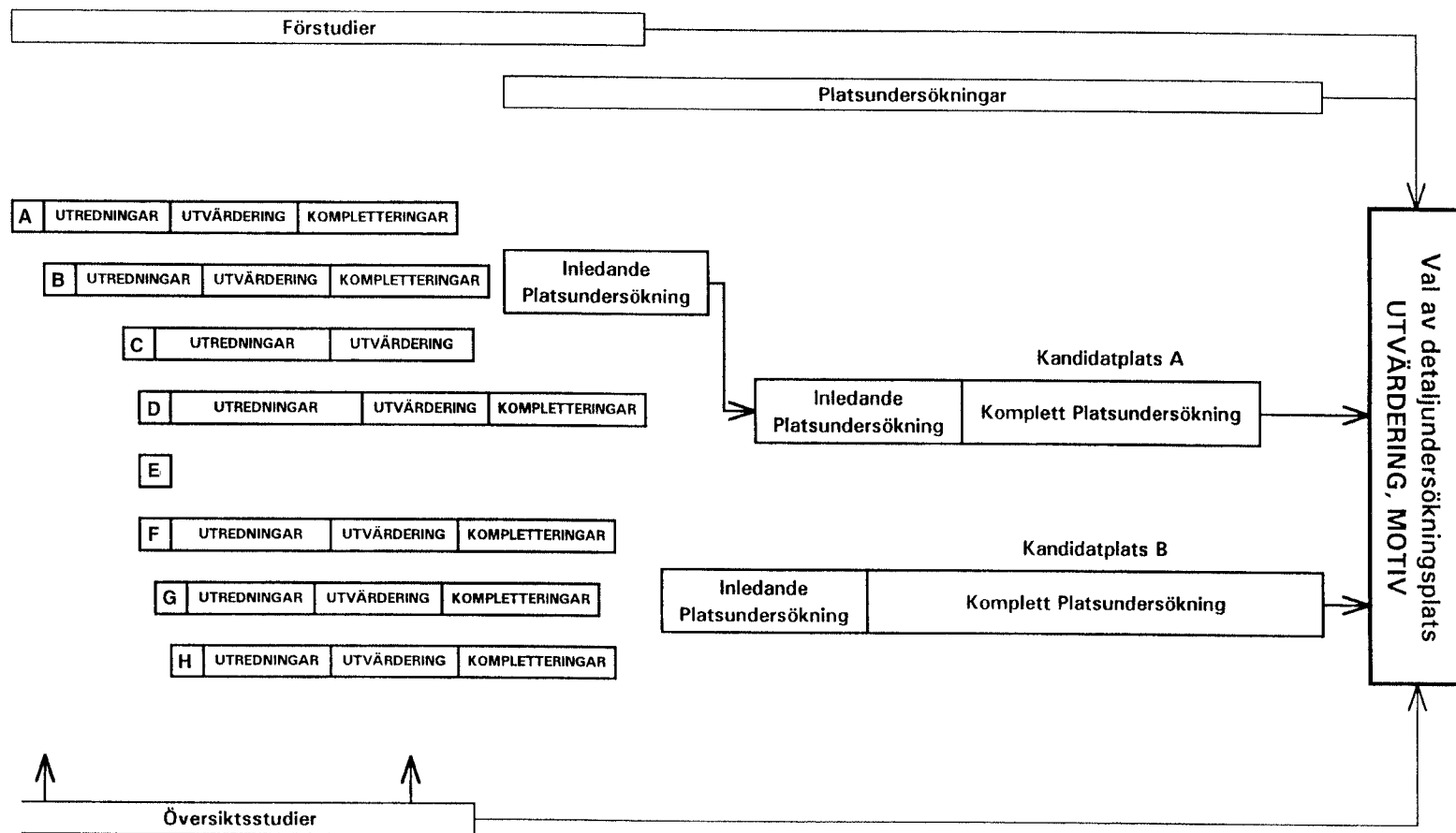
En samlad redovisning görs av översiktsstudierna innan den första platsundersökningen påbörjas. Samtliga förstudier skall ha redovisats innan undersökningar på den andra kandidatplatsen påbörjas.

Tabell 4-5. Sammanfattning av krav för och resultat av översiktsstudier, förstudier, platsundersökningar och detaljundersökningar.

	ÖVERSIKTSSTUDIER	FÖRSTUDIER	PLATSUNDERSÖKNING	DETALJUNDERSÖKNING
Formella krav på tillstånd	Inga	Inga	Tillstånd av markägare	Tillstånd enl bl a NRL
Kriterier för genomförande	Genomförs för hela landet	Initial preliminär bedömning utifrån befintligt material tyder på att det kan finnas områden med bra förutsättningar. Kommunen ej avvisande	Potentiellt bra förutsättningar enl förstudie. Behov av fältdata (borrhålmätningar) för säkrare bedömning. Kommunen ej avvisande	Tillstånd enl NRL innebärande bl a att kommunen är positiv
Huvudsaklig verksamhet	Utredningar och sammanställningar i nationell skala	Utredningar och sammanställningar i regional, kommunal och lokal skala. Samverkan och information.	Borringar, mätningar, säkerhetsanalyser, miljökonsekvensbeskrivning. Fortsatt samverkan och information	Bygge av tunnel och/eller schakt. Detaljerade undersökningar av berget på förvarsdjup. Uppdaterad säkerhetsanalys och miljökonsekvensbeskrivning. Fortsatt samverkan och information
Resurs- och tidsåtgång	ca 10 MSEK	1-10 MSEK/studie 1-2 år	Ca 100 MSEK/undersökn. 2-3 år	ca 500 MSEK 4-5 år
Typ av resultat	Bakgrundsmaterial, nationella och regionala översikter	Kommun- (och delvis region) specifik genomgång av säkerhetsinriktade tekniska mark- och miljörelaterade samt samhälleliga förutsättningar	Områdesspecifika data och utredningar Platsspecifik MKB, inkl säkerhetsanalys, preliminär platsspecifik layout	Detaljerade data om planerad förvarsplats nere i berget. MKB inkl säkerhetsanalys
Användning	Vid bedömning av om förstudie är lämplig. Bakgrundsunderlag vid val av kandidatplatser och vid prövning av förslag till plats för detaljundersökning	Identifiering av områden med potentiellt goda förutsättningar. Underlag för SKBs och kommunens ställningstaganden till platsundersökning	Underlag för val av plats för detaljundersökning och för tillståndsansökan	Underlag för beslut om bygge av djupförvaret



Figur 4-3. Schematisk bild över kartskalen för översiktsstudier, förstudier och platsundersökningar. I varje steg ändras skalans (och därmed detaljrikedomen) cirka en storleksordning i varje dimension. De "kommuner" som lagts in i Sverigebilden är fiktiva.



Figur 4-4. Exempel på hur arbetet med att ta fram underlag för lokaliseringen kan komma att bedrivas. A t o m H representerar kommuner där frågan om förstudie aktualiseras. I två kommuner påbörjas platsundersökningar (B och G) varav en fullföljs och en avbryts. En annan platsundersökning påbörjas och fullföljs då i en tredje kommun (D) innan allt underlag sammanställs inför prövning av förslag till plats för detaljundersökning.

4.3.2 Översiktsstudier

I översiktsstudierna sammanställs ett omfattande bakgrundsmaterial om geologiska, tekniska, miljömässiga och samhällsliga förhållanden. Bland annat omfattar de

- Allmän anläggningsbeskrivning och generellt underlag för kommande miljökonsekvensbeskrivningar. /4-3, 4-4/
- Allmän utredning av transportsystem som innefattar omlastning i hamn och transport på väg eller järnväg. /4-5/
- Sammanställningar av geografiskt bunden information i nationell och/eller regional skala om berggrund, topografi, naturskyddsområden, mineralfyndigheter, större regionala sprickzoner, jordskalvsfrekvenser m m.
- Utredningar, analyser och prognoser av bl a istidspåverkan på berggrunden och seismotektoniska förhållanden för olika delar av Sveriges berggrund.

Översiktsstudierna utgör bakgrundsfakta till de kommun- eller platsspecifika utredningar som behöver göras. Med hjälp av översiktsstudierna kommer man att kunna sätta in aktuella platser i sitt nationella och regionala sammanhang. Information införs och lagras i SKBs GIS-system, som nu utgör en av Sveriges största samlade databaser av denna typ. Översiktsstudierna kommer också att ge en bild av olika områden i landet som, av olika skäl, är mindre lämpliga för lokalisering av djupförvar. Däremot kan de inte ge någon specifik vägledning i arbetet med att finna lämpliga platser. För detta krävs studier i mer detaljerad skala och en dialog med bl a lokalt och regionalt berörda politiker och befolkning.

Översiktsstudierna kompletterade med mera regionala och lokala översikter ger SKB internt underlag i ett tidigt skede vid bedömningar av om kommuner är lämpliga för förstudier.

SKB planerar att göra en samlad redovisning av översiktsstudierna till 1995. En översikt och exemplifiering av det material som nu finns inom översiktsstudierna ges i Bilaga A.

4.3.3 Förstudier

I en förstudie utreds möjligheterna till en djupförvarslokalisering inom en kommun. Studierna baseras huvudsakligen på befintligt material. Följande frågor behandlas:

- Vilka är de allmänna förutsättningarna för lokalisering av ett djupförvar till kommunen?
- Inom vilka delar av kommunen kan det finnas lämpliga platser för ett djupförvar med hänsyn till geovetenskapliga och samhällsliga förhållanden?
- Hur kan djupförvaret utformas med hänsyn till lokala förhållanden?
- Hur kan transporter ordnas?
- Vilka är de viktiga miljö- och säkerhetsfrågorna?
- Vilka kan konsekvenserna bli (positiva och negativa) för miljö, ekonomi, turism och annat näringsliv inom kommunen och regionen?

Det behövs inga formella tillstånd för att genomföra en förstudie. Uppläggningsen i praktiken är dock sådan att förstudierna sker i samverkan mellan SKB och aktuell

kommun. En förstudie förutsätter därmed att kommunen inte är avvisande till att studien görs.

En förstudie skall ge ett brett faktaunderlag för såväl kommunen som SKB. Båda parter kan sedan var för sig ta ställning till om man är intresserad av att en platsundersökning genomförs. Samma faktaunderlag blir tillgängligt för alla intresserade som därmed får möjlighet att framföra synpunkter långt innan några beslut behöver tas om lokaliseringen av djupförvaret.

SKB avser att göra förstudier i kommuner som är intresserade av sådana studier och där SKB bedömer att det finns förutsättningar att de säkerhetsmässiga kraven på berggrunden kan uppfyllas i någon del av kommunen. Möjligheterna i kommuner som redan har kärnteknisk verksamhet bör också belysas.

Förstudier av specifika kommuner, tillsammans med översiktsstudier av hela landet, bedöms kunna ge det underlag och den alternativbredd som krävs för att identifiera lämpliga platser för platsundersökningar. SKB bedömer att en rimlig omfattning kan vara mellan 5-10 förstudier av kommuner i olika delar av landet.

Omfattningen av förstudier kan komma att variera avsevärt mellan olika kommuner beroende på tillgängliga data och lokala förutsättningar. Tillgången på data skiljer sig främst när det gäller den geologiska kunskapsnivån. Eventuell erfarenhet av kärnteknisk verksamhet kan påverka omfattning och inriktning av de socioekonomiska utredningarna samt informationsinsatserna.

Oavsett kunskapsläget vid förstudiens inledning görs en förstudie i huvudsak på befintligt material. Det kan dock finnas specifika frågor som måste belysas med fältstudier vilka kan inkludera viss geologisk kartläggning. Djupa borrhål som går ner till eller kan påverka de ostörda förhållandena på förvarsdjup ingår emellertid inte i en förstudie utan hör till en platsundersökning.

Omfattningen av utredningarna rörande samhällseliga frågor styrs till stor del av kommunens önskemål. Speciellt gäller detta de socioekonomiska utredningarna.

Två förstudier pågår för närvarande i Storuman respektive Malå kommun. En fyllig bild av såväl uppläggning som preliminära resultat av en förstudie ges av en sammanfattande lägesrapport över förstudien i Storuman. /4-6/. En förteckning över de rapporter som framtagits i förstudien i Storuman finns i Bilaga B.

4.3.4 Platsundersökningar

Platsundersökningar omfattar i första hand geovetenskapliga undersökningar från markytan och i borrhål av en specifik plats. Syftet är att ta fram underlag för att preliminärt avgöra om det går att bygga ett djupförvar på platsen som kan uppfylla alla miljö- och säkerhetskrav. Resultaten av platsundersökningsarbetena sammanställs i en platspecifik miljökonsekvensbeskrivning med bl a en analys av den långsiktiga säkerheten.

Platsundersökningarna innebär framtagande av fältdata och analys av dessa. Arbetet sker stegvis och iterativt i samverkan mellan undersökningar, funktionsanalyser och byggbarhetsanalyser (projektering).

Valet av kandidatplatser för platsundersökningar kommer att ske utifrån en samlad analys av resultat från översikts- och förstudier med beaktande av de lokaliseringsfaktorer som beskrivits i det föregående. Ett grundläggande krav och i första hand vägledande i analysen är att tillgängliga data om berggrunden indikerar en hög potential för att en platsundersökning kan påvisa goda förhållanden för anläggning

av ett säkert djupförvar samt att den kommun där platsen ligger är intresserad av att en platsundersökning görs.

I den mån de områden som identifieras i förstudierna inte har några djupa borrhål kommer det att finnas en betydande osäkerhet om förhållandena på förvarsdjup. Platsundersökningen måste därför startas med en inledande fas för att verifiera att platsen verkligen har den potential för ett djupförvar som förstudien har indikerat. En sådan inledande fas kommer att omfatta geologisk kartläggning och geofysiska mätningar samt ett fåtal djupa borrhål med tillhörande borrhålsmätningar. Om förhållandena därvid visar sig vara ogynnsamma kommer undersökningarna att överflyttas till annat område i samma eller i en annan kommun.

Skulle de inledande studierna visa på gynnsamma förhållanden utvidgas undersökningarna till fullständiga platsundersökningar. Undersökningarna kommer att bedrivas enligt ett detaljerat undersökningsprogram som kommer att presenteras innan de inledande platsundersökningarna startar.

Programmet baseras på erfarenheter från Stripa, Äspö, typområden m fl.

Platsundersökningarna avser att ge tillräckligt med specifika data om platsen för att genomföra erforderliga funktions- och säkerhetsanalyser innan val av en plats för detaljundersökning sker.

När två kompletta platsundersökningar har genomförts sammanställs allt relevant material från lokaliseringsarbetet till en ansökan om att få genomföra detaljundersökning på en av de två platserna. Motiven för valet av plats redovisas liksom allt underlagsmaterial i form av data, analyser, utredningar, avvägningar och bedömningar.

4.4 OFFENTLIG INSYN OCH LOKAL SAMVERKAN

Regeringen m fl har vid flera tillfällen uttryckt att en ”god offentlig insyn” är önskvärd i lokaliseringsarbetet. SKB delar denna uppfattning. Kontakter med myndigheter, berörda kommuner och allmänheten ingår därför som en viktig del i lokaliseringsarbetet. Regelbundna möten hålls med berörda myndigheter och utredningsresultaten publiceras efter hand som de kommer fram. Fortlöpande information kommer även att lämnas till vetenskapsmän och andra kvalificerade experter med särskilda intressen på kärnavfallsområdet.

Förstudierna innebär en mycket omfattande verksamhet för samverkan och information som förutom kommun, länsstyrelse och myndigheter också omfattar kommuninvånare, lokala intresseföreningar, berörda grannkommuner och den intresserade allmänheten. Detta är en central och resurskrävande insats i lokaliseringsarbetet. Som ett exempel redovisas i Bilaga C ett antal av de möten för samverkan och information som genomförts under förstudiearbetet i Storuman från projektstart till och med en sammanfattande lägesredovisning.

Människans synpunkter och föreställningar i samband med slutförvaring av radioaktivt avfall präglas ofta av oro. SKBs strävan är att i en öppen dialog ta upp alla frågor och genomföra undersökningar och etablering med så bred samverkan som möjligt.

Redan i anslutning till genomförande av förstudier behöver berörda kommuner ha tillgång till resurser för egna insatser. Det gäller kommunens kostnader för information och samverkan under förstudiens gång. Det gäller också nödvändiga resurser för att få fristående synpunkter på förstudiens resultat i samband med kommunens vidare handläggning av frågan.

I samband med att platsundersökningar påbörjas bör enligt SKBs mening en lokal säkerhetsnämnd eller liknande organ etableras i berörda kommuner och ges resurser att på ett kvalificerat sätt följa arbetet.

Det är väsentligt att klara former etableras i ett tidigt skede att ta fram miljökonsekvensbeskrivningen (MKB-process). För lokaliseringen av djupförvaret bör detta ske innan platsundersökningar påbörjas i en kommun. Därvid skall bl a principer anges för hur processen läggs upp och dokumenteras. Viktiga aktörer är framförallt de som kan komma att hysa anläggningen (kommunen), den som skall etablera och driva anläggningen (SKB) samt tillsynsmyndigheter och länsstyrelse.

Berörda kommuner bör ges resurser för att på ett kvalificerat sätt följa och delta i lokaliseringsarbetet. Det är viktigt att klara former för sådant stöd etableras, t ex via medel från de av SKI administrerade avfallsfonderna. Det är också viktigt att tidigt etablera former för ett vetenskapligt/tekniskt stöd till berörda kommuner från tillsynsmyndigheterna för säkerhet och strålskydd.

5 PROGRAM FÖR BESKRIVNING AV FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR KONSTRUKTION

Den andra punkten i regeringens beslut om kompletterande redovisning till FUD-program 92 handlar om:

- *ett program för beskrivning av förutsättningar för konstruktion av inkapslingsstation och slutförvar,*

Beskrivning av förutsättningarna för konstruktion görs för varje led i projekteringen. Förutsättningarna fastläggs successivt allt eftersom olika underlag kommer fram.

SKI och KASAM har i sina yttranden över FUD-program 92 framfört önskemål om kompletteringar beträffande metodik för arbetet med utveckling och projektering av erforderliga komponenter och system för säkerställande av den långsiktiga funktionen i djupförvaret. Exempel är frågor som val av kopparkvalitet, metod för kapseltillverkning, metod för kapselförslutning, utformning av inkapslingsanläggning, utformning av djupförvaret, teknik för bergarbeten, beredning och applicering av bentonit samt långsiktiga materialegenskaper hos kapselmaterial och bentonit. Dessa och andra frågor kommer att behandlas i utvecklings- och projekteringsprocessen.

I detta kapitel beskrivs översiktligt det planerade arbetet för successiv beskrivning och fastläggande av de viktigaste förutsättningarna för djupförvar och inkapslingsanläggning. Eftersom båda dessa anläggningar blir beroende av resultaten från viktiga pågående och planerade utvecklingsarbeten tar programmen även upp dessa.

5.1 PROJEKTERINGSPROCESSEN

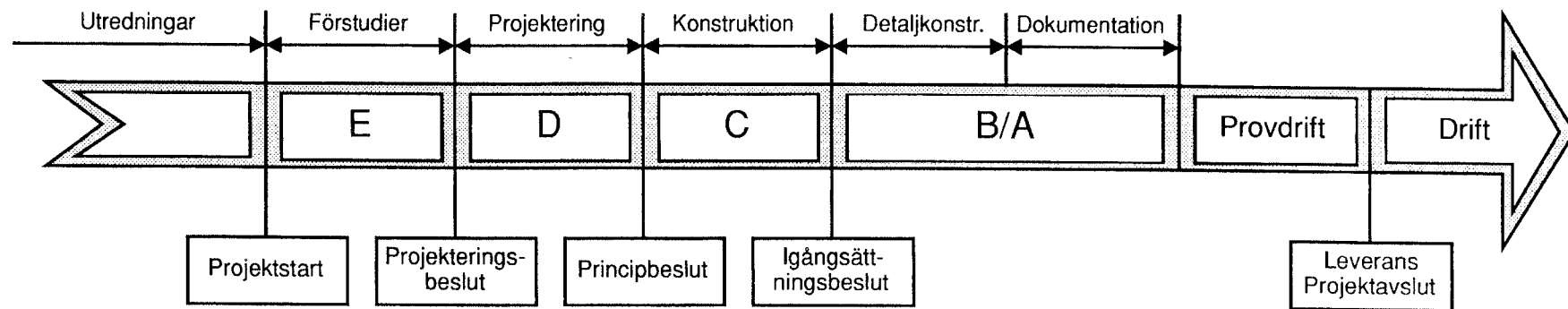
Projekteringen av större anläggningar görs stegvis i skeden eller s k layoutsteg. SKB följer i sitt arbete den projekteringsmodell som under de två senaste decennierna utvecklats och med gott resultat tillämpats bl a inom kraftindustrin för viktiga anläggningsprojekt. Arbetet inom varje skede baseras på delbeslut som föregår respektive skede i enlighet med Figur 5-1.

Skede/Layout E – Förstudie

Projektstart. Projektet definieras med avseende på anläggningens funktion, storlek och omfattning. En projektorganisation tillskapas. Alternativa utformningar av system och byggnadsdelar studeras. En första sammanställd layout (E) utarbetas för anläggningen.

Skede/Layout D – Projektering

Preliminära huvuddata sammanställs baserat på erforderliga funktioner, principiella tekniska lösningar och övergripande krav på anläggningens utformning. Systemen beskrivs så att en funktions- och säkerhetsanalys kan genomföras som underlag för



Figur 5-1. Schematisk bild av projekteringsprocessen.

den preliminära säkerhetsrapporten. En anläggningsutformning (layout D) baserad på preliminär information om system, bergrum och byggnadsstomme redovisas.

Skede/Layout C – Konstruktion

Principbeslut om utbyggnad. Underlag för inköp av viss utrustning. Systemutformningarna bearbetas fram till upphandlingsunderlag och underlag för bygghandlingar. Layout C baserad på detta underlag redovisas.

Skede/Layout B – Detaljkonstruktion

Planer och budget fastställs definitivt. Förutsätter att erforderliga tillstånd föreligger. Etablering på byggplatsen. Systemen beskrivs baserat på uppgifter från vald leverantör. Definitiva huvudhandlingar för berg- och byggnadsarbeten upprättas och framtagning av arbetsritningar påbörjas.

Skede/Layout A – Dokumentation

Berg- och byggnadsarbeten genomförs. Teknisk dokumentation sammanställs.

5.2 DJUPFÖRVAR

5.2.1 Djupförvarets olika områden

Djupförvaret för använt kärnbränsle utformas i huvudsak enligt KBS-3 konceptet. Detta består av ett antal deponeringstunnlar i vars botten hål borrar för placering av kapslar med använt kärnbränsle och omgivande bentonitbuffert. Deponeringstunnlarna sammanbinds av tunnlar för transport och kommunikation, vilka också har förbindelse med ett centralt serviceområde och ramp/schakt för kommunikation med markytan. Placeringen av deponeringstunnlar och deponeringshål anpassas efter lokala bergförhållanden. Förforsdjupet är i normalfallet ca 500 m, men lokal anpassning kommer att ske inom intervallet 400 till 700 m.

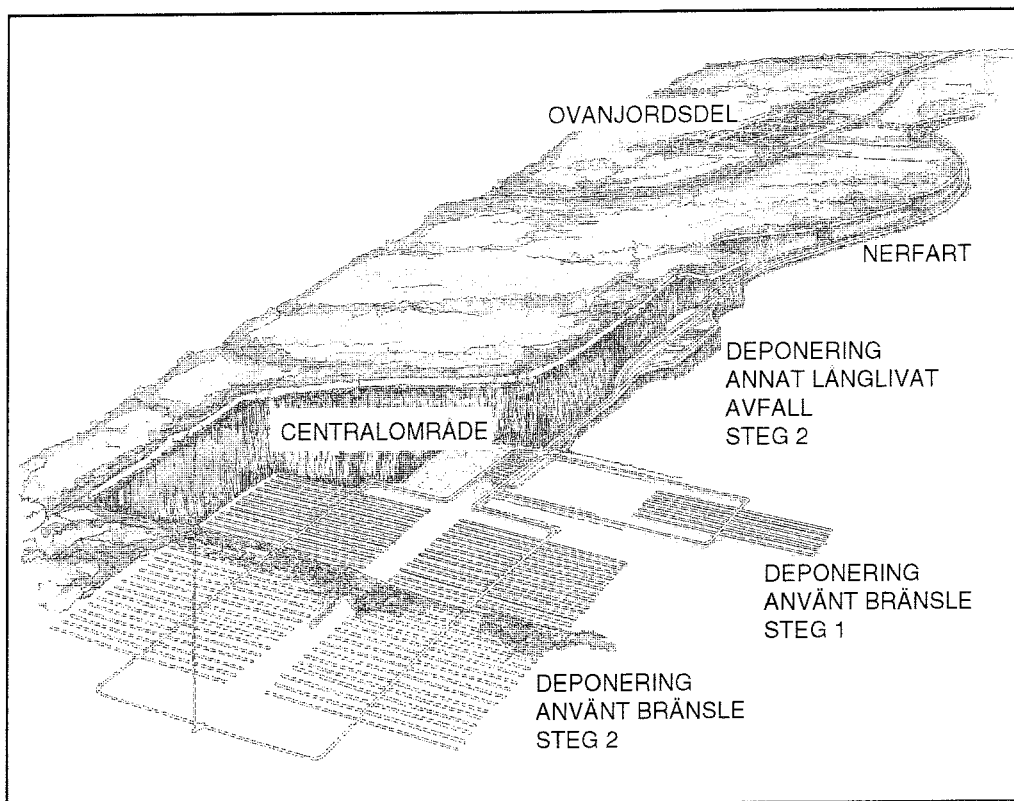
En principiell skiss av förvarets olika delar visas i Figur 5-2. De olika områdena markeras i figuren med:

- Ovanjordsdel.
- Nerfart.
- Centralområde under jord.
- Område för deponering av använt kärnbränsle, steg 1.
- Område för deponering av använt kärnbränsle, steg 2.
- Område för deponering av annat avfall, steg 2.

Nedfarten i figuren är ett exempel bland tre något olika alternativ:

- Ramp med ovanjordsdelen horisontellt förskjuten i förhållande till centralområdet under jord (Figur 5-2).
- Spiralramp med ovanjordsdelen rakt över centralområdet.
- Schakt.

Slutligt val av ramp eller schakt liksom placeringen av de olika djupförvarsdelarna i förhållande till varandra och till ovanjordsdelen är beroende av förutsättningarna på den valda platsen. Utseendet på förvaret kan därför nu bara skisseras utifrån allmän-



Figur 5-2. Principiell skiss av djupförvaret.

na antaganden. När en plats undersökts och platsanpassade projekteringsarbeten genomförs, används det nedan beskrivna tillvägagångssättet för undersökningar, projektering och utbyggnad.

5.2.2 Utbyggnadsetapper

I FUD-Program 92 presenteras en planering med utbyggnad av djupförvaret i två steg. Det första steget inriktas på att demonstrera och verifiera deponeringstekniken och beräknas omfatta ca 10% av hela mängden använt bränsle. Det andra omfattar deponering av resterande mängd använt bränsle (ca 90%) och annat långlivat avfall.

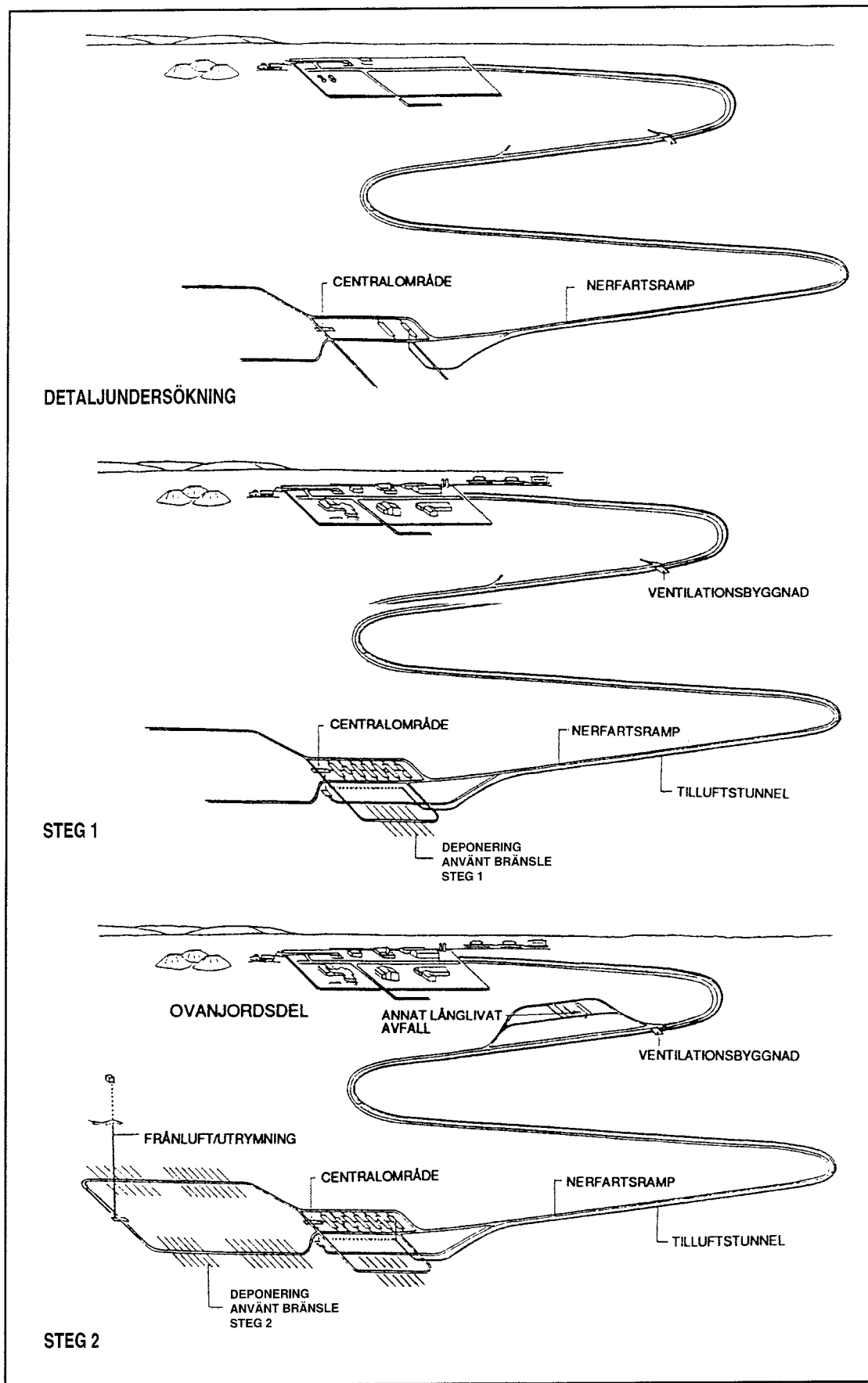
Program för lokalisering av djupförvaret redovisas i kapitel 4. Delar av byggnadsarbetet för djupförvaret påbörjas i och med genomförande av detaljundersökning.

Omfattningen av de olika etapper, som följer på lokaliseringsfasen, visas schematiskt i Figur 5-3.

Detaljundersökning

Detaljundersökningens syfte framgår av kapitel 3.

Detaljundersökningen omfattar följande utbyggnadsaktiviteter (Figur 5-2):



Figur 5-3. Exempel på omfattningen av respektive utbyggnadsetapper.

Ovan jord

- Etablering av byggområde inklusive framdragande av erforderliga vägar, el och vatten.
- Uppförande av byggprovisorier, såsom kontorsbaracker, raststugor, byggmatsal, informationslokaler, fältverkstäder och byggförråd.
- Etablering av deponeringsområde för bergmassor.
- Byggande av erforderliga delar av ventilationsbyggnad för tilluft till underjordsdelen.

Under jord

- Bygge (tillredning) av ramp samt transport- och undersökningstunnlar på förvarsnivån.
- Bygge av ev någon tunnel i varje planerat deponeringsområde.
- Installation av servicesystem (ventilation, el, dränage, tele, belysning etc) samt byggnation av erforderliga utrymmen för dessa system.

Övrigt

Under etappen genomförs (förutom de nämnda byggnadsaktiviteterna) omfattande undersökningar av berggrunden i det tilltänkta förvarsområdet. Dessa undersökningar ger underlag för detaljerade analyser av förvarets säkerhet och funktion och för fortsatt detaljplanering av utbyggnaden.

Till etappen räknas även utarbetande och inlämnande av ansökan om tillstånd för utbyggnad av deponeringsområde 1. I underlaget för denna ingår bl a en preliminär säkerhetsrapport för drift- och förvaringsskedena.

Utbyggnadsetapp 1

I denna etapp byggs i stort sett hela anläggningen ovan jord färdig men endast centralområdet och deponeringsområde 1 byggs under jord. Verksamheten omfattar:

Ovan jord

- Markarbeten utförs för erforderligt driftområde med tillhörande vägsystem och ev. bangård. Samtidigt byggs erforderliga väganslutningar och järnväg från befintlig järnvägslinje.
- Uppförande av byggnader för de olika verksamheterna.
- Fortsatt uppbyggnad av deponi för utsprängda bergmassor.

Under jord

- Utbyggnad av bergrum i centralområdet och tunnlar i deponeringsområde 1.
- Byggande av kompletterande hjälp- och servicesystem.

Övrigt

Efter avslutad byggnation och installation genomföres provdrift av hela anläggningen inklusive all hanterings- och transportutrustning och sammanställs en slutlig säkerhetsrapport för driftskedet.

Driftsteg 1

Efter godkänd provdrift och erhållande av drifttillstånd startar deponeringen av kapslar med använt bränsle, som pågår till dess deponeringsområde 1 har fyllts.

Utvärdering

Efter driftsteg 1 genomförs ett program för utvärdering av erfarenheterna. Baserat på denna ansöks om tillstånd för utbyggnad av kvarvarande deponeringsområden.

Utbyggnadsetapp 2

Resterande anläggningsdelar byggs ut. Deponeringstunnlar byggs ut successivt parallellt med deponeringen under Driftsteg 2. Bergrum för annat långlivat avfall byggs ut vid lämpligt tillfälle m h t övrig byggnadsverksamhet m m.

Driftsteg 2

Återstående avfall deponeras.

Förslutning/(övervakad lagring).

Avvecklingsskedet omfattar en tid med övervakad lagring och därefter utförs förslutnings- och återställningsarbeten.

5.2.3 Plan för projekteringsarbetet

Projekteringen av djupförvaret kommer att ske i de olika skeden som anges i den allmänna beskrivningen enligt avsnitt 5.1.

Idag har det första projekteringsskedet – Skede E – genomarbetats i en sk ”Anläggningsbeskrivning” för hela djupförvaret /5-1/. Denna är en första sammanställning av förutsättningar och krav med exemplifieringar på hur dessa kan uppfyllas. Efter som platsen för djupförvaret ej är känd har endast generella data kunnat användas. Dessa bygger på representativa värden som erhållits från SKBs typområden.

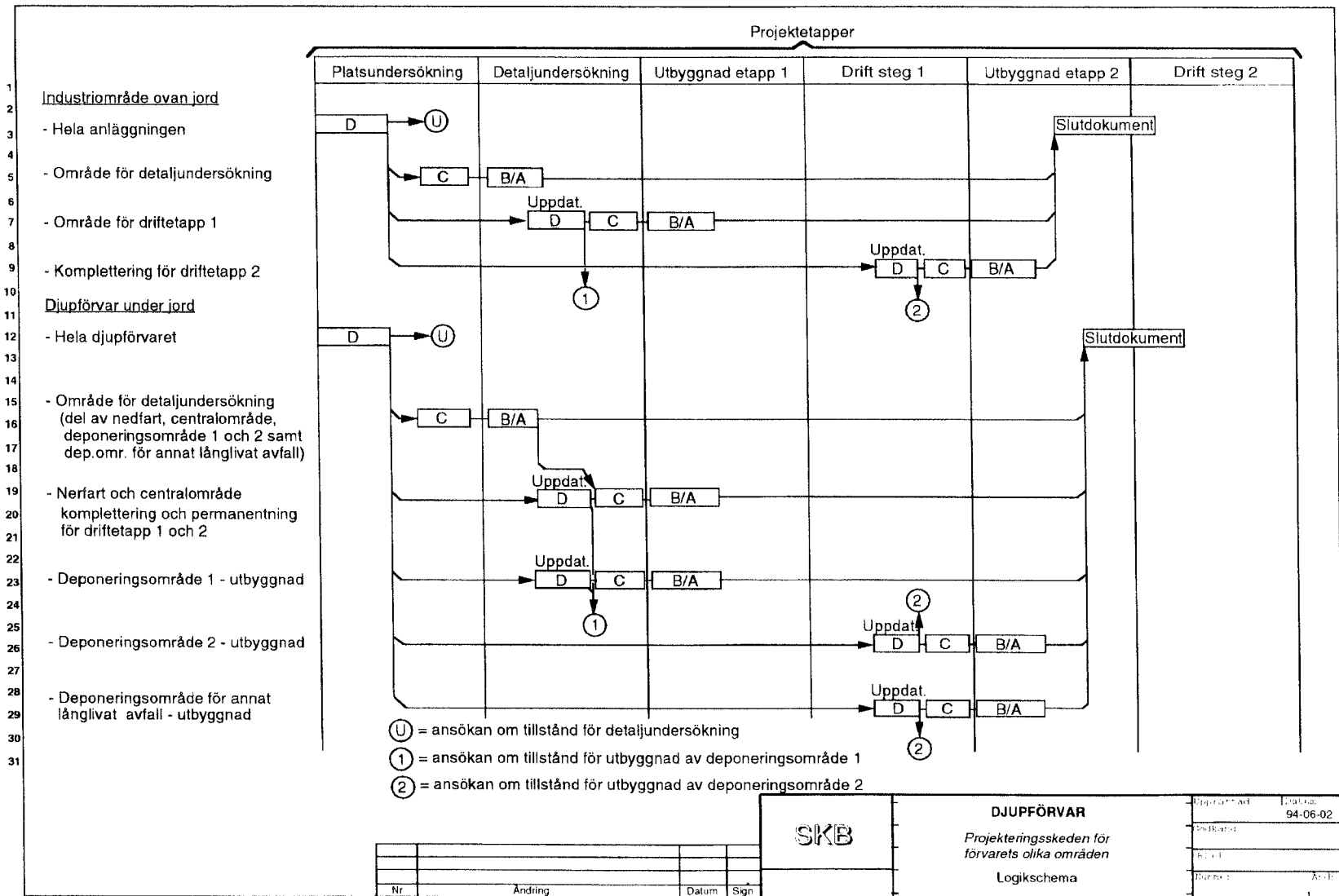
I och med att utbyggnaden kommer att ske stegvis kommer vid den fortsatta projekteringen viss förskjutning av projekteringsskedena för olika delar av djupförvaret att göras. Figur 5-4 visar en plan för projekteringen.

Under innevarande 6-årsperiod, 1993-1998, planeras hela Skede D att genomföras och möjligen Skede C att påbörjas för de delar av djupförvaret som ingår i detaljundersökningsetappen, dvs delar av industriområdet ovan jord, nedfarten samt delar av deponerings- och centralområden under jord.

Skede D för hela djupförvaret

Målet för skede D är att redovisa hela djupförvaret i platsspecifika sammanställningar som underlag såväl för den fortsatta verksamheten som för säkerhetsanalys och för ansökan om detaljundersökning på den plats som väljs.

Skedets viktigaste underlag är huvuddata om avfallet, bygg- och deponeringsmetoder och krav på servicesystem. En viktig förutsättning för Skede D är vidare att platsspecifika data finns och alltså att platsundersökningarna kommit igång. Väsentliga uppgifter för projekteringen från dessa platsundersökningar är:



Figur 5-4. Projekteringsplan för djupförvaret.

- Förekomst av större diskontinuiteter, deras utbredning, mäktighet och vattenföring.
- Berggrundens egenskaper ur bygg- och stabilitetssynpunkt.
- Bergets termiska parametrar.

Skede D delas upp i två steg så att ett första resultat kan redovisas tidigt med preliminära data. Detta som underlag för de första övervägandena beträffande funktion och säkerhet rörande hela djupförvaret. Fortsatta platsundersökningar kompletterar sedan kunskapen om områdets geologiska och bergtekniska egenskaper, vilka utnyttjas i den slutliga sammanställningen av Layout D.

I det följande redovisas de nyckelfrågor som är speciella i skede D för ett djupförvar. Kopplingar till forsknings- och utvecklingsarbeten framgår av avsnitt 5.2.4.

Ovanjordsanläggningar

- Transportsystem omfattande ev järnvägs-landsvägs-transport av behållare med inkapslat använt bränsle och annat långlivat avfall samt transportsystem ner under jord och på förvarsnivån.
- Teknik för pressning av bentonitblock.
- Metoder för behandling av återfyllnadsmaterial för tunnlar.

Nedfart

- Förvarsdjupet bestäms tidigt i projektet eftersom valet påverkar alla projekteringsverksamheter för underjordsdelarna. Valet beror framför allt av säkerheten och byggbarheten mot lokala förhållanden. Viss beredskap kommer dock att finnas för att anpassa djupet med hänsyn till resultat från detaljundersökningen.
- Placering av nedfart – val av ramp eller schakt.
- Transportsystem i ramp alternativt schakt.

I fallet ramp utvärderas olika system i drift för nedtransport av transportbehållarna. Rampens lutning är en viktig parameter.

Schaktalternativet studeras med avseende på hissutrustning för motsvarande transporter. I Tyskland pågår demonstration i fullstor skala av nedtransport i schakt av kollin med samma tyngd som de planerade transportbehållarna.

- Utformning av ramp, schakt och tunnlar görs med hänsyn dels till behovet vid detaljundersökningen, dels till utrymmesbehov för drivning och för senare permanent drift.
- Byggnadsmetoder för ramp respektive schakt.
- Förutsättningar för återfyllning, förslutning och pluggning.

Centralområde under jord

- Omfattningen av hela verksamheten under jord utgör underlag för dimensionering av centralområdet där all service, uppställning av fordon, distribution av ventilation, el, färskvatten, uppsamling av dränagevatten etc samlas. Fullständig information erhålls sålunda först i slutet av projekteringsskedet.
- Återfyllning, förslutning och pluggning bedöms samtidigt för centralområdet och nedfartssystemet.

Deponeringsområde 1 och 2 för använt bränsle

- Optimering av förvarets utformning m h t lokala förhållanden m m.
- Placering av deponeringsområdena, transporttunnlar och evakueringsystem (schakt och tunnlar) med hänsyn till berggrundens struktur och resultat från analys av byggbarhet och säkerhet efter förslutning.
- Utformning av deponeringstunnlar innefattande dimensioner och kvalitet hos återfyllnadsmaterialet (bentonit och sand eller motsvarande).
- Utförande av deponeringshål innefattande dimensioner och bentonitkvalitet.
- Kapslars inbördes placering med hänsyn till temperaturen i berggrunden, bergets termiska egenskaper och termisk last per kapsel. Kapselns dimensioner skall vara vara bestämda.
- Principiell metod för deponering och hantering av bentonitblock, kapsel, fyllning av hålet samt återfyllning och förslutning av deponeringstunnel med hänsyn till bl.a. krav på radiologiskt arbetarskydd och djupförvarets säkerhet efter förslutning. Preliminär utformning av hanteringsutrustning för kapslar, bentonitblock etc.
- Principiell metod för återtag under deponering och efter förslutning.
- Principiell metod för byggnad av respektive tunnel och deponeringshål.

Deponeringsområde för annat långlivat avfall

Underlaget för utformning och utbyggnad av detta område är framför allt erfarenheterna från SFR. De betydande skillnader som finns är materialets beskaffenhet och det större djup deponeringen sker på i djupförvaret. Dessa skillnader behandlas och utvärderas som underlag vid anpassningen av SFR-tekniken.

Skede C – allmänt

Skede C är det sista skedet i projekteringsprocessen där man påverkar förutsättningarna för konstruktionen. Målet med Skede C är att redovisa underlagsmaterialet för ansökan om utbyggnad av olika delar av anläggningen. Resultatet skall också tjäna som underlag för investeringsbeslut om utbyggnad samt utgöra underlag för entreprenadupphandlingar.

Principbeslutet inför Skede C medför betydande bindningar till metoder, maskiner, design och layouter. Skede C för djupförvaret infaller vid olika tidpunkter för de olika förvarsdelarna som framgår av Figur 5-4. Nedan diskuteras arbetet under den projektering som sker **inför detaljundersökning** respektive **inför utbyggnad av steg 1**.

Skede C inför detaljundersökning

Ovanjordsdelar, nerfart samt delar av deponeringsområdena och centralområdet under jord, som ingår i detaljundersökningsetappen, se Figur 5-2, påbörjas först.

Arbetet baseras på resultaten från Skede D samt ytterligare information från platsundersökningarna i form av data från mer detaljerade undersökningar i läget för nerfart och ventilationskanal, centralområde och sträckningen av tunnlar på djupförvarets nivå.

Bergrummens utformning kan fastställas tidigare än själva placeringen av bergrummen. Vissa beslut medför begränsningar av flexibiliteten för storleken på maskiner, transportenheter och servicesystem.

Skede C inför utbyggnad av steg 1

Ovan jord berörs i stort sett hela anläggningen genom att de funktioner som erfordras endast i undantagsfall kan byggas med en lägre kapacitet för driftsteg 1 jämfört med vad som krävs i driftsteg 2.

Under jord berörs endast ett begränsat område jämfört med hela djupförvaret. Dock krävs fullständig teknikutveckling och konstruktion av erforderliga maskiner eftersom driften skall ske på det sätt som förordas för hela programmet av inkapslat använt bränsle.

Principbeslutet om utbyggnad fattas gemensamt för ovanjordsanläggningarna, komplettering av nerfarter och centralområde samt för deponeringsområde 1. I samband med principbeslutet fastställer man deponeringsmetod och metod för återfyllning av deponeringstunnlarna för deponeringsområde 1. Dessutom fastställs byggnadsmetoder (mekaniserad brytning och/eller borrhning/sprängning).

Detaljundersökningen ger kompletterande och detaljerad information om bergets byggförutsättningar. Denna information utnyttjas för detaljplacering av deponeringstunnlar och deponeringshål.

5.2.4 Speciella utvecklingsfrågor

Underlag från FoU och Äspölaboratoriet

I projekteringsverksamheten ingår att anpassa känd teknik eller kända förhållanden till de speciella förutsättningar och krav som djupförvaret har. Flera metoder som skall användas bygger på kunnande som tas fram i det löpande FoU-programmet. När kunskapen är etablerad kommer anpassning eller uppskalningen till tillämpning att ske successivt och i fas med projekterings framskridande. Viktiga teknikområden för djupförvaret är:

- Byggnadsmetod för tunnlar och bergtrum inkl borrhning av deponeringshål.
- Injektering för tätning av vatteninflöde.
- Pressning av bentonitblock.
- Deponeringsförfarande.
- Möjligheter till återtag.
- Återfyllning och förslutning.

Av dessa är de två första områdena viktiga redan under detaljundersökningsetappen medan de övriga skall tillämpas först under driftsteg 1. Insatserna inom stödjande FoU och vid Äspölaboratoriet är inriktade på att genomföra nödvändiga arbeten i tid för en rationell tillämpning under djupförvarets första byggnadsetapp.

Nämnda frågor har också intresse för utländska organisationer som arbetar med djupförvaring i kristallint berg. Byggnadsmetoder och injekteringsteknik av intresse för SKB studeras och utvecklas inom undermarksbyggande världen över.

Byggnadsmetoder i berg

I ett djupförvar ställs särskilda krav på möjligheten att beskriva den inverkan på berget som byggnation av schakt, ramp, tunnlar och deponeringshål har. Problematiken ligger delvis i att förstå sambanden mellan brytningsmetod och påverkan, delvis i att utveckla och anpassa utrustning för mekaniserad brytning av tunnlar, för schakthorrhning, borrhning av deponeringshål etc.

Praktisk erfarenhet från mekaniserad brytning erhålles vid pågående TBM-drivning (TBM=fullortsborrning med TunnelBorrningsMaskin) i Äspölaboratoriet, från nyligen genomförda försök med borrning av deponeringshål i Finland i samarbete med TVO och vid planerade borrningar av deponeringshål i Äspölaboratoriet.

Sprickutbredningen efter borrning/sprängning respektive TBM-drivning kommer att undersökas i det internationella ZEDEX-experimentet vid Äspölaboratoriet. Andra verksamheter pågår sedan många år utanför SKBs program för att klargöra sprickors bildning och utbredning i berg.

Injekteringsteknik för tätning av vatteninflöde

Teknik prövad vid konventionella bergarbeten fungerar i de flesta praktiska fall men inte i alla. Två områden utanför normal injekteringsverksamhet som SKB studerar är dels tätning av grova och vattenförande zoner på förvarsdjup, dels tätning av fina sprickor för begränsning av vatteninflödet under deponering. I båda fallen innebär arbetet att vidareutveckla de erfarenheter och det kunnande som finns så att såväl det teoretiska underlaget som den praktiska tillämpningen blir robust. Praktiska försök har gjorts i Stripa och vid Äspö och kommer att kunna kompletteras vid Äspölaboratoriet.

Pressning av bentonitblock

Pågående verksamhet syftar till att bestämma parametrarna vid pressningen. Studier för att skala upp presstekniken till fullstor skala påbörjas under 1994. Pågående FoU-arbeten på bentonit syftar till att senast under 1996 redovisa en sammanställning av materialegenskaper m m av betydelse för dess användning som buffertmaterial. Med detta som underlag kan data för bufferten fastställas, pressningsförsök planeras och genomföras, fullskaleförsök vid Äspö planeras och påbörjas samt utveckling av lämplig maskinutrustning genomföras. Prov med aktuell maskinutrustning planeras ske först på plats vid djupförvaret.

Deponeringsförfarandet – möjligheter till återtag

Deponeringsprocessen i stora drag är redan beskriven. Arbetet som återstår är att konstruera och utveckla utrustning som kan genomföra inplacering av bentonitblock och kapsel på föreskrivet sätt samt ev återtag av kapseln.

Efter det att deponeringshålen fyllts med buffertmaterial och deponeringstunnlarna återfyllts samt det återfyllda materialet eventuellt hunnit homogenisera krävs för återtag av kapslar dels att återfyllnadsmaterialen grävs ur, dels att kapslarna friläggs i deponeringshålen så att de kan greppas. För detta krävs sannolikt olika maskinutrustningar. I första hand analyseras metoder och därefter maskinkonstruktioner. En tekniskt viktig fråga är hur kapseln skall greppas och hur den skall tas från deponeringshålet till strålskyddande transportbehållare. Behoven av modell- och prototypupprovningar klarläggs. Uppläggningsarbetet följer så långt som möjligt den för deponeringsutrustningen och förutsättes genomföras parallellt i tiden.

Återfyllning och förslutning

Primärt studeras återfyllning och förslutning av deponeringstunnlarna. Olika material kan idag tänkas såsom bentonit och sand i olika blandningar och olika kvaliteter. Därtill kommer att två principer hålls öppna; blockpressning respektive in situ-kompaktering. För de metoder som studeras vidare behöver utrustning utvecklas och experiment göras.

Alternativt kan i vissa fall återfyllning med antingen krossat berg eller naturlig morän ge önskad funktion. Användningen av dessa material är snarast en fråga om säkerheten efter förslutning. Tekniken för inläggning och kompaktering är känd.

Pluggar för förslutning och avtätning mot vattentransport utgör betydelsefulla komponenter vars utformning behöver anpassas efter de aktuella förhållandena på varje plats. Praktiska försök har genomförts i Stripa och planeras bl a vid Grimsel i Schweiz och vid URL i Kanada. SKB har genom samarbetsavtal tillgång till resultat från dessa försök. Vissa konstruktionsparametrar är generella och dessa kan bestämmas genom experiment i t ex Äspölaboratoriet. Sådana försök kan drivas även efter det att byggnadsarbeten för djupförvaret påbörjats. Långtidsförsök kan pågå under hela deponeringsskedet och genomföras i anslutning till djupförvaret.

5.3 INKAPSLING

5.3.1 Kapsel och inkapslingsprocess

Innan det använda bränslet placeras i djupförvar skall det kapslas in i en beständig kapsel. Det viktigaste kravet på kapseln är att den skall förbli tät under mycket lång tid i den miljö som kommer att råda i djupförvaret. Den skall således inte korrodera sönder i det grundvatten som finns i berget eller brytas sönder av de mekaniska påfrestningar den utsätts för i djupförvaret.

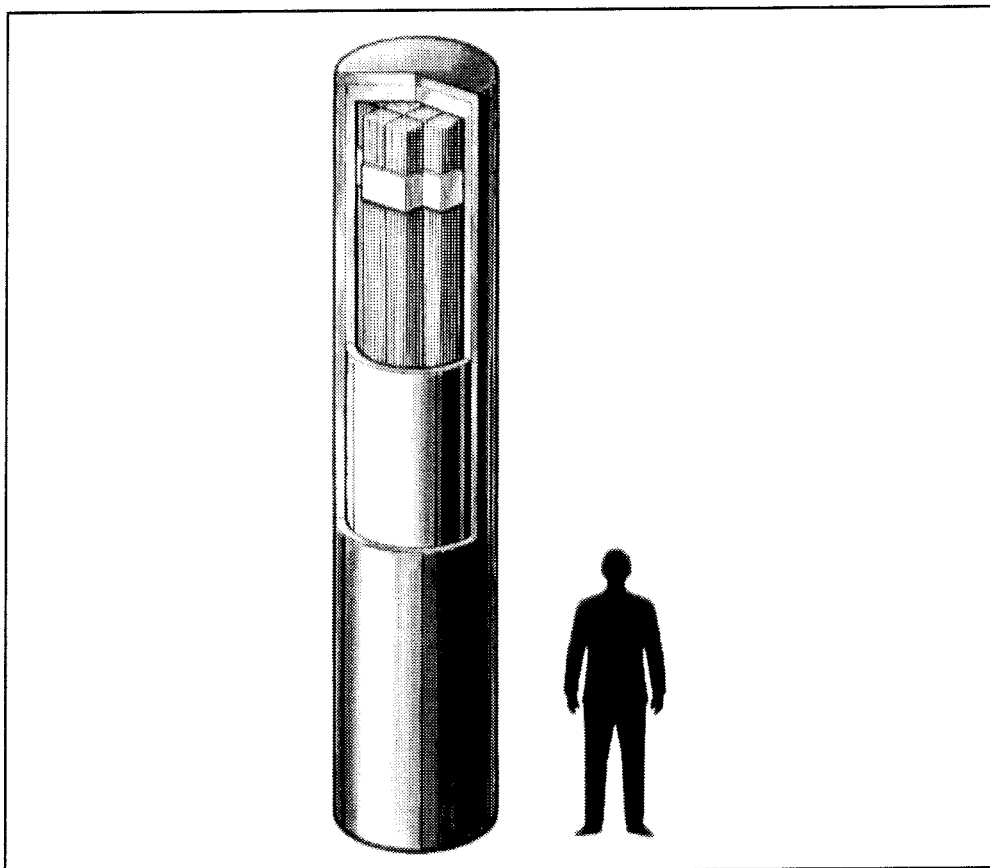
För att åstadkomma detta föreslås kapseln bli utförd med en inre del av stål, som ger mekanisk hållfasthet, och en yttre del av koppar, som ger korrosionsskydd (Figur 5-5). Koppar korroderar mycket långsamt i det syrefria grundvatten som finns på djupet i svensk berggrund. Genomförda studier visar att kapseln troligen kommer att förbli tät under miljoner år framåt, vilket ger en betydande säkerhetsmarginal.

Tidigare har även andra utformningar av kapseln studerats, t ex en homogen koppar-kapsel, där inneslutningen genomförs med het isostatisk pressning, eller en koppar-kapsel, där tomrummet runt bränslet fyllts med bly /5-2/. Båda dessa kräver dock att inkapslingen sker vid hög temperatur, vilket kan undvikas med koppar/stålkapseln. Detta har varit avgörande för valet då den långsiktiga funktionen för de tre kapseltyperna är likvärdiga. Den blyfyllda kapseln behålls dock som ett reservalternativ.

Inkapslingen planeras ske i en ny anläggning i anslutning till CLAB. I inkapslingsanläggningen tas bränslet emot ifrån CLABs lagringsbassänger. Det placeras i kapseln efter det att det kontrollerats och torkats. Innan locket på den inre stålbehållaren läggs på kommer luften i kapseln att ersättas med inert gas och tomrummet fyllas med t ex borglaskulor. Därefter försluts kopparkapseln genom att ett kopparlock svetsas på. Kraven på att denna svets blir tät och att tätheten kan kontrolleras är mycket höga. Elektronstrålesvetsning planeras att användas för denna förslutning.

Erforderliga transporter kommer att ske i behållare av liknande typ som de vilka idag används för transporter av använt bränsle från kärnkraftverken till CLAB.

Vid utformningen av inkapslingsanläggningen kommer stor vikt att läggas vid strålskyddet för personalen och för omgivningen. Detta innebär bland annat att själva inkapslingen kommer att göras fjärrstyrt i kraftigt strålskärmade utrymmen, s k högaktiva celler. Även en stor del av hanteringen av kapslar kommer att ske fjärrstyrt. Erfarenheterna från CLAB och SFR, men även från olika utländska anläggningar kommer att utnyttjas.



Figur 5-5. Kopparkapsel med inre stålbehållare för använt kärnbränsle.

I ett senare skede skall även övrigt långlivat avfall behandlas i inkapslingsanläggningen. Exempel på sådant avfall är härdkomponenter, t ex styrstavar, och andra interna delar från reaktortanken, vilka blivit aktiverade genom neutronbestrålning under rektorernas drift. Dessa komponenter planeras bli ingjutna i betong. (Denna del av inkapslingsprojektet beskrivs ej i det följande.)

5.3.2 Plan för projekteringsarbetet

Projekteringen av inkapslingsanläggningen följer de riktlinjer för stegvis projektering som beskrivits i avsnitt 5.1.

Nedan beskrivs översiktligt vad som planeras att genomföras i de olika skedena – se Figur 5-6. En närmare beskrivning av det planerade arbetet med kapselutformning, förslutningsteknik och anläggningsutformning ges i de följande kapitlen.

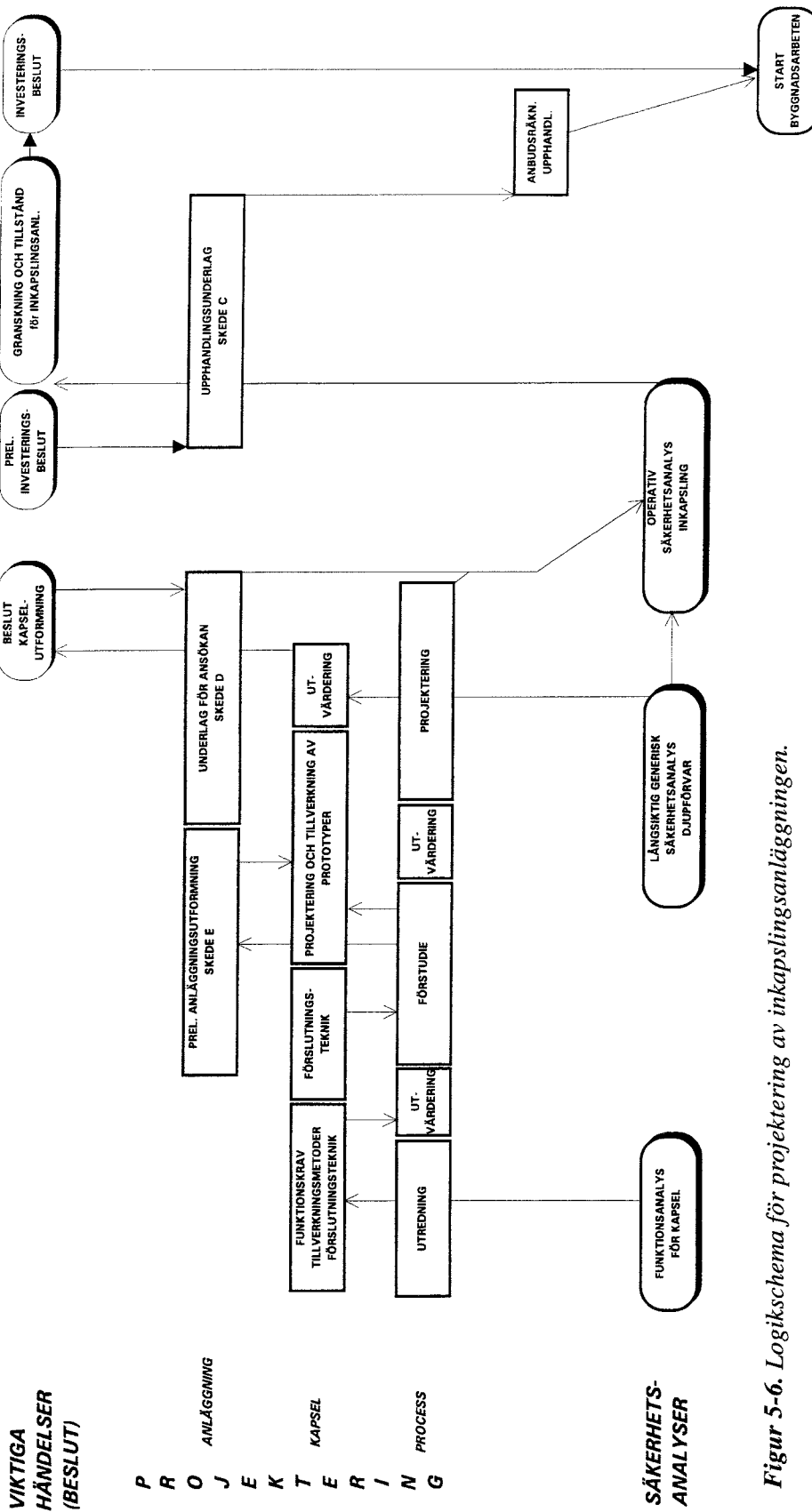
Skede E – Förstudie

Anläggningsutformning

- I detta skede slutförs alternativstudierna för inkapslingsprocessen. Preliminär anläggningsbeskrivning och preliminära systembeskrivningar för huvudsystemen upprättas.

**PROGRAM FÖR BESKRIVNING AV KONSTRUKTIONSFÖRUTSÄTTNINGAR
FÖR INKAPSLINGSANLÄGGNINGEN**

Perioden fram till start av byggnadsarbeten



Figur 5-6. Logiskschema för projektering av inkapslingsanläggningen.

Kapselutformning

- Sammanställning av funktionskrav.
- Materialval och tester genomförs både för koppar och stålkomponenterna.
- Dimensionering av koppar och stålkomponenter.
- Beskrivning av innehåll i kapseln.
- Detaljutformning av kapsels lock med hänsyn till krav på lyftmöjligheter vid hanteringen i anläggningen samt utförande av kvalitetskontroll.
- Tillverknings- och kontrollmetoder kartläggs och utvärderas.

Förslutningsteknik

- Förslutningstekniken med elektronstrålesvetsning provas på kopparlock i full dimension.

Övrigt

- Preliminär utformning av transportbehållare för inkapslat bränsle.

Skede D – Projektering

Anläggningsutformning

- I detta skede studeras och optimeras de ingående systemen. Anläggningsbeskrivning och systembeskrivningar utarbetas som underlag till den preliminära säkerhetsrapporten.
- Metoder för byte av atmosfär i kapseln och ev fyllning provas om så bedöms erforderligt.

Kapselutformning

- Kompletterande materialtester utförs vid behov.
- Tillverknings- och kontrollmetoder för kapseln provas i full skala.
- Prototyp tillverkning genomförs och utvärderas.
- Förutsättningar för serieproduktion av kapslar utreds.
- Beslut om kapselutformning.

Förslutningsteknik

- Förslutningstekniken provas på prototypkapslar.
- Kontrollmetoder provas och utvecklas.
- Kompletterande tester genomförs vid behov.

Övrigt

- En miljökonsekvensbeskrivning (MKB) och en preliminär säkerhetsrapport sammanställs som underlag för ansökan enligt naturresurslagen och kärntekniklagen för inkapslingsanläggningen.

Skede C – Konstruktion

Anläggningsutformning

- Ritningar och beskrivningar utarbetas för upphandling av byggnadsarbeten och de olika systemen.

Kapselutformning

- Utformningen av kapseln fastställs.
- Erforderliga avtal om serieproduktion förbereds med leverantörer.

Förslutningsteknik

- En pilotanläggning för svetsning byggs och provas för att senare byggas in i anläggningen.

Skede B – Detaljkonstruktion

Anläggningsutformning

- Den detaljerade anläggningsutformningen fastläggs med underlag från leverantörer av de olika systemdelarna. Arbetshandlingar för byggnadsarbetena upprättas.

Kapselutformning

- Provtillverkning genomförs hos leverantörer.

Förslutningsteknik

- Pilotanläggningen färdigställs och provsvetsningar genomförs.

Skede A – Dokumentation

Anläggningsutformning

- Relationshandlingar upprättas och slutliga systembeskrivningar utarbetas som underlag för driftsättning och slutlig säkerhetsrapport.

Kapselutformning

- Resultat från provtillverkningen redovisas.

Förslutningsteknik

- Resultat från provsvetsning i pilotanläggningen redovisas.

Övrigt

- Slutlig säkerhetsrapport upprättas som underlag för ansökan om drifttillstånd.

5.3.3 Kapselutformning

Arbetet med utformning av kapseln planeras ske i följande steg.

Sammanställning av funktionskrav [Skede E]

Kapseln skall utformas så att den:

- förblir tät under erforderlig tid i djupförvaret,
- kan tillverkas och förslutas på ett tillförlitligt sätt,
- kan hanteras på ett säkert sätt vid tillverkning, transport och deponering,

- ger begränsad värmebelastning i djupförvaret, samt
- har erforderlig marginal mot kriticitet i alla skeden.

Detta innebär att kapseln skall uppfylla funktionskrav på:

- Beständighet mot yttre och inre korrosion.
- Hållfasthet mot yttre belastning.
- Strålskärning för undvikande av radiolys.
- Begränsad värmebelastning
- Kriticitetssäker geometri (inkl fyllnadsmaterial).

Funktionskraven sammanställs som underlag för slutligt val av kapselutformning.

Materialval och tester [Skede E+D]

Egenskaper som är väsentliga för den långsiktiga säkerheten ska beaktas i valet av materialkvaliteter och metoder för tillverkning, förslutning och kontroll.

Detta arbete kan indelas i följande huvuddelar

- Kravspecifikation för kopparmaterialet.
- Tester av materialegenskaper för olika kopparkvaliteter.
- Studier av spänningsskorrosion i koppar.
- Kravspecifikation för stålmaterialet.
- Eventuella verifierande tester av stålmaterial.

Slutligen görs en sammanställning och utvärdering av möjliga materialval för kapseln.

Dimensionering [Skede E]

Denna del av arbetet består av följande huvuddelar:

- Bestämning av antal bränsleelement som kapseln skall innehålla med hänsyn till maximal värmebelastning på bentoniten och förväntad resteffekt i bränslet vid deponeringstillfället
- Bestämning av inre tvärsnittsarea och längd m h t till förekommande bränsleelement och
- Dimensionering av väggjocklekar för stål och koppar m h t funktionskraven.

Innehåll i kapseln [Skede E]

Detta arbete omfattar utformning av erforderliga insatser eller styrningar för bränsleelementen i kapseln.

Risken för kriticitet i kapseln utreds och om så erfordras planeras för fyllning av tomrummet med lämpligt material.

Detaljutformning av lock [Skede E]

Stållocket detaljutformas m h t de krav som ställs för lyft och svetsning av detta lock samt eventuella ytterligare krav från inkapslingsprocessen.

Kopparlocket detaljutformas m h t de krav som ställs för lyft av locket och eventuellt hela kapseln samt för genomförande av förslutningssvets och kontroll av densamma.

Tillverknings- och kontrollmetoder [Skede E+D]

En sammanställning görs över lämpliga metoder för tillverkning och kontroll av kapslar. Metodprov genomförs för utvärdering av kvalitet och kostnader.

Förutsättningar för serieproduktion av kapslar utreds.

Prototyp tillverkning [Skede D]

Tillverkning av prototypkapslar planeras att bli genomförda i flera etapper. Dessa kommer att användas för provning av förslutningstekniken samt senare vid den inaktiva provdriften i inkapslingsanläggningen.

Reservalternativ [Skede D]

Den tidigare studerade utformningen av kopparkapseln med fyllning av smält bly runt bränsleelementen utgör reservalternativ till kopparkapseln med inre stålbehållare. I den händelse resultaten från utvecklingsarbetet de närmaste åren visar att denna kapsel inte uppfyller uppställda krav, så kan arbetet med den blyfyllda kapseln återupptas. Detta kommer att påverka tidplanen för inkapslingsanläggningen men storleken av påverkan beror på när ett sådant beslut fattas.

Planeringen är att under arbetet med layout D fastställa utformningen av kopparkapseln.

5.3.4 Förslutningsteknik

För att uppfylla de höga kraven på förslutning av kopparkapseln utvecklas en metod för förslutning med användning av elektronstrålesvetsteknik. Även metoder för icke förstörande provning skall utvecklas som kan användas för verifiering av att förslutningen uppfyller uppställda krav.

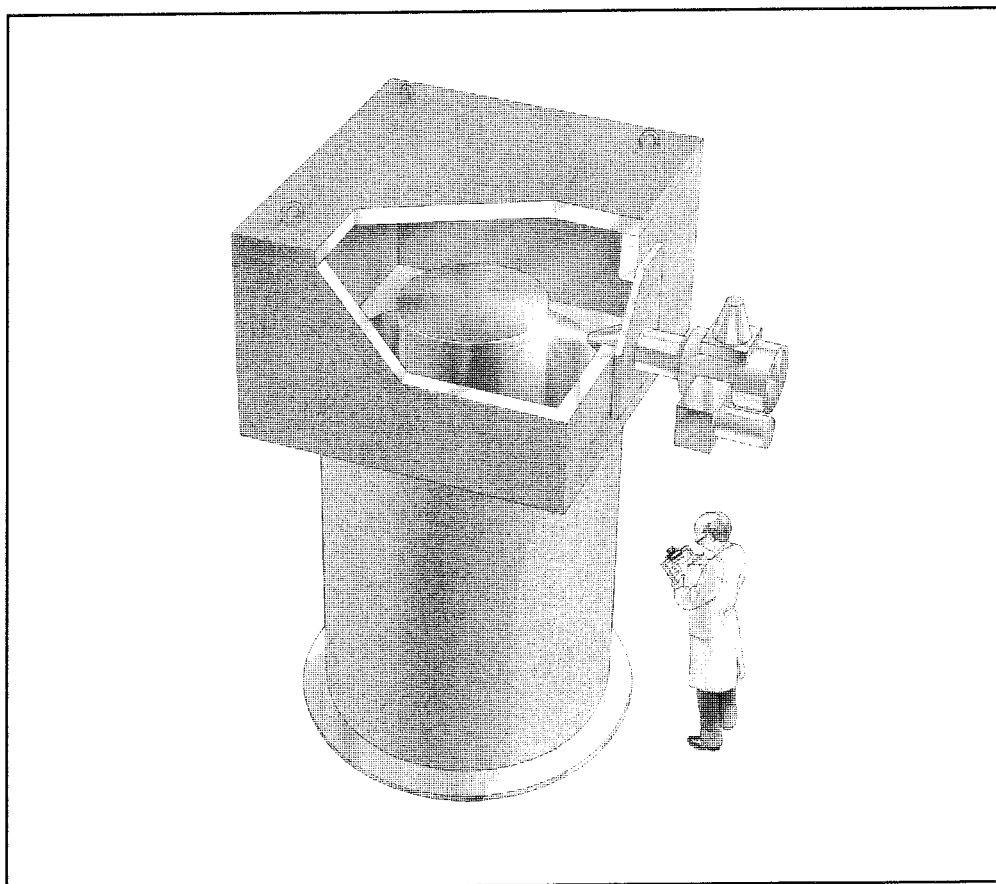
Arbetet med utveckling av förslutningstekniken planeras ske i följande steg.

Utveckling av elektronstrålesvetsteknik [Skede E]

Arbetet med teknikutveckling har pågått i ca 10 år och under 1993 har det kommit så långt att utrustningen ger önskat resultat /5-3/. De viktiga parametrarna för styrning av resultatet kan kartlagts genom variationsstudier vid provsvetsningar och ett bra underlag finns för genomförande av provsvetsningar av lock på kopparcylindrar.

Utveckling av kontrollmetoder [Skede E+D]

För att förvissa sig om fullgod integritet hos kapseln ska dels en noggrann tillverkningskontroll ske för metallbehållarna, dels en kontroll efter förslutningen av kapseln. Metoder för dessa kontroller ska bestämmas och vid behov utvecklas samtidigt med fastställande av metoder för tillverkning och förslutning av kapseln.



Figur 5-7. Elektronstrålesvetsning av kopparlock på kopparcylinder.

Prosvetsning av lock på kopparcylindrar [Skede E]

En svetskammare har byggts för provsvetsning av lock på kopparcylindrar (Figur 5-7). Den första provserien genomförs under 1994. Dessa prov görs på kopparcylindrar med full diameter och godstjocklek. Längden har dock begränsats till halv längd (ca 2,5 m). Detta är tillräckligt för dessa prov m h t studier av värmespridningen från svetsområdet i kopparcylindern. Erfarenheterna från denna provserie ligger sedan till grund för fortsatt arbete med verifiering av elektronstrålesvetsmetoden.

Svetsning av prototypkapslar [Skede D]

När de första kopparcylindrarna provtillverkats i full längd planeras provsvetsningar av kopparlock att genomföras på dessa (som då även har en inre stålbehållare). Dessa blir de första prototypkapslarna.

Prototypanläggning [Skede C]

Efter genomförda provsvetsningsserier och efter det att byggnadstillstånd erhållits tillverkas en prototypanläggning för prov av svetsutrustningen och svetskammaren innan dessa byggs in i anläggningen.

5.3.5 Inkapslingsanläggningen

Inkapslingsanläggningen ska utformas och byggas för att främst inrymma inkapslingsprocessen. Dessutom ska anläggningen senare kunna kompletteras med en processlinje för behandling av hårdkomponenter. Vid utformningen av anläggningen beaktas speciellt frågor rörande drift och underhåll samt arbetarskydd och radiologisk säkerhet.

De funktionsdelar som planeras ingå i anläggningen förutom själva inkapslingsprocessen är.

- behandling av hårdkomponenter,
- utrymmen för godshantering,
- servicesystem,
- utrymmen för driftpersonal,
- utrymmen för underhållsverksamhet.

Inkapslingsprocessen ska utformas och konstrueras för att leverera felfria kapslar med bränsle till djupförvaret. Vid utformningen beaktas speciellt frågor rörande driftsäkerhet och radiologisk säkerhet.

Arbetet med utformning och konstruktion av en lämplig process för inkapsling av bränslet kan indelas i funktionsdelar där olika tekniska lösningar kommer att övervägas. Följande steg planeras ingå i processen – se Figur 5-8.

Bränslet **transporteras** till inkapslingsanläggningen via bränslehissen i CLAB.

Innan bränslet förs till inkapsling skall det identifieras, sorteras och mätas.

I en **hanteringscell för bränsle** torkas bränslet och genomgår de steg som erfordras fram till placeringen i en kapsel. Här sker slutlig safeguardskontroll.

I denna del av anläggningen där bränslet hanteras fritt finns risk för spridning av radioaktivitet. Utrymmet utformas med strålskärmande väggar och speciella krav på täthet och ventilation. Denna typ av utrymme brukar benämnas högaktiv cell.

Övriga inkapslingsfunktioner planeras att förläggas till separata arbetsstationer.

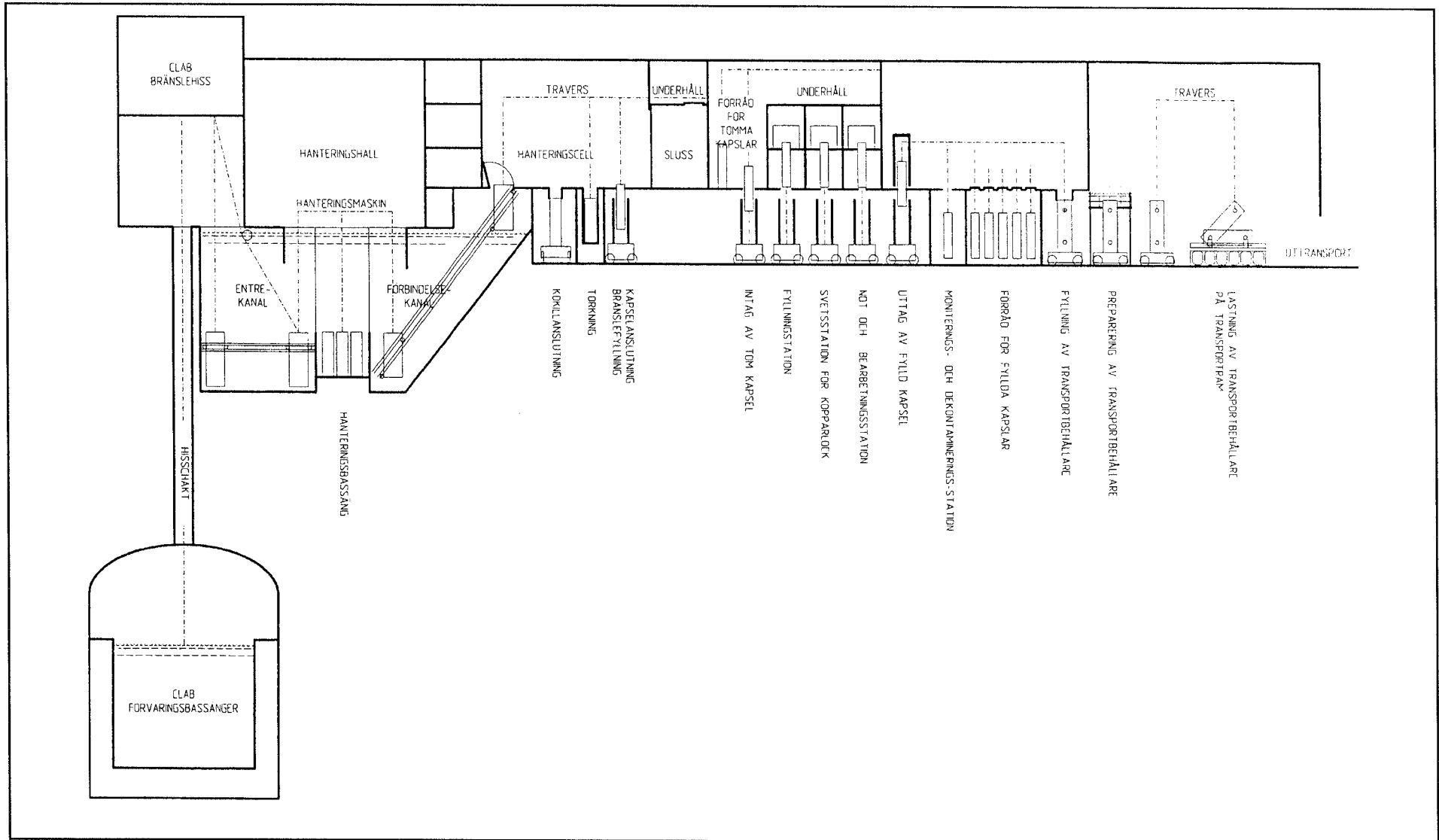
Transport av kapslarna inom anläggningen sker i ett utrymme som ansluter under hanteringscellen och de olika arbetsstationerna. Under transporten är kapseln försluten så att radioaktivitet inte kan spridas från bränslet.

Från hanteringscellen förs kapseln till en **fyllningsstation** där atmosfären i kapseln byts och kringfyllning av bränsleelementen görs om så erfordras. Även denna arbetsstation utformas som en högaktiv cell med hänsyn till att kapseln ännu inte är försluten. Slutligen ska stålloket monteras och förslutas med svetsning.

I en **förslutningsstation** försluts kopparkapseln med elektronstrålesvetsning i en vakuumkammare.

I en **kontroll och bearbetningsstation** finns utrustning för kontroll av locksvetsen och för maskinbearbetning av svetsområdet på kapseln.

Anläggningen utformas också så att eventuellt felaktigt förslutna kapslar kan åtgärdas. I första hand sker detta så att locket avlägsnas i bearbetningsstationen och kapseln återförs till förslutningsstationen och förses med ett nytt lock. Om detta inte är möjligt återförs kapseln till hanteringscellen och töms på bränslet som placeras i en helt ny kapsel.



Figur 5-8. Inkapslingsanläggning – flödeslayout.

Efter svetskontrollen förs kapseln till en **dekontamineringsstation** där en rutinmässig kontroll av ytkontaminering planeras och möjlighet finns att dekontaminera kapselns utsida.

Efter förslutning sker en slutlig registrering och dokumentation av data för varje enskild kapsel.

Innan kapseln förs till djupförvaret placeras den i ett **buffertförråd**.

5.3.6 Säkerhetsanalyser

Frågor rörande den radiologiska säkerheten vid drift av inkapslingsanläggningen analyseras och redovisas i två steg.

- Preliminär säkerhetsrapport, PSR

Anläggningens säkerhet beskrivs baserat på den projektering som genomförts under 1994-96. Den nivå som då uppnåtts benämns layout D. Rapporten ska beskriva säkerhetsfrågor för hanteringsprocessen främst tänkbara missöden och dess konsekvenser. Emissioner via kylvatten och ventilationsluft förväntas bli mycket små och förmodligen rymmas inom gällande gränser för CLAB anläggningen.

- Slutlig säkerhetsrapport, SSR

Säkerheten redovisas för den färdiga anläggningen. Underlag till rapporten utgörs av anläggningsbeskrivning och slutliga systembeskrivningar, layout A.

Resultat av inaktiv provdrift med tillverkning av ett antal kapslar redovisas som komplement till SSR för myndigheternas prövning av drifttillstånd enligt KTL.

Frågor rörande kapselns långsiktiga funktion behandlas i säkerhetsanalysen för djupförvaret. Se kapitel 6.

5.4 KVALITETSSÄKRING

Det övergripande målet för kvalitetssäkringen inom djupförvars- och inkapslingsprojekten följer ”SKBs riktlinjer för kvalitetssäkringsarbete”.

Målen för kvalitetsarbetet i projekten är att säkerställa att:

- projektarbetet blir effektivt med klara beskrivningar av mål samt organisationens ansvar och befogenheter,
- information om projektarbetets framåtskridande sprids till alla berörda,
- den dokumentation som tas fram under tillstånds-, konstruktions- och byggprocessen blir korrekt, tydlig och möjlig att granska, samt
- myndigheternas krav på kvalitetssäkring i samband med tillståndsärenden uppfylls.

6 PROGRAM FÖR SÄKERHETSANALYSER

Beträffande den tredje kompletteringspunkten – ett program för de säkerhetsanalyser som SKB avser att upprätta – ges regeringens uppfattning i ett antal frågor med anknytning till denna punkt:

- *att metoderna för säkerhetsanalyser bör ytterligare utvecklas, särskilt vad gäller hur olika osäkerheter skall beskrivas och vägas samman,*
- *att en strategi bör utvecklas för granskning av modellernas giltighet (validering) utgående från de krav som säkerhetsanalysen ställer,*
- *att det finns ett behov av en helhetssyn på strålskyddsfrågorna. SKB bör kunna redovisa säkerhets- och strålskyddsfrågor för såväl den operativa fasen som slutförvaringsfasen.*

Regeringen anger även att de rekommendationer som SKI och KASAM lämnat bör beaktas vid kompletteringen.

6.1 ALLMÄNT

6.1.1 Kommande säkerhetsrapportering

Kärnteknisk verksamhet måste genomföras på ett säkert sätt. Bedömningen av verksamhetens säkerhet görs med hjälp av analyser av anläggningens funktion med avseende på säkerhet och strålskydd. För radioaktivt avfall måste säkerheten granskas dels för driften med behandling, lagring, transport och deponering, dels för den passiva lagringsfasen efter det att förvaret förseglats.

Metoder för säkerhetsanalys av system i aktiv drift har utvecklats och vidareutvecklas fortlöpande bl a inom kärnkraftindustrin. Utvärderingen av säkerhet vid drift av avfallsanläggningar kan i allt väsentligt genomföras på samma sätt som motsvarande utvärdering för andra kärntekniska anläggningar, och behandlas därför inte vidare här.

Kopplingen mellan driftssäkerhet och långsiktig säkerhet utgörs av kvaliteten hos de tekniska barriärer som byggs upp och av sannolikheten för och omfattningen av eventuella brister vid tillverkningen.

I takt med att projektering och platsundersökningar pågår kommer SKB att successivt fastställa dels utformningen av olika tekniska säkerhetsbarriärer, dels förvarets layout och förläggning i berggrunden, jfr kapitel 5. Detta förutsätter en fortlöpande granskning av förvarets och barriärernas funktion och deras betydelse för den långsiktiga säkerheten.

Viktiga beslut inom programmet kommer att baseras på omfattande säkerhetsanalyser. Dessa kommer att vara viktigt underlag dels för SKBs beslut, dels för myndigheternas granskning och prövning av tillåtligheten enligt olika lagar. SKB förutser att följande tillfällen är av sådan avgörande karaktär att de kommer att stödjas av omfattande säkerhetsanalyser och ansökningar om tillstånd enligt tillämpliga lagar (se Figur 3-1 i kap 3):

- Inkapslingsanläggning, ansökan om tillstånd för
 - lokalisering och byggande,
 - drift, steg 1,
- Djupförvar steg 1, ansökan om tillstånd för
 - detaljerade geovetenskapliga undersökningar,
 - lokalisering och byggande,
 - drift.
- Utvärdering av erfarenheterna från steg 1.
- Djupförvar och inkapslingsanläggning, steg 2, ansökan om tillstånd för
 - utbyggnad,
 - drift,
 - förslutning.

Vid dessa prövningar kommer SKB att redovisa säkerhets- och strålskyddsfrågor för såväl driftfasen som slutförvaringsfasen i säkerhetsrapporter. Med nuvarande tidplaner skall de första rapporterna utgöra underlag till lokaliseringsansökan mm för inkapslingsanläggningen, och till ansökan om tillstånd för detaljerade platsundersökningar för djupförvaret.

Underlaget för analyser av den långsiktiga säkerheten kommer att successivt öka i och med att allt mer omfattande undersökningar och ev utbyggnad genomförs. Inför varje beslut prövas om underlag och säkerhetsbedömningar nått den mognad och gett de resultat som är tillräckliga för nästa steg i arbetet.

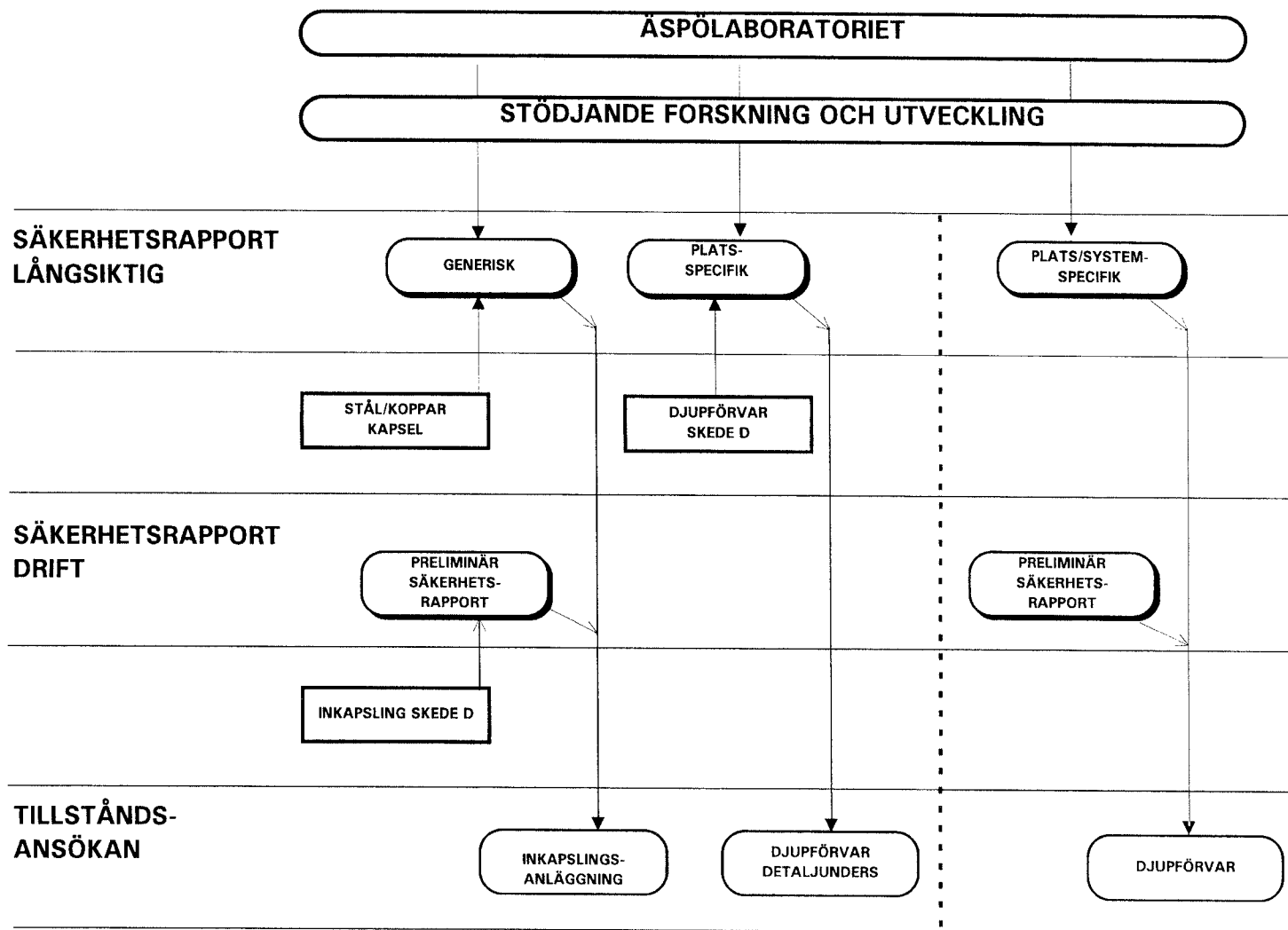
Särskilt vad gäller platsspecifika data kommer informationen att vara begränsad vid de tidiga analyserna. Säkerhetsbedömningarna i detta skede måste baseras på information från ytbaseerade undersökningar och borrhål, samt på tänkbara utformningar av förvarets layout. Denna information kan revideras i kommande skeden.

6.1.2 Programmets omfattning och avgränsningar

Detta är ett program för SKBs kommande säkerhetsanalyser av den passiva förvaringsperioden. Programmet redovisar den logiska uppläggningsperioden av arbetet och metodiken för funktions- och säkerhetsanalyser, dvs metodiken i arbetet med att ta fram

- säkerhetsmässigt underlag till stegvis fastställande av utformningen av förvarets tekniska barriärer och av förvarets inplacering på olika kandidatplatser,
- en lämplig struktur för hur den långsiktiga radiologiska säkerheten skall redovisas i framtida säkerhetsrapporter,
- en säkerhetsrapport inför ansökan om olika tillstånd för byggande av inkapslingsanläggningen,
- en säkerhetsrapport inför ansökan om tillstånd för detaljundersökningar för djupförvaret.

Programbeskrivningen har fokuserats på framtagningen av de två i tiden närmaste säkerhetsrapporterna, dvs t o m ansökan om detaljerade geovetenskapliga undersökningar på en kandidatplats. Metodik och arbetsgång i därefter kommande säkerhetsanalyser kommer i stort att vara likartad. Strävan är att samma rapportstruktur skall bibehållas i alla rapporter för att underlätta identifiering av ny information och jämförelser med tidigare rapporter. Viss anpassning av rapportens utformning med hänsyn till erfarenheter och specifika frågeställningar kan dock behövas. Figur 6-1



Figur 6-1. Logikschema över närmast kommande säkerhetsanalyser för djupförvaring av använt kärnbränsle.

visar det plats och systemspecifika underlag som avses ligga till grund för de båda första säkerhetsrapporterna, jämför även kap 5.

I avsnitt 6.2 redovisas målen för arbetet med säkerhetsanalyserna. Därefter presenteras i avsnitt 6.3 arbetsgång och metodik för att genomföra funktions- och säkerhetsanalyser. I avsnitt 6.4 diskuteras hur granskningen och redovisningen av osäkerheter och validitet i säkerhetsanalyser kommer att genomföras, planerad fördelning av insatserna under olika arbetsskedena, samt grunder för att prioritera mellan dessa insatser. En diskussion av tidsbehoven för att genomföra integrerade säkerhetsanalyser redovisas i 6.5.

6.2 MÅL

Förmågan hos ett djupförvar att långsiktigt hålla de radioaktiva ämnena avskilda från natur och människor, och att hålla dospåverkan i omgivning väl under givna gränser, utvärderas med hjälp av funktions- och säkerhetsanalyser.

Dessa analyser skall under de inledande skedena

- utvärdera de tekniska barriärernas funktion och samverkan för att ge en förståelse av säkerhetsfrågorna, och ge underlag för systemutformning, materialval och dimensionering av förvarssystemet,
- utvärdera platsspecifika förhållanden av betydelse för säkerheten för att ge underlag för fortsatt platskaraktärisering och förvarets inplacering i området, samt för projektering av djupförvaret,
- ge underlag för säkerhetsrapporter inför viktiga beslut och tillståndsansökningar för inkapslingsanläggning och djupförvar.

För säkerhetsrapporternas uppläggning och innehåll skall en mall tas fram. Denna avses bli utnyttjad för alla kommande rapporter om den långsiktiga säkerheten. Rapportmallen kommer att redovisas under 1995. Säkerhetsrapporter skall utgöra underlag för ansökan om tillstånd att lokalisera och bygga inkapslingsanläggningen resp att genomföra detaljundersökningar för ett djupförvar. Rapporterna skall ge den ”samlade och ingående analys av säkerhets- och strålskyddsfrågorna” som regeringen menar bör redovisas innan SKB binder sig för en specifik hanterings- och förvaringsmetod, och omfatta såväl driftsäkerhet som långsiktig säkerhet.

Säkerhetsrapporten inför tillståndsansökan för inkapslingsanläggningen skall

- redovisa säkerheten för en djupförvaring av använt kärnbränsle som utnyttjar vald kapselutformning och teknik för tillverkning och kontroll. Analyserna kommer att baseras på en antagen förvarsutformning och layout samt på allmänna (generiska) data för svensk berggrund,
- redovisa och diskutera eventuella utformnings- eller platsspecifika faktorer som kan tänkas föreligga vid realistiska förläggningsoptioner, och som är av sådan karaktär att kapselns ändamålsenlighet för säker slutförvaring skulle kunna ifrågasättas.

Motsvarande rapport inför tillståndsansökan för **detaljerade geovetenskapliga undersökningar** för ett djupförvar skall

- redovisa analyser av de två kandidatplatsernas potential att ge en acceptabel säkerhet för ett djupförvar för använt kärnbränsle och för annat långlivat kärnavfall,
- redovisa och diskutera eventuella platsspecifika faktorer som är av sådan karaktär att de skulle kunna innebära att man bör ifrågasätta platsens lämplighet.

Säkerhetsrapporterna under senare skeden skall visa att det radioaktiva avfallet, med vald förvarsutformning på vald plats, kan hanteras och slutförvaras på ett säkert sätt.

6.3 ARBETETS GENOMFÖRANDE

6.3.1 Allmänt

Acceptanskriterier och säkerhetsmål för ett djupförvar har diskuterats i skriften "Disposal of High Level Waste. Consideration of some Basic Criteria", 1993 /6-1/. Skriften avses, tillsammans med internationella rekommendationer, utgöra en grund för framtagning av nationella kriterier. SKB kommer att beakta riktlinjerna i dessa dokument, tidigare utfärdade föreskrifter för likartad verksamhet, samt aviserade föreskrifter om omfattning och innehåll.

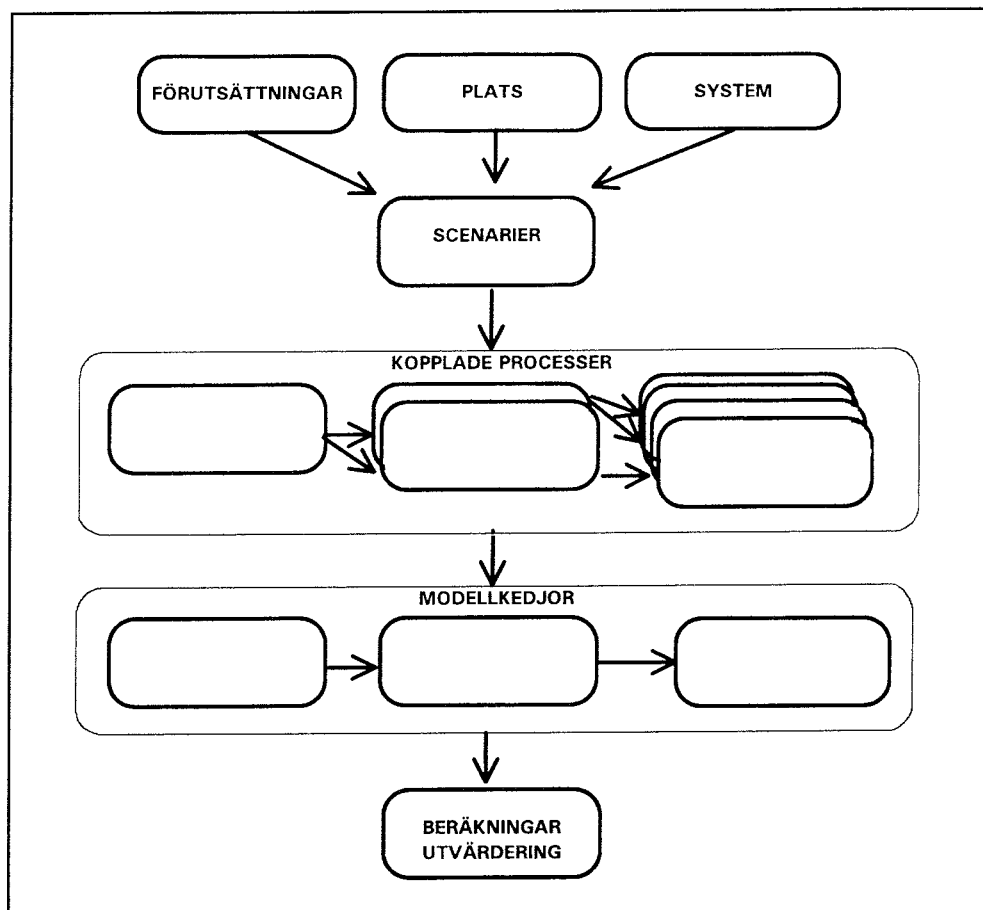
I ett skede där systemutveckling och platsvalsprocess pågår erfordras fortlöpande utvärderingar av säkerhet och funktion samt variationsanalyser som underlag för att detaljutföra eller dimensionera systemen. Likartade utvärderingar behövs för att arrangera förvaret på sådant sätt att platsens naturliga barriärer mot spridning utnyttjas på ett effektivt sätt. Sådana fortlöpande analyser av lämpligt avgränsade barriärer eller delsystem under typiska omgivningsförhållanden benämns här funktionsanalyser.

För att erhålla en helhetsbild av systemets totala funktion måste funktionsanalyserna sammanföras till att omfatta hela förvarssystemet och jämföras med säkerhetsmålen. Dessa integrerade analyser benämns **säkerhetsanalyser**.

Säkerhetsanalyserna utgår från den förståelse av systemets funktion som erhållits vid funktionsanalyserna eller vid tidigare säkerhetsanalyser. De fokuseras på att klarlägga effekter av det totala förvaret på människan och hennes omgivning, och på hur olika utformningar och dimensioneringar påverkar förvarets integrerade säkerhet. Funktions- och säkerhetsanalyser ger underlag för prioritering av kompletterande FoU-insatser för fördjupning av kunskapsunderlag och experiment.

Oavsett om analyser genomförs för delsystem eller för det totala förvarssystemet bygger de på en analysmetodik som omfattar – se Figur 6-2:

- Definition av analysens syfte.
- Definition av givna förutsättningar för analysen, dvs typer och mängder av radioaktivt avfall, förvarssystemet och dess dimensioner samt förvarets plats och miljö.
- Klarläggande av såväl de sannolika som de mindre sannolika eller osannolika förhållanden för vilka systemet/anläggningen skall analyseras (scenarier).
- Klarläggande av de tidsberoende processer som vid olika scenarier är väsentliga för systemets/anläggningens avsedda funktion.



Figur 6-2. Principiell gång för genomförande av säkerhetsanalys.

- Definition av beräkningsmodeller för att kvantifiera systemets funktion och modellernas kopplingar.
- Kvantifiering av systemets/anläggningens funktion och väsentliga funktionsförändringar.
- Diskussion av osäkerheterna i genomförda analyser och en bedömning av analysens tillräcklighet med avseende på analysens syfte.

Många beslut om arbetsinriktning etc. vid utvecklingen av ett förvarssystem måste tas under betydande osäkerhet. Analysarbetet skall därför inte bara söka kvantifiera förvarets funktion, utan också klargöra osäkerheterna i analysen och vad dessa osäkerheter har för inverkan på slutsatserna.

Utredning av osäkerheterna i analysen, och av tilltron till att analysen är tillräcklig för sitt syfte, är en verksamhet som i praktiken inte kan skiljas från övrigt analysarbete. För att tydliggöra arbetsgång och principer för hur detta valideringsarbete avses bedrivas har dock redovisningen av hur säkerhetsanalyserna skall genomföras delats upp i två avsnitt. I fortsättningen av detta avsnitt 6.3 nedan, redogörs för de logiska stegen från breda funktionsstudier fram till en säkerhetsrapport. I avsnitt 6.4 görs en mera detaljerad genomgång med fokus på valideringsarbetet uppdelat på delsteg enligt Figur 6-2 där olika typer av osäkerheter förs in i analysen.

6.3.2 Funktionsanalyser

För närvarande pågår funktionsanalyser av koppar/stål – kapselns funktion i en KBS-3 liknande förvarsmiljö. Analyserna består av en genomgång av rimliga scenarier, granskning av de processer av växelverkan som förekommer i förvaret och en analys av hur de påverkar kapselns funktion att isolera avfallet från grundvattnet. Dessutom utförs analyser av hur radionuklider skulle kunna frigöras till det strömmande grundvattnet om isoleringen bryts. Ett stort antal variationer genomräknas.

På liknande sätt analyseras varianter av systemutformningen för att få underlag till dimensionering av övriga tekniska barriärer i närområde och tunnelsystem. Om valet av någon parameter i utformningen av närområdet är starkt beroende av egenskaperna hos det omgivande berget bör man som regel inte fastställa denna parameter innan man har tillgång till nödvändiga platsspecifika data. I sådana fall undersöks de gränser inom vilka data för parametern kan tillåtas variera.

Funktionsanalyser med varierande förutsättningar är en del av fortlöpande systemutveckling och projektering av ett djupförvar. Dessa analyser kan i sin tur specificera eller förändra förutsättningarna för de vidare studierna. Funktionsanalyserna pågår parallellt med vidareutveckling av dataunderlag och beräkningsmodeller. FoU-insatser inriktas på områden där underlag och förståelse behöver breddas.

Platsspecifika funktionsanalyser av de naturliga barriärerna kan inte påbörjas förrän kandidatplatser valts ut för undersökning. När så har skett måste funktionsanalyser genomföras med hänsyn till resultat från

- platskaraktärisering,
- utvärdering av hur platsen på bästa sätt skall kunna utnyttjas för ett djupförvar,
- utvärdering av platsens egenskaper m a p inplacering av ett säkert förvar,
- utvärdering av byggbarheten på platsen.

Platskaraktärisering ger underlag för en geologisk modell av platsen innehållande viktiga strukturer och karakteristiska data för dessa. Utifrån denna modell kan man sedan modellera områdets grundvattenrörelser. Strukturen och grundvattenförhållandena påverkar hur de olika förvarsdelarna placeras in i området. Detta i sin tur utgör grunden för fortsatt arbete för platsens karaktärisering.

Den numeriska kopplingen av samhörande beräkningar görs huvudsakligen med hjälp av PROPER-systemet /6-2/. Både stokastiska och deterministiska beräkningsmodeller kommer att utnyttjas.

Variationsanalyserna under detta skede byggs successivt ut för att också ta hänsyn till oväntade eller ovanliga fenomen, händelser eller processer (eng. – Features, Events or Processes – FEPs) som kan förekomma och påverka den normala utvecklingen. Detta ger en första grovgallring av vilka FEPs som behöver kvantifieras genom mer detaljerade beräkningar. Dessa initierande FEPs utgör sedan en startpunkt för att definiera scenarier, innehållande samtliga kända kopplade eller logiskt sammanhängande processer som i den valda omgivningen hör ihop med den initierande händelsen.

En systematisk genomgång och granskning av hur olika FEPs påverkar förvaret är en del av funktionsanalyserna. Specifika variationsanalyser där man bortser från vissa funktioner eller barriärer för att belysa den isolerande eller fördröjande förmågan hos övriga barriärer kan komma att genomföras även om de inte bedöms vara fysiskt möjliga.

Funktionsanalyserna innebär också att de tillgängliga databasernas tillräcklighet prövas liksom också möjligheten att via beräkningar kvantifiera förvarsdelarnas

förändringar med tiden. Det huvudsakliga valet av hur olika processer skall konceptualiseras i beräkningsmodeller görs och prövas under detta skede. Underlaget, som i ett senare skede ger möjlighet att granska säkerhetsanalysens validitet mot planerade beslut, byggs upp genom att osäkerheten/tilltron till de valda förutsättningarna, databaserna och modellerna etc sammanställs. Se vidare avsnitt 6.4 om validering. Resultatet från funktionsanalyserna utgör underlag till utformning och genomförande av integrerade säkerhetsanalyser. Genomförda arbeten och deras resultat rapporteras i tekniska rapporter eller arbetsrapporter.

6.3.3 Val av scenarier för säkerhetsanalysen

Starten av en säkerhetsanalys innebär att analysens syfte har fastställts, att förvarssystemet har avgränsats i tid och rum, och att en översiktlig förståelse finns för hur de olika förvarsdelarna växelverkar och hur förvaret kan påverkas av olika externa händelser.

Utgående från den erfarenhet som byggts upp under tidigare funktionsanalyser väljs en uppsättning scenarier som tillsammans belyser

- förvarets sannolika funktion under den behandlade tidsperioden,
- naturliga händelser eller mindre sannolika förhållanden som kan väsentligt förändra förvarets funktion,
- den påverkan som människors framtida verksamhet kan ha på förvarets funktion,
- fel eller misstag som kan inträffa i utbyggnaden av förvaret eller barriärerna och förändra förvarets funktion.

Som grund för valet av scenarier kommer de för säkerheten väsentliga processerna i förvaret att redovisas (det s k processsystemet). Processsystemets normala funktion under förväntade framtida förhållanden (normalscenariet) belyser förvarets sannolika utveckling. En systematisk genomgång av hur av olika mindre sannolika och osannolika externa processer eller händelser kan påverka processsystemet ger sedan grunden till övriga scenarier.

En väsentlig säkerhetsfaktor i KBS-3 utformningen är den långtidsbeständiga kapseln som isolerar avfallet från grundvattnet. Så länge den är hel sker inga utsläpp av radionuklider. För att bedöma betydelsen av övriga barriärer för den totala säkerheten definieras därför ett specifikt scenario med sådana defekter i tillverkningen att några kapslar redan vid deponeringen har genomgående hål i kopparhöljet, det s k typdefekt-scenariet. För att kunna användas som ett centralt jämförelsefall kommer typdefekt-scenariet att i övrigt baseras på förväntade förhållanden, med vissa förenklingar. Variationer kring typdefekt-scenariet genomförs för att belysa betydelsen av gjorda förenklingar och antagna förhållanden.

För att funktionsanalyserna skall ge en tillräcklig förståelse för en integrerad säkerhetsanalys måste alla viktigare utvecklingsvägar ha identifierats. Kontrollen av att så har skett görs dels med hjälp av den metodik som utnyttjas för att definiera processsystemet och hur processerna påverkas av ändrade förutsättningar, dels med historisk/geologisk evidens och vetenskaplig erfarenhet.

6.3.4 Integration till en säkerhetsanalys

Valet av en uppsättning scenarier utgör starten för en integrerad utvärdering av djupförvarets totala funktion.

En integrerad säkerhetsanalys skall utgående från

- det analyserade systemets avgränsningar i tid och rum,
- möjliga samband mellan systemets delar,
- data och kunskaper om komponenterna och deras växelverkan,

beräkna förvarets integrerade funktion och resulterande påverkan på omgivningen samt ge en bedömning av förvarets säkerhet med hänsyn till ingående osäkerheter. Detaljeringsnivån i analyserna är liksom vid funktionsanalyserna starkt påverkad av det skede under vilket analysen genomförs, och av säkerhetsanalysens syfte.

Den principiella gången för att genomföra säkerhetsanalysen har tidigare illustrerats i Figur 6-2.

Scenarievalet innebär att sambanden mellan systemets delar och ingående komponenterna granskas och att för säkerheten relevanta utvecklingar definieras. Därefter måste de väsentliga processerna uttryckas i matematiska modeller, och modellerna sammanfogas till kopplade beräkningskedjor för att kvantifiera systemets säkerhet.

Valet av ingångsdata, modellparametrar och modellernas gränssnitt granskas m a p deras inbördes enhetlighet och likformighet.

Beräkningarna skall så långt det går kvantifiera förvarets framtida utveckling, och uttryckas i mätetal för anläggningens funktion (funktionsindex) som så direkt som möjligt relateras till säkerhetsmål och acceptanskriterier. Funktionsindex kan väljas olika beroende på analysens syfte och i vilket skede analysen genomförs. De sammanvägda resultaten utgör slutligen det säkerhetsmässiga underlaget till det aktuella beslutet.

De variations- och osäkerhetsanalyser som legat till grund för värderingen av de olika barriärernas potentiella funktion övergår under säkerhetsanalyserna till känslighetsanalyser där beräkningsresultatens beroende av osäkerheter eller ändringar i olika systemdelar, barriärer eller parametrar belyses.

I samtliga steg av säkerhetsanalysen kan osäkerheter av olika slag föras in i analyserna. Granskningen av validitet och tillräcklighet diskuteras i avsnitt 6.4.

Säkerhetsanalyserna skall genomföras och dokumenteras på ett spårbart sätt enligt ett etablerat kvalitetssäkringsprogram.

6.3.5 Säkerhetsrapporten

För att underlätta uppföljningen av hur säkerhetsanalyserna successivt kompletteras och detaljeras allteftersom projektet fortlöper, kommer en mall för säkerhetsrapporteringen att etableras. Detta kan också förenkla både redovisningen och granskningen.

En första presentation av rapportmallen planeras ske 1995. Mallen görs som ett synopsis till en säkerhetsrapport där varje avsnitt inleds med ett stycke där intentionerna för avsnittet och dess innehåll går igenom. I rapportmallen kan delar som är oberoende av specifika platsdata och detaljutformning (t ex avsnitt om avfallsmängder och -karaktär eller avsnittet om säkerhetsmål och acceptanskriterier) presenteras med en detaljeringsgrad nära den som erfordras för de formella granskningarna. För avsnitt med stark koppling till platsen eller projekteringsskede, kommer redovisningar från tidigare analyser att illustrera arbetsmetodik och frågeställningar.

Ambitionen är att redovisningen, i säkerhetsrapportens form, skall illustrera tillgängliga analysmetoder och angreppssätt för säkerhetsbedömningar.

6.4 OSÄKERHETER/VALIDITET

6.4.1 Syfte och strategi

Valideringsarbetet syftar till att utreda och redovisa analysernas giltighet (validitet), dvs hur väl analysen förmår beskriva verkligheten. En viktig del av detta är att klarlägga osäkerheterna i analysen, och att utvärdera om bilden av förvarets säkerhet är robust och konservativ med avseende på dessa osäkerheter. Hanteringen av osäkerheter och validitet i en säkerhetsrapport är således mycket nära kopplade och behandlas här samtidigt.

Valideringsarbetet genomförs enligt en systematisk plan (valideringsstrategi) som anger

- vad som skall valideras,
- i vilka skeden olika insatser planeras ske,
- hur arbetet skall prioriteras, samt ger
- riktlinjer för hur validiteten skall redovisas.

En vidare prövning av metoder och teknik för kvantifiering av osäkerheter och tillämpning av dessa metoder i funktions- och säkerhetsanalyser kommer att genomföras.

Allt eftersom arbetet fortskrider kommer även hanteringen av osäkerheter, och uppfattningen om deras betydelse, att fortlöpande utvecklas. Den praktiska tillämpningen av strategin kommer att konkretiseras i analysarbetet, och med hänsyn till det internationella samarbete som pågår bl a inom OECD/NEA.

6.4.2 Vad skall valideras? och när?

Genom att osäkerhet kan införas i alla steg av analysen måste granskningen av validitet omfatta hela analysen och i praktiken vara invävd i allt säkerhetsarbete.

De osäkerheter som kan förekomma är av varierande natur. Vissa osäkerheter är mycket svåra att kvantifiera, t ex risken att vi har en felaktig förståelse av en väsentlig process. Andra osäkerheter, som variabiliteten i geofysiska parametrar för berggrunden, kan ha en stor rumslig variation som dock kan beskrivas med statistiska metoder. Ytterligare andra osäkerheter kan vara väl kvantifierbara med felgränser, t ex noggrannheten för vissa mätinstrument. Även om olika osäkerheter inte lätt kan kombineras bör alla typer av osäkerhet redovisas och diskuteras.

Nedan redovisas de skeden i arbetet där en granskning och redovisning av osäkerhet/validitet är lämplig att göra.

Förutsättningar för analysen

Alla förutsättningar för analysen skall dokumenteras. De allmänna förutsättningarna för djupförvaret är i princip fastlagda. Mängder och typer av radioaktivt avfall, inklusive osäkerheterna, sammanställs dock inför varje säkerhetsanalys. De tekniska systemens utformning och platsens egenskaper uppdateras vid de olika projekteringsstadierna för inkapslingsanläggning och djupförvar respektive vid platsundersökningarna, se kap 5.

Dokumentationen kommer att omfatta

- avfallet (kategorier och mängder),
- de tekniska barriärerna (material, kvalitet och dimensioner),
- platsen (primärdata från platsundersökningen och därav härledd strukturmodell).

I princip skall osäkerheten i alla data diskuteras och, där så är möjligt/rimligt, kvantifieras.

Speciellt skall sådana ”osäkerheter” i analysresultaten som beror på att viss dimensionering hålls öppen för framtida optimering eller platsspecifik anpassning identifieras. Friheten i valet av en sådan parameter och dess betydelse för analysresultaten skall diskuteras separat.

Dokumentationen och uppdateringen av platsen följer programmet för platsundersökningar och är en förutsättning för platsspecifika säkerhetsanalyser. De alternativa tolkningar av platsens strukturella uppbyggnad som finns i olika skeden kommer att redovisas och diskuteras.

Rutiner för kvalitetssäkring och spårbarhet kommer att etableras före starten av dessa undersökningar. Dokumentationen av förutsättningar, liksom ändring och/eller successivt fastställande av parametrar, skall vara identifierbar och förvaras enligt fastställd instruktion.

Scenarier

Förvarets utveckling över tiden identifieras i scenarier. Dessa scenarier representerar såväl den troliga (sannolika) utvecklingen, som tänkbara, möjliga och/eller hypotetiska utvecklingar. Likaså representerar de både normala (förväntade) förhållanden och störda eller avvikande förhållanden. Den slutligt valda uppsättningen scenarier liksom systematiken i hur den tagits fram redovisas i samband med de integrerade säkerhetsanalyserna.

Scenarierna utgör grunden till de modellberäkningar av konsekvens och sannolikhet som skall genomföras. Tillräckligheten av denna uppsättning scenarier diskuteras och dokumenteras i säkerhetsrapporterna.

Processer

För varje scenario identifieras de processer som väsentligt påverkar förvarets funktion. Initierande händers inverkan på processsystemet granskas och dokumenteras. Ej medtagna processer eller förenklingar i beskrivningen av processerna motiveras.

Konceptuell modellering

Valet av hur processerna skall beskrivas med matematiska modeller diskuteras och motiveras.

Om konceptuellt olika modeller finns tillgängliga för att beskriva samma process, och ingen klar diskriminering kan göras, redovisas konsekvenserna av att använda de olika modellerna. Beräkningar med olika alternativa modeller gör det möjligt att kvantifiera effekten av olika konceptualiseringar.

Beräkningsmodeller

De matematiska beräkningsmodeller som utnyttjas för att bedöma förvarets funktion efter förslutningen identifieras entydigt (med versionsbeteckning och med referenser till källkod, manual etc). Ett specifik valideringsdokument tas fram för varje viktigare beräkningsmodell. I dokumentet skall återfinnas en diskussion om

- avsett användningsområde och ev begränsningar,
- grundläggande teori,
- konceptualisering,
- matematisk modellering, förenklingar och numerisk approximation, samt
- dataunderlag, inkl begynnelsevärden, modellparametrar och randvillkor.

I det dokumentet bör också redovisas väsentliga erfarenheter och tillämpningar såsom

- kalibrering/benchmarking,
- verifiering,
- stödjande experiment och observationer, inkl ev valideringstester.

Ovanstående dokumentation tas fram i anslutning till att modellerna utvecklas/in-skaffas eller utnyttjas i funktions- och säkerhetsanalyserna. Dokumentationen kan behöva revideras inför nya säkerhetsanalyser. Det är SKBs ambition att söka etablera en samsyn i dessa frågor så att sådana dokument kan tas fram och utnyttjas i internationellt samarbete.

Databaser

De databaser eller modellparametrar som skall användas i säkerhetsanalyserna skall identifieras entydigt med datum och referens antingen i beräkningsmodellens validitetsdokumentet enligt ovan eller i ett separat dokument. Av dokumentet skall framgå avsett användningsområde, eventuella begränsningar i databasens användning, samt en redovisning av det sätt på vilket databasen valts ut och hur osäkerheterna bedömts.

Dokumentation tas fram i anslutning till att databasen etableras och revideras fortlöpande. Databasen skall även innehålla beräknade och/eller bedömda osäkerheter.

Modellkopplingar

Delar av säkerhetsanalysens beräkningar genomförs med flera modeller länkade i beräkningskedjor. Speciell hänsyn måste vid kopplingen tas till att data i de olika modellerna kan vara insamlade under olika förutsättningar.

Utnyttjade modellers tillförlitlighet och förmåga att beskriva verkliga förhållanden (validitet) måste kompletteras med en granskning av gränssnitten mellan modellerna och av att de är inbördes sammanhängande vad gäller t ex modelluppbyggnad, dataunderlag och giltighetsområde.

Granskningar av sådant slag kan föranleda kompletterande variationsanalyser. Resultatens rimlighet och deras tillämpbarhet på aktuella beslut diskuteras, se vidare avsnitt 6.4.4.

6.4.3 Prioritering

Granskning och redovisning av validiteten kan i olika delar drivas till mycket hög detaljeringsgrad, i många fall troligen utan väsentligt förbättrat resultat. För en effektiv arbetsinsats måste valideringsstrategin göra det möjligt att prioritera. Grundläggande är att insatserna skall fokuseras på områden med otillräcklig validitet. Därutöver kommer hänsyn att tas till följande grunder för prioritering:

- Fördela insatserna mellan olika scenarier efter deras risk (sannolikhet x konsekvens) och med hänsyn till potentiell farlighet hos avfallet.
- Fördela insatserna mellan modeller och parametrar i ett visst scenario efter den känslighet som funktionsindex (dos/risk) har för osäkerheten i modeller/parametrar vid beräkningar av troliga utfall.
- Prioritera insatserna på parametrar med största relativa osäkerhet som ej enkelt kan begränsas.

Prioritering måste göras med hänsyn till överväganden om var insatser bedöms kunna ge en rimlig utdelning.

Som konsekvens av valideringsarbetet kan åtgärder behöva vidtas för att stärka validiteten i olika delar av analysen. Detta kan åstadkommas genom att

- fria parametrar lägges fast,
- osäkerheten i utnyttjade databaser reduceras,
- tilltron till de utnyttjade modellerna förstärks genom
 - nya experiment,
 - vidare bearbetning av tidigare gjorda experiment eller
 - prövning av modellerna mot naturliga analogier.

Omvänt kan en reduktion av insatserna motiveras av att de osäkerheter som införs via modeller och data är små i förhållande till den naturliga variabiliteten.

6.4.4 Sammanvägning

För integrerade säkerhetsanalyser måste också bedömningen av de olika delarnas osäkerhet och validitet sammanföras till en motsvarande bedömning av hela analysen.

Betydelsen av olika parameterfördelningar och numerisk osäkerhet kan med olika teknik redovisas som osäkerhet i beräkningsresultaten. Likaså kan resultatets känsligheten för ändrade modellparametrar i ett parameterområde närmast kring beräkningsresultatet utvärderas. Dessa metoder behandlar dock endast vissa aspekter av de numeriska osäkerheterna i beräkningarna. Ex vis kan valda förenklingar eller översäkra antaganden i beräkningarna försvåra tolkningen av osäkerheternas reella innebörd. Osäkerheten kan också påverkas av förekomsten av icke identifierade korrelationer mellan parametrar.

När väsentligare scenarier har analyserats torde en systematisk genomgång av resultatens känslighet för fel i olika parametrar eller beräkningssteg vara den kraftfullaste metoden för att klarlägga den integrerade effekten av kvantifierbara osäkerheter. Underlaget kan behöva förstärkas med känslighetsanalyser av vissa parametrar i hypotetiska scenarier.

Vissa typer av osäkerheter är dock av närmast filosofisk natur, och svåra att kvantifiera, t ex möjligheten att det finns brister i förståelse. Betydelsen av sådana osäkerheter kan i viss mån belysas genom modellberäkningar där någon barriär helt försummas eller vissa processer förutsätts förlöpa extremt ogynnsamt. I huvudsak måste dock sådana osäkerheter förbli kvalitativa och baseras på en bedömning av hur moget vetenskapsområdet är.

Under nuvarande skede av djupförvarets utveckling är det främsta värdet av osäkerhets/validitetsbedömningar den kartläggning som fås av systemets styrka resp svagheter. Det bedöms därför viktigt för förståelsen av förvarets funktion att olika slag av osäkerheter som finns i underlag inte försvinner i ett försök till total osäkerhetsbedömning utan redovisas separat.

Som framhållits i avsnitt 6.1 avser SKB att vid viktiga beslutssteg redovisa säkerhets- och strålskyddsfrågor för såväl den operativa fasen som slutförvaringsfasen. Möjligheten till integrerade bedömningar av analysernas tillförlitlighet och att bygga upp en helhetsbild av strålskyddsfrågorna för de olika anläggningar som ingår i systemet och över olika tider kommer att diskuteras.

6.4.5 Redovisning av validitet

På grund av säkerhetsanalysernas återkommande karaktär kommer redovisningen av validiteten hos olika beräkningsunderlag och modelleringsverktyg göras i form av separata dokument (enligt avsnitt 6.4.2). Dessa revideras samtidigt som underlag och modeller revideras eller kompletteras.

Vid genomförandet av säkerhetsanalyser kommer dessa dokument att behöva kompletteras med avseende på hur underlaget och verktygen utnyttjas i den integrerade analysen. Denna redovisning utgör en del av säkerhetsrapportens redovisning av scenarier och därtill hörande modellkedjor. Detta gäller även bedömningar av i vilken grad analysen uppfyller de krav på validitet som de förväntade besluten motiverar.

6.5 TIDSBEHOV

Arbete för att ta fram en säkerhetsrapport kan som framgår ovan delas upp i fyra huvudmoment:

- Funktionsanalyser, mer eller mindre kontinuerligt pågående och stöttade av specifika FoU-insatser.
- Scenarieval inkl definition av säkerhetsanalysens mål och avgränsningar.
- Säkerhetsanalyser med beräkningar av förvarets totala funktion, resulterande effekter i omgivningen och dessa effekters känslighet för osäkerheterna i analysen.
- Avrapportering.

Behovet av säkerhetsanalyser i SKBs program framgår av logikskemat i Figur 6-1. Den tid som erfordras för att genomföra en säkerhetsanalys, från starten av arbetet med att definiera en täckande uppsättning scenarier fram tills att den slutliga säkerhetsrapporten är klar, kan variera starkt. Den påverkas av säkerhetsanalysens syfte, den detaljeringsgrad i analyser som dataunderlaget tillåter och omfattningen av tidigare utförda funktionsanalyser.

För säkerhetsrapporten inför ansökan om tillstånd för inkapslingsanläggningen bedöms drygt ett år vara nödvändigt.

Tidsbehovet för att sammanställa en säkerhetsrapport inför tillståndsansökan för detaljerade geovetenskapliga undersökningar bedöms vara ca 2 år på grund av att säkerhetsanalysen skall omfatta två platser. Denna säkerhetsanalys genomförs i två etapper där den första etappen baseras på preliminära eller allmänna (generiska) platsdata och skall ge underlag för tillstånd att påbörja byggandet av inkapslingsanläggningen.

Tidsbehovet för därefter kommande säkerhetsanalyser påverkas i hög grad av de rutiner för granskning som växer fram och de sakfrågor som i tidigare granskningar identifieras som väsentliga.

7 REFERENSER

Kapitel 1

- 1-1 SKB FUD-program 92. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning, utveckling, demonstration och övriga åtgärder. Huvudrapport jämte tre underlagsrapporter.
SKB September 1992
- 1-2 Lag om kärnteknisk verksamhet.
SFS 1984:3. Ändrad SFS 1992:1536
- 1-3 Regeringens proposition 1983/83:60. Ny lagstiftning på kärnenergiområdet.

Kapitel 2

- 2-1 Projekt Alternativstudier för Slutförvar (PASS). Slutrapport.
SKB, Stockholm, September 1992

Kapitel 3

- 3-1 Lag om hushållning med naturresurser.
SFS 1987:12. Ändrad SFS 1987:247, 1990:442, 1991:651, 1991:738, 1991:1164
- 3-2 SKB PLAN 94.
SKB Juni 1994

Kapitel 4

- 4-1 Disposal of High Level Radioactive Waste – Consideration of Some Basic Criteria; The radiation protection and nuclear safety authorities in Denmark, Finland, Iceland, Norway and Sweden, 1993
- 4-2 SKIs utvärdering av SKBs FUD-program 92. Sammanfattning och slutsatser.
SKI Teknisk Rapport 93:13, Mars 1993
- 4-3 Kortfattad preliminär anläggningsbeskrivning. S Pettersson, C Svemar.
AR 44-93-008, SKB, November 1993
- 4-4 Preliminär beskrivning av miljökonsekvenserna av ett djupförvar för använt kärnbränsle och annat långlivat avfall.
SKB, 1994 (i koncept)
- 4-5 Transportsystem för avfall och bulkmaterial till djupförvar. P Lindeman, Saltech.
TPM 93-4471-01, SKB, November 1993
- 4-6 Förstudie Storuman. Sammanfattning av hittills utfört arbete.
PR 44-94-025, SKB, Juni 1994

Kapitel 5

5-1 Se 4-1

5-2 Se 2-1

5-3 The application of high power non-vacuum EB welding for encapsulation of nuclear waste at reduced pressure, – Summary Report.
Inkapsling, PR 94-01, SKB, Januari 1994

Kapitel 6

6-1 Se 4-1

6-2 PROPER MONITOR USER's MANUAL, Version 3.1.
SKB, Stockholm, 1993

ÖVERSIKTSSTUDIER OCH SKBs GEOGRAFISKA INFORMATIONSSYSTEM – KORT LÄGESRAPPORT

De utredningar och sammanställningar som görs i översiktsstudierna syftar bl a till att

- Översiktligt (i nationell skala) belysa förhållanden av intresse vid bedömning av vad som kan vara olämpliga, intressanta respektive lämpliga delar av landet för lokalisering av ett djupförvar.
- Ge underlag för att bedöma intresset för SKBs del av förstudier i olika regioner eller kommuner.
- Ge indikationer på vad som särskilt måste beaktas och utredas vid fortsatta mer detaljerade studier inom lämpliga eller speciellt intressanta områden.
- Ge underlag för att sätta in kommande platsval i sitt nationella och regionala sammanhang.

För ovannämnda syften sammanställer SKB geovetenskapliga och samhällsliga data och förhållanden i en rikstäckande databas. Dessa data kan hanteras, sammanfattas och presenteras i ett geografiskt informationssystem – GIS. Ett stort antal översiktsstudier av geovetenskaplig karaktär har tidigare genomförts. I det följande ges en kortfattad översikt över innehållet i SKBs databas liksom omfattningen av hittills utförda och pågående översiktsstudier. En samlad redovisning av översiktsstudierna planeras till 1995.

Geografiskt informationssystem (GIS)

I lokaliseringsarbetet finns det ett behov av att snabbt och tydligt kunna ta fram och presentera rådande förutsättningar. Detta förutsätter tillgång till geografisk (ofta kartografisk) information om geologi, naturresurser, markanvändning, markägarförhållanden, infrastruktur m m. För att överhuvud taget kunna utföra konkret arbete måste denna typ av information först göras åtkomlig. Detta kan vara ett problem då informationen ofta finns i olika arkiv, ofta har olika format, sällan har önskad täckning och har olika upplösning, ålder och kvalitet.

Geografisk tematisk information hanteras av SKB i ett eget Geografiskt Informationssystem (GIS). Detta är ett datorbaserat hjälpmedel och verktyg för att kunna hantera geografisk information. Det används och kommer att användas av SKB i olika skalor under lokaliseringsarbetet för lagring, presentation och analys av sådana data. Tabell A-1 ger en lista över kommersiellt tillgänglig information som i dag anskaffats till SKBs GIS.

Genom GIS finns det verktyg som möjliggör en analys och presentation av lokaliseringsförutsättningar för djupförvaret. Det ställs emellertid stora krav på kontroll av grunddata och strukturering av analysarbetet.

GIS-bearbetningen behöver inte innebära att hela analyser måste utföras i GIS. Ett väl så användbart arbetssätt är att låta GIS bearbeta väl avgränsade frågeställningar och sedan länka samman dessa med resultat från manuell analysverksamhet. Därvid kombineras människans förmåga att kritiskt styra och validera en analys med GIS kapacitet att okritiskt kunna utföra stora och omfattande bearbetningar.

Tabell A-1. Informationsskikt i SKBs GIS. (Lokala databaser som lagts in på GIS i samband med förstudierna har ej tagits med i listan.)

Rikstäckande GIS-databaser

<p>INFRASTRUKTUR Tätorter Administrativa gränser Plandetaljer Kraftledningar Skjutfält Miljöfarlig verksamhet Kyrkor</p>	<p>NATURRESURSDATA Naturvårdsområden av riksintresse Friluftslivsområden av riksintresse Våtmarksobjekt skyddade Våtmarksobjekt, oskyddade CW-områden Urskogsobjekt Nationalparksplan Naturgeografiska regioner Nationalparker Naturreservat Naturvårdsområden Djurskyddsområden Naturminnen Naturminnespunkter Domänreservat Privata reservat</p>
<p>NATURGEOGRAFISKA DATA Kust Öar Sjöar Vattendrag</p>	<p>MARKANVÄNDNINGSDATA Markanvändning och ägoslag</p>
<p>GEOLOGISKA DATA Berggrundsgeologi Jordarter Gruv- och mineralrätter Industriella mineraler och bergarter HK och dämnda issjöar Kontinentalsockelns berggrund och tektonik Jordskalv Malmförekomster Urbergsprovinser och Sedimentär berggrund Större lineament Större deformationszoner Nutida landhöjning</p>	<p>SOCIOEKONOMISKA DATA Befolkningsstatistik</p>
<p>HYDROGEOLOGISKA DATA Grundvattentillgångar i jord Grundvattentillgångar i berg SGUs brunnsarkiv</p>	<p>MARKÄGARDATA Stora markägare i Sverige</p>
<p>KEMISKA DATA Grundvattnets sammansättning – klorid och pH Markgeokemi Morängeokemi</p>	<p>TRANSPORTDATA Vägar – röda kartan Järnvägar – röda kartan</p>
<p>FYSISKA DATA Flygmagnetiska data Tyngdkraftdata</p>	<p>KUSTUTVECKLINGSDATA Högsta kustlinjen Baltiska issjön Ancylus sjön Littorina havet Yoldia havet</p>
	<p>HÖJDDATA Höjddata, 500 meter</p>

Exempel på informationsskikt

För att illustrera vad som finns i SKBs GIS-databas redovisas i Figurerna A-1 till A-4 några exempel på informationsskikt rörande geologiska och samhällsliga lokaliseringfaktorer. En kortfattad beskrivning ges till de olika informationsskikten, inklusive deras betydelse för lokaliseringen av ett djupförvar.

Förekomst av sedimentär berggrund

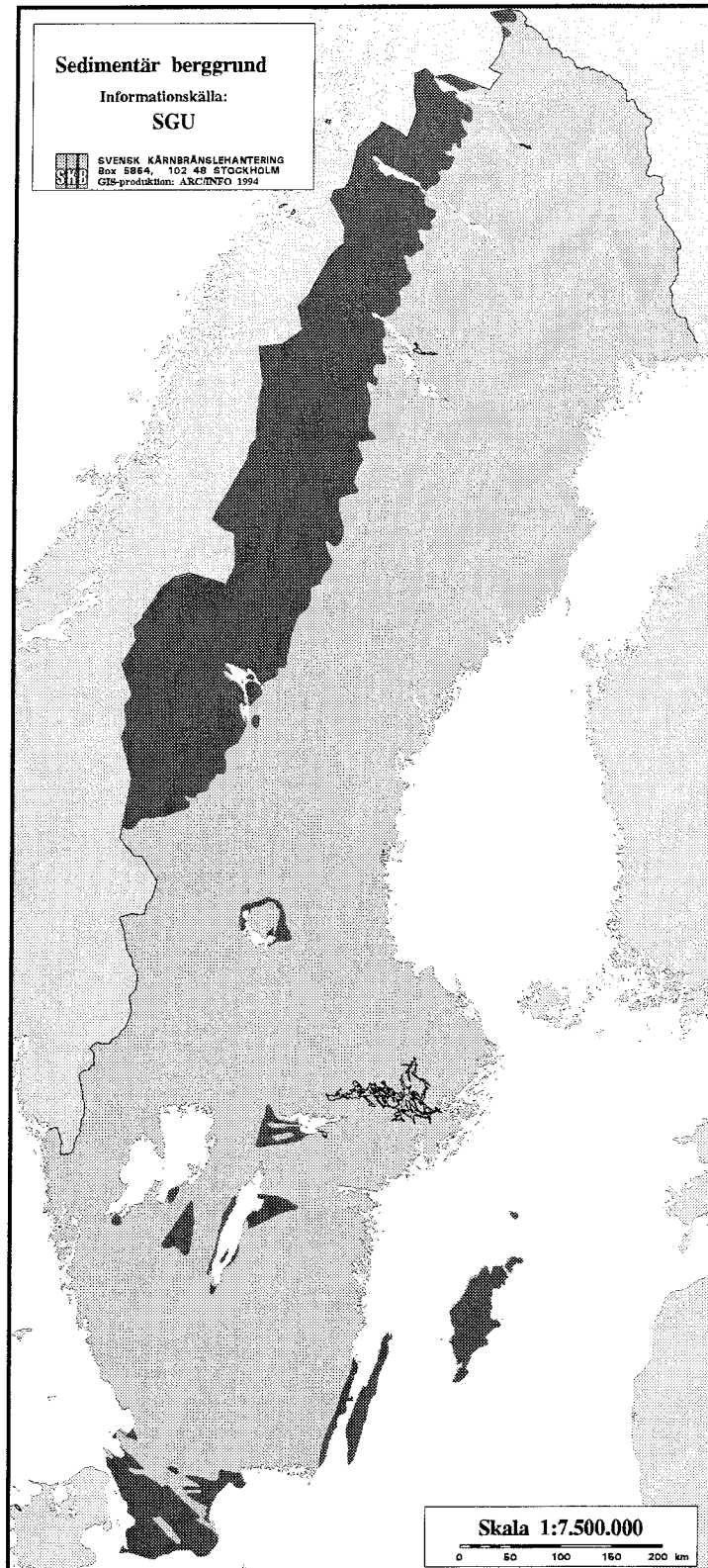
Sedimentära pålagrade eller överskjutna bergarter finns i Skåne, Öland och Gotland, några områden i Närke, Väster- och Östergötland, samt fjällkedjan. Dessa områden är tills vidare ointressanta för lokalisering av ett djupförvar.

Anledningen är att det svenska programmet och förvarskonceptet är inriktat på att lokalisera ett förvar till områden där urberget går upp i ytan eller täcks av ett tunt jordtäckte. Olika undersökningsmetoder har under en lång tid utformats för att identifiera och undersöka geologiska strukturer i en sådan miljö.

Som bland annat påpekats av dåvarande Kärnbränslenämnden i remissbehandlingen av FoU-program 89 skulle man kunna förlägga förvaret i urberg under områden som är täckta av sedimentära bergarter av inte allt för stor mäktighet.

En sådan förläggning kan ha såväl fördelar som nackdelar. Eftersom urbergsområden utan sedimentärt täcke bedöms kunna erbjuda fullgod säkerhet finns det ingen anledning att särskilt söka efter sedimenttäckta områden som förvarsplatser.

Om det under lokaliseringsarbetets gång öppnar sig möjligheter för studier av platser med bra förutsättningar i urberget under sediment så utesluter dock inte SKB ett sådant alternativ.



Figur A-1. Områden med sedimentär berggrund inkluderande fjällkedjan.

Förekomst av stora sprickzoner

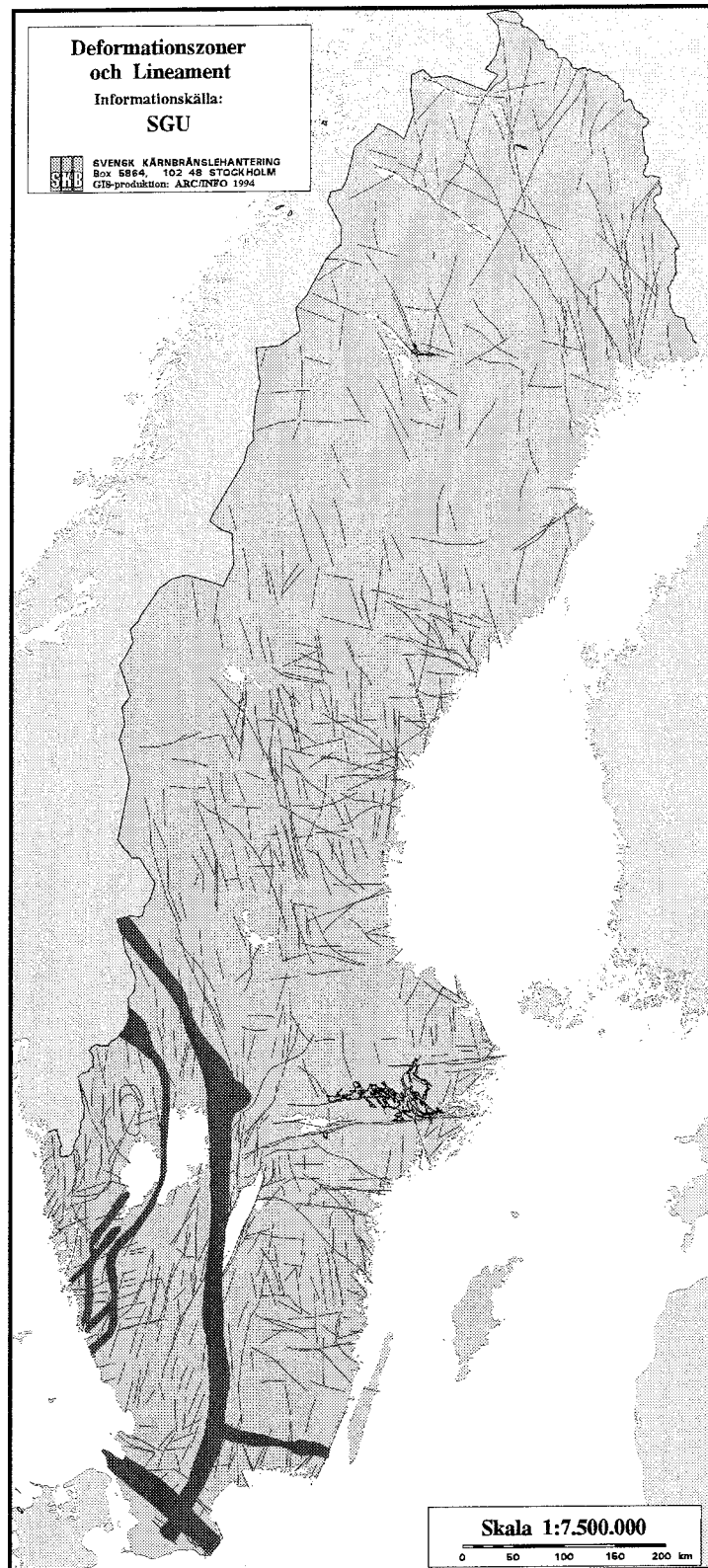
Stora sprickzoner genomsätter vårt urberg. Dessa bildar nätverk som kan reaktiveras vid nya laster i ett geologiskt tidsperspektiv. De finns i alla skalor från lokala, med en utsträckning av några hundratal meter, till regionala, med en utsträckning av 500 km eller mer.

Kartläggning av sprickzoner genomförs i olika skalor under alla etapper av lokaliseringsarbetet. I Figur A-2 presenteras en karta där två informationsskikt i SKBs GIS-databas har överlagrats. Informationen har framtolkats av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU).

Det första informationsskiktet utgörs av större deformationszoner där omfattande berg rörelser har skett under den geologiska historien. Det andra informationsskiktet utgör en sammanställning av topografiskt framträdande lineament, 30 km eller längre, baserade på Lantmäteriverkets karta över Sveriges relief. Erfarenhetsmässigt motsvarar uttalade lineament sprickzoner i den underliggande berggrunden.

Att vissa områden på kartan har få lineament/deformationszoner kan vara ett resultat av tolkningssvårigheter pga mäktiga jordlager eller avsaknad av modern geologisk kartläggning.

Förutom att sprickzoner utgör mekaniska svaghetsplan i berggrunden kan de vara vattengenomsläppliga och utgöra utströmningsområden för grundvatten. Sammantaget innebär detta att en förläggning av förvaret i direkt anslutning till sådana zoner skall undvikas.



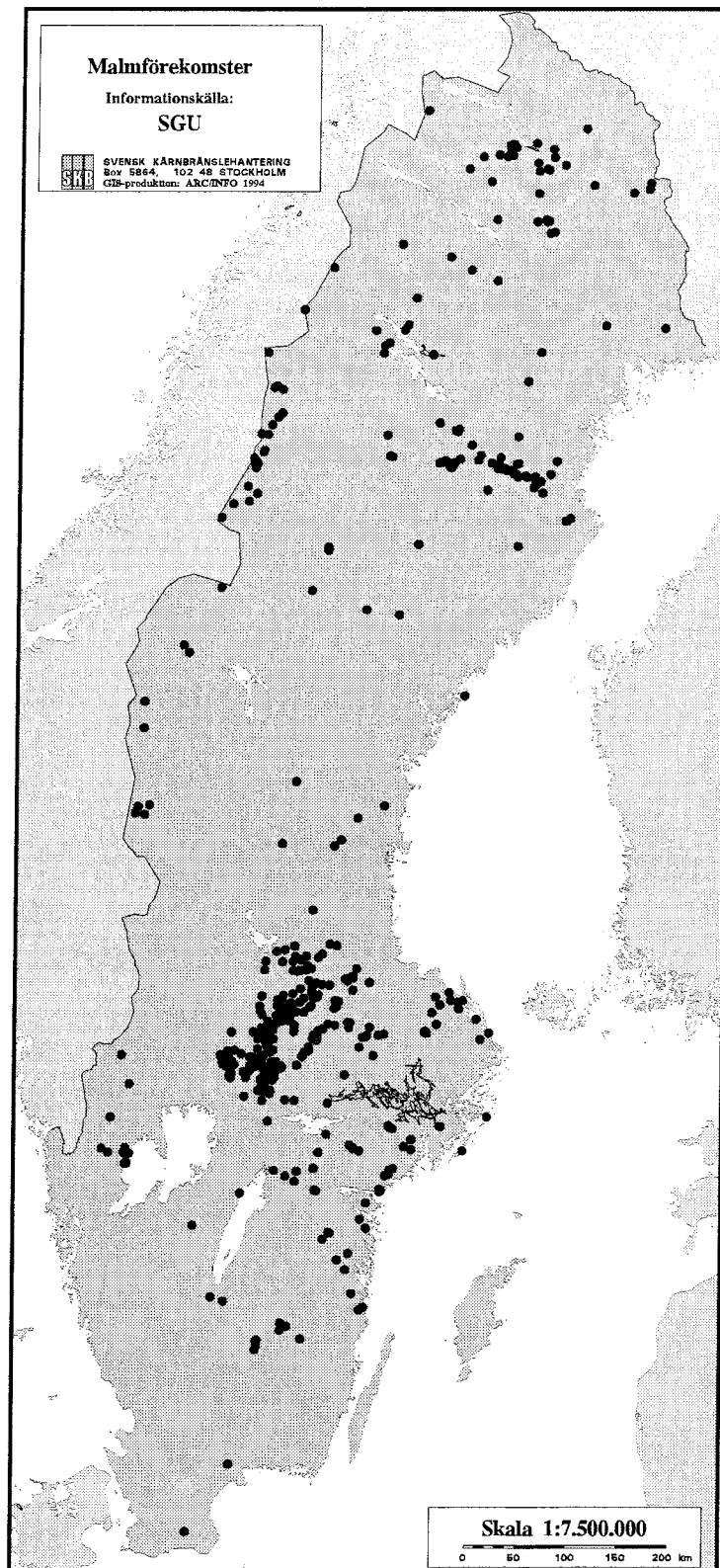
Figur A-2. Större lineament och deformationszoner i Sveriges urberg.

Förekomst av brytvärda mineral

Brytvärda mineral eller andra naturresurser knutna till berggrunden varierar mellan olika delar av landet. I Figur A-3 visas en karta framtagen av SGU över malmförekomster i Sverige. Kartan inkluderar gruvor som varit i drift under de senaste 80 åren samt kända reserver och fyndigheter ej tagna i drift. Totalt omfattar materialet 451 förekomster (på kartan framgår ej alla fyndigheter i malmtäta områden).

I SKBs GIS-databas finns även Sveriges alla undersöknings- och bearbetningskoncessioner, (inmutningar och utmål), som ger en något fyligare bild av var det finns prospekteringsintresse i landet. Databasen innehåller även förekomst av industriella mineral och bergarter.

Ett område med potential för framtida malmbrytning bör undvikas vid lokalisering av ett djupförvar. Detta beror främst på risken för framtida oavsiktligt intrång i förvaret i samband med sökande efter malm. Kartan indikerar var man särskilt måste beakta denna faktor. Berggrunden är emellertid så heterogen att man först vid studier i regionala och lokala skalor kan särskilja malmfri från malmpotentiell berggrund.



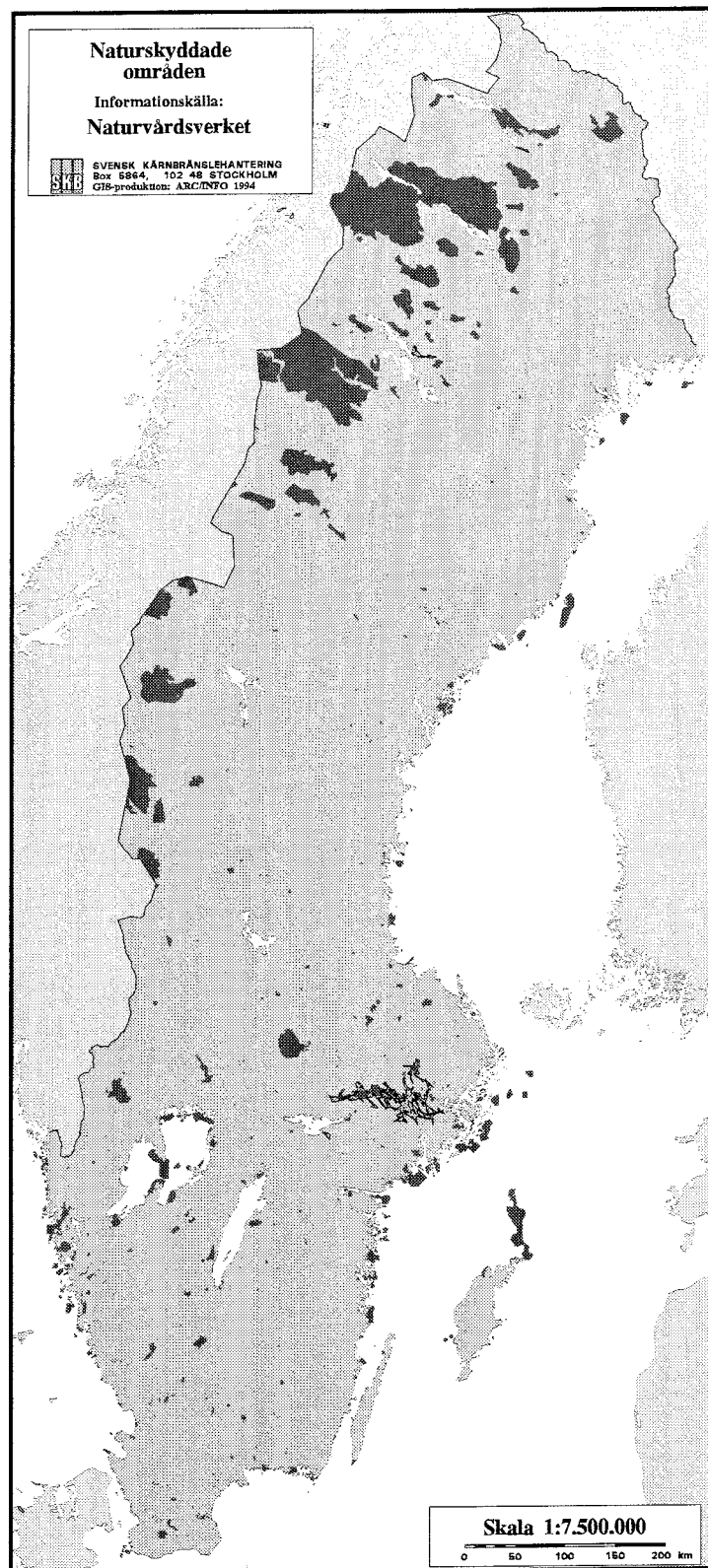
Figur A-3. Kända malmförekomster i Sverige.

Förekomst av naturskyddade områden

I Sverige är cirka 6% av all mark avsatt som naturskyddade områden, Figur A-4. Inom dessa får ingen exploatering ske. Om man även inkluderar alla områden som i dag anses som riksintressanta för naturvården täcks Sveriges yta till nästan 22%. Även om det går att erhålla exploateringsstillstånd i flera av de sistnämnda områdena så måste det finnas särskilda skäl om man skall lokalisera djupförvaret dit. Detta gäller även för utpräglade jordbruksområden.

I naturresurslagen namnges vissa avgränsade kust-, fjäll- och älvmråden där direkta riktlinjer ges för markanvändningen som måste beaktas vid lokaliseringen.

Vid studier i mer lokal skala kommer länens naturvårdsplaner och kommunernas översiktsplaner att vara viktiga. De sistnämnda redovisar planer för mark- och vattenanvändning, bebyggelseutveckling samt var riksintressanta områden är belägna inom kommunens gränser.



Figur A-4. Naturskyddade områden.

Exempel på geologiska översiktsstudier

I översiktsstudierna sammanställs ett omfattande bakgrundsmaterial om geologiska och samhällseliga förhållanden, vilka kan vara av intresse i samband med lokaliseringen av ett djupförvar. En del av materialet utgörs av studier och analyser av i första hand olika geovetenskapliga frågor. Dessa studier har publicerats löpande som ett led i det forsknings- och utvecklingsarbete som SKB bedriver sedan slutet av 1970-talet. Exempel på sådant bakgrundsmaterial som ingår i översiktsstudierna listas i Tabell A-2.

Tabell A-2. Exempel på bakgrundsmaterial som ingår i översiktsstudierna. (Flertalet rapporter har engelsk titel men presenteras här med en fri svensk översättning).

Rapport	Kommentar
Gravitationsfältet i Fennoskandia och postglaciala rörelser. KBS TR nr 17, 1977 A Bjerhammar	Rapporten behandlar tektoniska och isostatiska rörelser utifrån gravimetriska mätningar.
Studier av neotektonisk aktivitet i centrala och norra Sverige, sammanställning av flygfotografier och geofysiska tolkningar. KBS TR nr 19, 1977 R Lagerbäck, H Henkel	Rapporten behandlar postglaciala strukturer och reaktivering i ett regionalt perspektiv.
Tektonisk analys av södra Sverige, Vätternområdet – norra Skåne. KBS TR nr 20, 1977 K Röshoff, E Lagerlund	Rapporten behandlar lineamenttolkningar och neotektonik inom regionen.
Jordskalv i Sverige 1891-1957, 1963-1972. KBS TR Nr 21, 1977 O Kulhånek, R Wahlström	Rapporten behandlar seismiska data i ett riksperspektiv.
Blekinge kustgneiss, geologi och hydrogeologi. KBS TR nr 25, 1977 I Larsson et al.	Rapporten behandlar strukturgeologiska enheter och deras relation till grundvattenförekomst för regionen.
Seismotektonisk riskmodellering för kärnbränsleförvaring i svensk berggrund. KBS TR nr 51, 1977 F Ringdal et al.	Rapporten behandlar översiktliga geotektoniska risker med hänsyn till jordskalv och kryprörelser i Sverige.

Rapport	Kommentar
Bergspänningsmätningar i den skandinaviska berggrunden – förutsättningar, resultat och tolkning. KBS TR nr 64, 1977 S G A Bergman	Bergspänningsmätningar i ett tredimensionellt perspektiv diskuteras.
Grundvattenkemi mot djupet i graniter och gnejser. KBS TR nr 88, 1978 C Jacks	Rapporten behandlar i generella termer grundvattenkemi i svenskt urberg.
Hydrokemiska undersökningar i kristallint berg och samband med hydrauliska förutsättningar. Erfarenheter från SKBs typområden i Sverige. SKB TR 85-11, 1985 J Smellie et al.	Rapporten är en sammanställning av det omfattande vattenkemiska arbete som genomfördes i SKBs typområden under perioden 1982-1984.
En preliminär strukturgeologisk analys av det post-glaciära förkastningsmönstret i norra Sverige. SKB TR 86-20, 1986 C Talbot	Rapporten behandlar kinetiken av postglaciala förkastningar.
Geologiska kartor och tvärprofiler över södra Sverige. SKB TR 87-24, 1987 K-A Kornfält et al.	Sammanställning av regionalt kartmaterial.
Jordskalvsmätningar i södra Sverige, oktober 1986 – mars 1987. SKB TR 87-27, 1987 R Slunga et al.	Regional sammanställning av jordskalv.
Äspö berglaboratorium – utvärdering av förundersökningar och regional karaktärisering. SKB TR 88-16, 1988 G Gustafson et al.	Sammanställning av geovetenskapliga förutsättningar för Äspöprojektet i regionalt perspektiv.
Karaktärisering av morfologi, urberg och tektonik i Sverige. SKB TR 89-03, 1989 K Röshoff	Sammanställning av morfologiska terrängtyper i Sverige.

Rapport	Kommentar
Jordskalvsmekanismer i norra Sverige, oktober 1982 – april 1988. SKB TR 89-29, 1989 R Slunga	Regional sammanställning av jordskalv.
Interdisciplinär studie av post-glaciala förkastningar i Lansjärvsregionens verksamhet 1986-1988. SKB TR 89-31 G Bäckblom et al.	Sammanfattning av delstudier i Lansjärvsregionen.
Karaktärisering av humussubstanter från djupt förekommande grundvatten i granitisk berggrund i Sverige. SKB TR 90-29, 1990 C Pettersson et al.	Rapporten behandlar förekomst av fulvosyror i grundvatten från ett antal undersökningsplatser i Sverige.
Jordskalv i Baltiska skölden. SKB TR 90-30, 1990 R Slunga	Analys av 200 jordskalv, ML 0,6-4,5, med inriktning på fokaldjup, dynamiska hållparametrar och förkastningsplan.
SKB/TVO istidsscenario. SKB TR 91-32, 1991 K Ahlbom et al.	Sammanställning av tänkbara framtida istidsutbredningar.
Gideå typområde. Aktivitetssammanställning och resultat. SKB TR 91-51, 1991 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Gideå typområde.
Fjällveden typområde. Aktivitetssammanställning och resultat. SKB TR 91-52, 1991 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Fjällveden typområde.
Sternö typområde. Aktivitetssammanställning och resultat. SKB TR 92-02, 1992 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Sternö typområde.

Rapport	Kommentar
Kamlunge typområde. Aktivitetssammanställning och resultat. SKB TR 92-15, 1992 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Kamlunge typområde.
Protoginzone – Geologi och mobilitet under de senaste 1,5 Ga. SKB TR 92-21, 1992 P Andreasson et al.	Rapporten summerar protoginzonens geologiska och geofysiska funktioner.
Klipperås typområde. Aktivitetssammanställning och resultat. SKB TR 92-22, 1992 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Klipperås typområde.
Berggrundens stabilitet i sydöstra Sverige – Iakttagelser i den ordoviciska kalkstenen på norra Öland. SKB TR 92-23, 1992 A C Milnes & D Gee	Regional stabilitet i berggrunden redovisas utifrån en sprickkartering.
Geologiska miljöer och faktorer sett i olika skalor att beakta vid planering av ett slutförvar för använt kärnbränsle. SKB PR 44-92-010, 1992 Å Bruun et al.	Rapporten inkluderar rikstäckande kartor om urbergsprovinser, malmförekomster, aktiva gruv- och mineralrätter, lineamenttolkning och större deformationszoner.
Gabbro som berggrund för ett djupförvar. SKB TR 92-25, 1992 K Ahlbom et al.	Rapporten redovisar förekomsten av gabbroformationer i Sverige samt för- och nackdelar med lokalisering av ett djupförvar i basiska bergarter.
Äspölaboratoriet: Slutlig utvärdering av de hydrogeokemiska förutsättningarnas samband med geologiska och hydrauliska förutsättningar. SKB TR 92-31, 1992 J Smellie & M Laaksoharju	Rapporten sammanställer och tolkar alla vattenkemiska analyser i Äspöprojektets inledande skede.
Finnsjön typområde. Aktivitetssammanställning och resultat. SKB TR 92-33, 1992 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Finnsjön typområde.

Rapport	Kommentar
<p>Klimatförändringar och landhöjningsmönster – dåtid, nutid och framtid. SKB TR 92-38, 1992. S Björk & S-O Svensson</p>	<p>Rapporten redovisar de senaste 2,5 miljoner årens klimatförändringar och effekter i ett globalt och skandinaviskt perspektiv.</p>
<p>Post-glacial förkastning i Landsjärvsregionen. SKB TR 93-11, 1993 R Stanfors et al.</p>	<p>Rapporten sammanställer den andra programfasen i Landsjärvsprojektet inklusive utlåtanden för den exkursion som genomfördes 1991 med internationellt deltagande.</p>
<p>En sammanställning av seismoteknik i Sverige. SKB TR 93-13, 1993 R Muir-Wood</p>	<p>Rapporten behandlar i ett historiskt perspektiv seismologiska aspekter på tektonik i Baltiska skölden.</p>
<p>Simulering av en europeisk nedisning under den senaste och en framtida glaciation. SKB TR 93-14, 1993 C S Boulton & A Payne</p>	<p>Rapporten redovisar resultaten och uppbyggnaden av en kopplad, tidsberoende glaciationsmodell med möjlighet att simulera hydrogeologiska, termiska och bergmekaniska regionala effekter.</p>
<p>Tektoniska regimer i den Baltiska skölden under de senaste 1200 miljoner åren. SKB TR 94-05, 1994 S-Å Larsson & E-L Tullborg</p>	<p>Rapporten summerar den geologiska utvecklingen i skandinavien med tonvikt på plattetektoniska rörelser och sannolika bergspänningsriktningar.</p>
<p>En rekonstruktion av den tektoniska historien om Fennoskandia utifrån iakttagelser vid gränsområdena. SKB TR 94-XX, 1994 (i koncept) R Muir-Wood</p>	<p>Rapporten behandlar de senaste 100 miljoner åren i detalj utifrån geofysiska tolkningar i de sedimentära bassänger som omger den Baltiska skölden. Tolkningen bygger på det omfattande materialet för olje- och gasprospektering som finns huvudsakligen i Nordsjön.</p>
<p>Databas för bergspänningsmätningar. SKB AR (in prep), 1994 C Ljunggren</p>	<p>En uppdaterad sammanställning av alla tillgängliga bergspänningsmätningar i Sverige.</p>

Rapport	Kommentar
Sammanställning av jordbävningar och undersökning av fokaldjup. SKB AR (in prep), 1994 R Wahlström	Databaser i GIS-format inklusive rapportering. Rapporten behandlar allt tillgängligt dataunderlag i Fennoskandien. Särskild tonvikt vid ytliga jordskalv.
Storumans kommun i ett regional- geologiskt sammanhang. SKB PR 44-94-003, 1994 T Eliasson & T Lundqvist	Rapporten ingår i underlaget till förstudien över Storuman.
Tektonisk översikt över Hanöbukten. SKB TR 94-09, 1994 K O Wannäs, T Flodén	Hanöbuktens berggrundstektonik har tolkats med reflektionsseismiska metoder.

PUBLICERADE RAPPORTER FRÅN FÖRSTUDIE STORUMAN

Utgiven	Titel
<i>Rapport som redovisar förstudiens omfattning och organisation</i>	
Okt -93	Organisation och arbetsplan samt geografisk avgränsning, K Ahlbom, SKB (PR 44-93-008)
<i>Rapporter som redovisar kommunens geovetenskapliga förutsättningar</i>	
Dec -93	Beskrivning till jordartskarta över Storumanområdet, K Johansson, G Ransed och L Rodhe, SGU (PR 44-94-004)
Jan -94	Storumans kommun, geohydrologisk beskrivning, G Nyberg, S Jönsson, Geosigma AB (PR 44-94-005)
Feb -94	Storumans kommun i ett regionalgeologiskt sammanhang, T Eliasson, T Lundqvist, SGU (PR 44-94-003)
Feb -94	Juktans pumpkraftverk. Sammanställning av geologisk och hydrologisk information, K-L Axelsson, L Hansen, T Olsson, Golder Associates AB (PR 44-94-007)
Feb -94	Malmer och mineral inom Storumans kommun, H Lindroos, Mirab AB (PR 44-94-008)
Apr -94	Vattenkemiska förhållanden, R Jönsson, V Nömtak, VBB/VIAK (PR 44-94-006)
Apr -94	Beskrivning till berggrundskarta över urberget i Storumans kommun, H Lindroos, Mirab AB (PR 44-94-009)
Apr -94	Geofysisk dokumentation och tolkning, H Isaksson, R Johansson, GeoVista AB och SGU (PR 44-94-010)
Apr -94	Bergbyggnadstekniska erfarenheter i regionalt och lokalt perspektiv, B Leijon, Conterra AB (PR 44-94-011)

Rapport som redovisar kommunens samhälleliga förutsättningar

Juni -94 Samhällsplanering och markanvändning, E Setzman, Vattenfall Energisystem AB (PR 44-94-016). (Under tryckning).

Rapport som redovisar konsekvenser för miljön av en djupförvarsetablering i kommunen

Juni -94 Miljöaspekter på förläggning av ett djupförvar för använt kärnbränsle och annat långlivat avfall i Storumans kommun, N Kjellbert och S Johansson, SKB och ÅF-Energikonsult AB (PR 44-94-017). (Under tryckning).

Rapport som redovisar möjliga transportsätt och transportvägar till Storumans kommun

Juni -94 Transportmöjligheter till ett djupförvar i Storumans kommun, P Lindemalm, Saltech AB (PR 44-94-012). (Under tryckning).

Rapport som redovisar möjlig anläggningsutformning och bemanning under utbyggnad och drift av ett djupförvar

Nov -93 Kortfattad preliminär anläggningsbeskrivning, S Pettersson, C Svermar, SKB (AR 44-93-008)

Rapporter som diskuterar socioekonomiska konsekvenser av ett djupförvar i Storumans kommun

Feb -94 Turism och kärnavfall i Storumans kommun, Christina Olsson, Handelshögskolan i Umeå (PR 44-94-013)

Maj -94 Socioekonomiska konsekvenser av ett djupförvar för använt kärnbränsle i Storumans kommun, Einar Holm (red), Umeå Universitet (PR 44-94-019)

Maj -94 Storumans inför tusenårsskiftet – ett omvärldsperspektiv, C Fredriksson, EuroFutures AB (PR 44-94-020)

Maj -94 Referenser från större anläggningsprojekt, L Welander, Vattenfall Energisystem AB (PR 44-94-021)

Utgiven	Titel
----------------	--------------

Rapport som sammanfattar samtliga utredningar till och med juni 1994

Juni-94	Lägesrapport. Sammanfattning av hittills utfört arbete. SKB (PR 44-94-025)
---------	--

SAMVERKAN OCH INFORMATION MED ANKNYTNING TILL FÖRSTUDIEN I STORUMAN

(Oktober 1992 – Augusti 1994)

(Listan omfattar de aktiviteter vid vilka SKB deltagit)

Tidpunkt	Aktivitet
Oktober 1992	<ul style="list-style-type: none"> Brev från SKB med allmän information om FUD-program 92 och lokaliseringsarbetet till samtliga kommuner i Sverige.
November 1992	<ul style="list-style-type: none"> Storumans kommun kontaktar SKB, vilket leder till ett informationsmöte med Kommunstyrelsens arbetsutskott.
Januari 1993	<ul style="list-style-type: none"> Studieresa till SFR och CLAB. Deltagare från politiska partier, olika organisationer och föreningar. Politiska partier informeras.
Februari 1993	<ul style="list-style-type: none"> SKBs utställningstrailer besöker kommunen under en veckas tid (ca 700 besökare). Informationsmöte för Kommunfullmäktige. Information till länsstyrelsen.
Mars-april 1993	<ul style="list-style-type: none"> Representant från SKB tillgänglig i Storuman respektive i Tärnaby en dag i veckan.
Mars 1993	<ul style="list-style-type: none"> Ca 10 kvällsmöten med lokala föreningar. Telefonlinje 020 installeras.
April 1993	<ul style="list-style-type: none"> Frågan om inbjudan till SKB att genomföra förstudie bordläggs i Kommunfullmäktige. Debatt i riksrådet.
Maj-Juni 1993	<ul style="list-style-type: none"> Informationsmöten genomförs på fem olika orter (Storuman, Tärnaby, Gunnarn, Slussfors, Långsjöby) i kommunen. SKB, SSI och SKI deltar (ca 80 personer deltog). Inlandsmässan – SKBs monter besöktes av ca 600 personer.
Maj 1993	<ul style="list-style-type: none"> Information till 10-kommungruppen i Västerbotten (samtliga inlandskommuner i länet).
Juni 1993	<ul style="list-style-type: none"> Beslut i kommunfullmäktige om förstudie. Sigyn besöker 3 norrlandshamnar – 13.700 besökare.

Tidpunkt	Aktivitet
September 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Avtal mellan SKB och kommunen om förstudiens uppläggning. • Referensgrupp etableras av kommunen. • Förstudiens utredningsarbete startar. • Anställning av ansvarig för lokalkontoret.
Oktober 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Referensgruppsmöte. • Lokalkontor etablerat. • Föreningsmöten.
November 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Öppet hus på lokalkontoret. • Brev till transportkommunerna angående transporterna. • Utskick till samtliga hushåll med allmän information om förstudien och dess uppläggning.
December 1993	<ul style="list-style-type: none"> • Referensgruppsmöte. • Föreningsmöten. • Information till Miljökontoret, Brandförsvaret och Gatukontoret i Umeå kommun.
Januari 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Referensgruppens studieresa till SFR och CLAB. • Föreningsmöten. • Information till Miljökontoret, Gatukontoret och Räddningstjänsten i Skellefteå kommun. • Information till kommunstyrelsen i Skellefteå. • Offentligt kvällsmöte om transporterna i Skelleftehamn (SKB, SKI, SSI och Greenpeace deltog.)
Februari 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Seminarium för referensgruppen om "Strålning och strålskydd" (Representanter från SKB, SSI och Vattenfall.) • Kvällsföreläsningar (Storuman, Tärnaby) om "Strålning och strålskydd" för allmänheten. • Fältbiologerna i regionen informeras. • Föreningsmöten i vissa grannkommuner.
Mars 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Skolinformation. • Kommunstyrelsen och -fullmäktige – brev angående debatten kring förstudien. • Debattprogram i region-TV – "Strålande tider". • Geovetenskapsdag med Öppet hus på lokalkontoret. • Paneldebatt hålls på orten. SKB, Greenpeace, kritiker valda av motståndsgruppen, miljödepartementet, SKI, SSI). Besöktes av ca 300 personer. • Folkhögskolan informeras. • Referensgruppsmöte. • Information till kommunstyrelsen i Umeå.

Tidpunkt	Aktivitet
April 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Seminarium för referensgruppen om inkapsling, inkapslingsanläggning och transporter. • Kvällsföreläsningar (Storuman, Tärnaby) om inkapsling och transporter för allmänheten. • 10-kommungruppen informeras. • AMU får information. • Kommunförbundet informeras under en resa till Tärnaby.
Maj 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Utskick till samtliga hushåll med bl a lägesrapport. • Deltagande i seminarium anordnat av föreningen Ung och Stolt och Storumans kommun. • Seminarium för referensgruppen om geovetenskapliga frågor. • Kvällsföreläsning om geovetenskapliga frågor för allmänheten. • Mässan "Hälsa & Sjukvård" i Umeå. SKB medverkar med utställning. • Inlandsmässan i Vilhelmina. SKB medverkar med utställning.
Juni 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Seminarium för referensgruppen om socioekonomiska konsekvenser för referensgruppen. • Kvällsföreläsningar (Storuman, Hemavan) om socioekonomiska frågor. • Redovisning av sammanfattande lägesrapport för kommunfullmäktige. • Referensgruppsmöte. • Utskick till samtliga hushåll med bl a ett sammandrag av resultat från samtliga utredningar. • Sigyn-turné fem norrlandshamnar.
Augusti 1994	<ul style="list-style-type: none"> • Referensgruppsmöte. • Redovisning av sammanfattande lägesrapport för inbjudna representanter för länets kommuner. (Anordnat av kommunförbundet.)

Opinionsbildningen har varit intensiv allt sedan kommunen kontaktade SKB för att diskutera en förstudie. Debatten har speglats i regionala media, såväl i reportage och nyhetsartiklar som på debatt och insändarsidorna. Riksmedia har i viss omfattning bevakat frågan. Totalt har cirka 1 000 mediainslag förekommit under tiden januari 1993 till juni 1994.