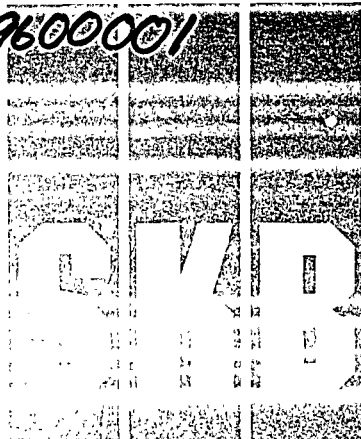




DJUPFÖRVAR LOKALISERING

Översiktsstudie 95

Lokalisering av djupförvar för använt kärnbränsle

Oktober 1995

27 07

SVENSK KÄRNBÄNSLEHANTERING AB
SWEDISH NUCLEAR FUEL AND WASTE MANAGEMENT CO
BOX 5864 S-102 40 STOCKHOLM
TEL. 08-665 28 00 TELEX 13108 SKB
TELEFAX 08-661 57 19

ÖVERSIKTSSTUDIE 95

**– LOKALISERING AV DJUPFÖRVAR
FÖR ANVÄNT KÄRNBRÄNSLE**

OKTOBER 1995

Nyckelord: Djupförvar, lokalisering, lokaliseringsfaktorer, säkerhet, geovetenskap, teknik, mark, miljö, samhälle

FÖRORD

En av SKB:s uppgifter är att ta fram underlag för lokaliseringen av ett djupförvar för Sveriges använda kärnbränsle och annat långlivat avfall.

I ett beslut 18 maj 1995 uttalar regeringen att "*SKB bör presentera sina översiktsstudier och platsanknutna förstudier samlat i syfte att ge bakgrund och förutsättningar i lokaliseringsarbetet. Regeringen anser att sådana samlade redovisningar bör presenteras i kommande forsknings- och utvecklingsprogram enligt § 12 i kärntekniklagen.*"

Översiktsstudie 95 är en detaljerad redovisning av arbetet med att sätta in lokaliseringen av djupförvaret i sitt nationella och regionala sammanhang. En utgångspunkt för redovisningen är SKB:s lokaliseringsfaktorer som här tillämpas i nationell skala. Olika faktorer av betydelse eller möjlig betydelse för den långsiktiga radiologiska säkerheten, teknik, mark och miljö och samhälle redovisas och värderas.

Denna rapport motsvarar den samlade redovisningen av översiktsstudier som regeringen ansåg skulle redovisas i anslutning till FUD-program 95.

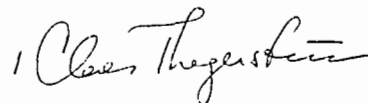
Stockholm i oktober 1995

SVENSK KÄRNBÄNSLEHANTERING AB



Sten Bjurström

VD



Claes Thegerström

Enhetschef, djupförvar

SAMMANFATTNING

En av SKB:s uppgifter är att ta fram underlag för lokaliseringen av ett djupförvar för Sveriges använda kärnbränsle och annat långlivat avfall. Lokaliseringsarbetet syftar till att ta fram allt det underlag som behövs för att kunna välja en plats och få lokaliseringstillstånd för att kunna påbörja bygge av djupförvaret genom detaljundersökning av den valda platsen.

I ett regeringsbeslut 18 maj 1995 rörande SKB:s program klarställer regeringen bland annat följande angående lokaliseringsarbetet:

"Regeringen anser i likhet med flertalet remissinstanser att SKB bör presentera sina översiktsstudier och platsanknutna förstudier samlad i syfte att ge bakgrund och förutsättningar i lokaliseringsarbetet. Regeringen anser att sådana samlade redovisningar bör presenteras i kommande forsknings- och utvecklingsprogram enligt 12 § kärntekniklagen.

Denna rapport, Översiktsstudie 95, utgör SKB:s samlade redovisning av översiktsstudier i nationell skala i enlighet med regeringsbeslutet.

Föreliggande redovisning bygger i huvudsak på det omfattande bakgrundsmaterial som SKB löpande tagit fram som ett led i det forsknings- och utvecklingsarbete som bedrivits sedan slutet av 1970-talet.

Läsekretsen för denna rapport kan förutses bestå av såväl experter inom olika delområden som beslutsfattare och särskilt intresserad allmänhet. Detta innebär krav på såväl vetenskaplig stringens och koncis framställning, som fyllig bakgrund och lättförståelig text vilket inte alltid kan förenas. Läsaren kan därför, beroende på sin specifika bakgrund, behöva konsultera underliggande tekniska rapporter eller allmänt material för att få fullt utbyte av rapporten.

I Översiktsstudie 95 har viktiga lokaliseringsfaktorer beskrivits och tillämpats i nationell skala. För varje sådan lokaliseringsfaktor har särskilda slutsatser redovisats i sina detaljer.

Lokaliseringen av djupförvaret måste ta hänsyn till samtliga faktorer, där den långsiktiga radiologiska säkerheten är den centrala faktorn. En helhetsbedömning av denna faktor kräver dock tillgång till platsspecifika data om berggrunden. Sådana data kan endast 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 industrilokaliseringar, där kunskap om alla viktiga faktorer är förhållandevis lättillgänglig.

En viktig del i arbetet med Översiktsstudie 95 har varit att belysa de möjligheter och begränsningar som finns i en översiktsstudie i nationell skala.

En översiktsstudie i nationell skala kan inte redovisa vetenskapliga, tekniska, och samhällsliga faktorer med den detaljering som är nödvändig för att ange platser som är lämpliga för lokalisering av ett djupförvar. Informationen som redovisas i denna studie omfattar i allmänhet också förhållanden på markytan och inte på de djup som är aktuella för djupförvaret, 400 - 700 m under markytan. Lämpligheten av en plats bedöms därför med fördel i samband med förstudier och platsundersökningar med därtill hörande myndighetsprövningar.

Översiktsstudie 95 ger dock framförallt möjligheten att peka ut områden som är mindre lämpade, eller mindre intressanta. Områden som i nationell skala framstår som mindre intressanta, kan dock inte uteslutas, eftersom det i den lokala skalan inom ett område kan finnas många intressanta platser som vid generaliseringen i nationell skala kan falla ifrån. Översiktsstudien belyser också ett flertal vetenskapliga, tekniska, och samhällseliga förutsättningar i olika delar av landet. Dessa redovisade förutsättningar ger en utgångspunkt vid bedömning av intresset för och genomförandet av mer detaljerade lokaliseringsstudier (förstudier).

Ett antal nationella databaser har redovisats och värderats, som på ett eller annat sätt har, eller kan ha betydelse för lokaliseringsfaktorn långsiktig radiologisk **Säkerhet**. Hit hör bergarter, topografi, brunnsgata och den s k Högsta Kustlinjen. Vidare värderas geologiska deformationszoner, lineament, kommande istider och jordskalv. Möjlighet till oavsiktligt intrång samt val av recipient diskuteras.

Lokaliseringsfaktorn **Teknik** belyser hur genomförbarheten kan påverkas av olika förhållanden. Efter det att avfallet är inkapslat, ska det transporteras till djupförvaret. Beroende på lokaliseringen av djupförvaret i förhållande till läget av inkapslingsanläggningen, finns det alternativ att tillgå. Det finns ingen egentlig begränsning hur djupförvaret kan lokaliseras med hänsyn till transporterna som företrädesvis kräver järnväg och eller hamnar. Genomförande av bergundersökningar, anläggningsprojektering och säkerhetsanalys gynnas av att platsens geovetenskapliga förhållanden är lätta att förstå och tolka. Ett antal försök redovisas att i nationell skala bedöma möjliga regionala skillnader i tolkbarhet. Även om det är lämpligt att i första hand söka sig till platser som är enkla att tolka, kan en mer komplex plats erhålla liknande tillförlitlighet i resultaten men då med mer omfattande undersökningar; detta är således en optimeringsfråga, bland många andra, vid lokaliseringen. Genomförandet av djupförvaret, som ett anläggningsprojekt, gynnas av samma faktorer som gynnar den långsiktiga radiologiska säkerheten och det finns således ingen konflikt mellan säkerhet och enkelt genomförande när det gäller själva byggandet.

Förvaret ska också lokaliseras med hänsyn till lokaliseringsfaktorn **Mark och miljö**, med iakttagande av bl a lagen om hushållning med naturresurser. Dessutom finns det områden där lagen skyddar mot exploatering, t ex nationalparker, naturreservat med mera.

När det gäller lokaliseringsfaktorn **Samhälle** finns ett stort antal förhållanden behandlade i rapporten som framförallt kan värderas i den mer detaljerade skalan som används vid förstudier och platsundersökningar.

Målen för Översiktsstudie 95 har redovisats i samband med kompletteringen till FUD-program 92 där det anges att översiktsstudien ska:

- *"I nationell skala belysa förhållanden av intresse för att bedöma olämpliga, intressanta, respektive lämpliga delar av landet för lokalisering av ett djupförvar;*
- *Ge underlag för att bedöma intresset för SKB:s del av förstudier i olika regioner eller kommuner.*
- *Ge indikationer på vad som särskilt måste beaktas och utredas vid fortsatta mer detaljerade studier.*
- *Ge underlag för att sätta in kommande platsval i sitt nationella och regionala sammanhang."*

Slutsatserna från detta arbete relateras nu i förhållande till de ovan uppsatta målen.

”Belysa förhållanden av intresse för att bedöma olämpliga, intressanta respektive lämpliga delar av landet.”

Vid sammanvägningen av de tillämpade lokaliseringsfaktorererna bedöms det vara olämpligt att lokalisera djupförvaret till Fjällkedjan, Skåne samt Gotland med hänvisning, i första hand, till geologiska skäl. Fjällkedjan är dessutom ett riksintresse för naturskydd och friluftsliv. Lokalisering till urberget under Öland bedöms vara tekniskt möjlig, men olämplig med hänsyn till naturresurslagens hushållningsbestämmelser.

Lokalisering till sådana områden som är direkt skyddade i lag är vare sig nödvändig eller önskvärd och skall undvikas.

Områden som är av riksintresse i andra sammanhang, kan inte utan vidare uteslutas. Lokaliseringen bör emellertid inte inriktas mot att lokalisera djupförvaret till sådana områden, eller att åtminstone placera och utforma djupförvaret så att ändamålet med riksintresset inte påverkas negativt.

Förbrukning eller blockering av naturresurser som ej är nödvändig ska om möjligt undvikas. Områden som ligger i ovanliga bergarter, eller där möjligheten till malm finnes, då företrädesvis berggrund bestående av sura vulkaniska bergarter, är därvid av mindre intresse. Genom att undvika dessa bergarter, minskar också möjligheten till framtida, oavsiktligt intrång i djupförvaret.

SKB:s tidigare slutsats att det finns många områden i Sverige som synes vara lämpliga för ett djupförvar är inte ändrad i och med Översiktsstudie 95. Lokaliseringen bör även fortsättningsvis vara inriktad mot i Sverige vanligt förekommande berggrund, då företrädesvis mer eller mindre omvandlade granitliknande bergarter, eller äldre mycket omvandlad sedimentär berggrund. Denna typ av ”intressant” berggrund återfinns i stora delar av landet.

Områden med gabbro, eller områden där urberget överlagras av sedimentärt berg behöver inte uteslutas vid lokaliseringen. Dessa områden bedöms särskilt om det skulle visa sig att förstudier blir aktuella i kommuner med denna typ av berggrund.

Det är tekniskt möjligt att lokalisera förvaret under stora sjöar eller under havet. Det finns dock ingen särskild anledning att vare sig söka eller undvika en sådan lokalisering.

Lokaliseringen av djupförvaret tar inte endast hänsyn till den långsiktiga radiologiska säkerheten utan även till det praktiska genomförandet av arbetet. Härvid är det t ex intressant med berggrund som är lätt att tolka, samt där berget är relativt tätt. Det finns i allmänhet ingen konflikt mellan de faktorer som gynnar långsiktig säkerhet och ett enkelt tekniskt genomförande av arbetet. Frågan om berggrundens variation och övriga egenskaper bedöms lämpligen i anslutning till mer detaljerade studier.

När det gäller transporter, kommunikationer, kan det konstateras att tillgången på hamnar, järnväg eller flygplatser är god. Det finns således, i nationell skala, ingen egentlig begränsning av möjliga orter med hänsyn till dessa faktorer.

”Intresset för SKB:s del av förstudier i olika regioner eller kommuner.”

De lokaliseringsfaktorer som redovisas i denna rapport har i sina huvuddrag redan använts i den avslutade förstudien i Storuman och i den (oktober 1995) pågående förstudien i Malå. De har även tillämpats för kommuner som har visat intresse för att påbörja förstudier, men där SKB funnit det vara mindre intressant.

Översiktsstudie 95 understryker att många av lokaliseringsfaktorerna framförallt bör tillämpas i lokal skala i samband med förstudier och platsundersökningar. Studien är ett av de underlag som kan användas i samband med planering av insatser för att lokalisera förvaret.

Med hänsyn till allmänna tekniska och samhälleliga skäl, är det av intresse att genomföra förstudier i kommuner med kärnteknisk verksamhet: Nyköpings, Östkarshamns, Varbergs och Östhammars kommuner, vilket redovisats tidigare.

Förutom de redan avslutade, pågående eller planerade förstudierna, är det lämpligt med ytterligare någon, eller några förstudier. Det bör vara en fördel i det fortsatta arbetet och vid diskussioner med olika kommuner att det nu finns denna samlade redovisning av översiktsstudierna. Det ger en bättre möjlighet än tidigare för alla berörda att sätta sig in i bakgrund och allmänna förutsättningar på olika håll i landet för lokaliseringsarbetet.

Som ett underlag för konkreta diskussioner med olika kommuner om förstudier avser SKB att använda regionala översikter baserade bl a på denna studie. I sådana regionala översikter är det av särskilt intresse att preliminärt identifiera områden i en region vilka bedöms kunna erbjuda lämpliga förhållanden med avseende på industrifarenhet, tillgång till industrimark och närhet till hamn eller järnväg samt inom vilka det kan förväntas finnas berggrund med god potential att fylla tekniska och säkerhetsmässiga krav.

”Indikationer på vad som särskilt måste beaktas och utredas vid fortsatta mer detaljerade studier”.

Översiktsstudie 95 ger sådana indikationer i flera avseenden. Sådana faktorer är t ex möjliga intressekonflikter vid markanvändning i expansiva regioner i Sverige, förekomst av malmmineraliseringar m m.

”Underlag för att sätta in kommande platsval i sitt nationella och regionala sammanhang.”

Översiktsstudie 95 innehåller bakgrundsmaterial och redovisning av allmänna förutsättningar på olika håll i landet som gör det möjligt att vid en lokaliseringsprövning (baserad på 5-10 förstudier och 2 platsundersökningar) bedöma om föreslaget platsval ur olika aspekter är acceptabelt och bygger på tillräckligt brett underlag.

Bakgrundsmaterialet är ofta av den arten att det finns stora variationer i den lokala skalan, vilket inte kan redovisas i nationell skala. Man kan således med stor sannolikhet finna lämpliga områden både i regioner som i nationell skala framstår som mer intressanta, liksom i regioner som i nationell skala framstår som mindre intressanta. Detta allmänna synsätt kan tillämpas på ett flertal av de databaser eller omständigheter som redovisas i denna rapport.

Regionala och lokala förhållanden kommer att behöva utredas närmare i förstudier och platsundersökningar för varje aktuellt fall.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 MÅL MED ÖVERSIKTSSTUDIEN	2
1.3 RAPPORTENS UPPLÄGGNING	3
2 ALLMÄN BAKGRUND	5
2.1 JONISERANDE STRÅLNING OCH STRÅLSKYDD	5
2.2 DJUPFÖRVARSANLÄGGNINGEN	6
2.3 RESULTAT FRÅN TIDIGARE PLATSUNDERSÖKNINGAR OCH PLATSVAL	11
2.4 LOKALISERINGSARBETET	13
2.5 ÖVERSIKT AV FAKTORER ATT BEAKTA VID LOKALISERING AV DJUPFÖRVARET	15
2.5.1 Allmänt	15
2.5.2 Långsiktig radiologisk säkerhet	17
2.5.3 Teknik	19
2.5.4 Mark och miljö	20
2.5.5 Samhälle	20
2.5.6 Tillämpning av lokaliseringsfaktorerna	22
3 MÖJLIGHETER OCH BEGRÄNSNINGAR I NATIONELLA ÖVERSIKTSSTUDIER	23
3.1 ALLMÄN METODIKBESKRIVNING	23
3.2 EXEMPEL FRÅN LAISVALLGRUVAN	23
3.3 GENERALISERING AV GEOVETENSKAPLIGA FAKTORER I OLIKA SKALOR	26
3.3.1 Sprickzoner och lineament	26
3.3.2 Bergarter	30
3.3.3 Malmpotential	36
3.4 SAMMANFATTANDE VÄRDERING	37
4 LÅNGSIKTIG RADIOLOGISK SÄKERHET – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA	41
4.1 ALLMÄNT	41
4.2 BERGGRUNDEN	41
4.3 KEMISK MILJÖ	47
4.3.1 Högsta Kustlinjen	48
4.4 LÅG GRUNDVATTENSTRÖMNING	50
4.4.1 Gradienter	50
4.4.2 Bergets hydrauliska konduktivitet	50

	Sida
4.5	MEKANISK STABILITET 54
4.5.1	Deformationszoner 54
4.5.2	Lineament 56
4.5.3	Istider 56
4.5.4	Jordskalv 59
4.5.5	Post-glaciala förkastningar 63
4.6	INTRÅNG 63
4.7	RECIPIENT 67
4.8	SAMMANFATTANDE VÄRDERING 68
5	TEKNIK – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA 71
5.1	ALLMÄNT 71
5.2	TRANSPORTER 72
5.3	INDUSTRIOMRÅDE, BERGUPPLAG 73
5.4	UNDERMARKSANLÄGGNING 73
5.4.1	Bergundersökningar 76
5.4.2	Förvarsutformning 83
5.4.3	Genomförande och erfarenheter från bergarbeten i Sverige 86
5.4.4	Drift av anläggningen 88
5.5	SAMMANFATTANDE VÄRDERING 88
6	MARK OCH MILJÖ – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA 91
6.1	ALLMÄNT 91
6.1.1	Lagstiftning och regelsystem 91
6.1.2	Lokalisering av ett djupförvar 92
6.1.3	Anläggningens effekter på mark och miljö 93
6.2	I LAG SKYDDADE OMRÅDEN 95
6.2.1	Naturvård 95
6.2.2	Kulturvård 97
6.3	HUSHÅLLNING MED NATURRESURSER 99
6.3.1	Bakgrund 99
6.3.2	Naturresurslagen 99
6.3.3	Djupförvarets effekter på hushållning med naturresurser 102
6.4	MARKANVÄNDNING OCH SAMHÄLLSPLANERING 102
6.4.1	Nuvarande markanvändning 102
6.4.2	Planerad eller tänkbar framtida markanvändning 103
6.5	SAMMANFATTANDE VÄRDERING 104
7	SAMHÄLLE – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA 105
7.1	ALLMÄNT 105
7.2	VIKTIGA FÖRUTSÄTTNINGAR OCH UTVECKLINGS- TENDENSER 105
7.2.1	Administrativa gränser 106
7.2.2	Demografi 106
7.2.3	Näringsliv och arbetsmarknad 109
7.2.4	Infrastruktur 109
7.2.5	Kommunservice och -ekonomi 111
7.2.6	Godtagande 111
7.2.7	Hälsoaspekter 111
7.3	SAMMANFATTANDE VÄRDERING 112

8	SLUTSATSER	Sida 113
	REFERENSER	117
	BILAGOR:	
Bilaga 1	Geovetenskapligt bakgrundsmaterial som använts i översiktsstudier	123
Bilaga 2	Projektorganisation för Översiktsstudie 95	129
Bilaga 3	Scheman över lokaliseringsfaktorer	131
Bilaga 4	Översikt av SKB:s GIS-databas	135
Bilaga 5	Använda förkortningar	137
Bilaga 6	Tabell över rapportfigurer	139

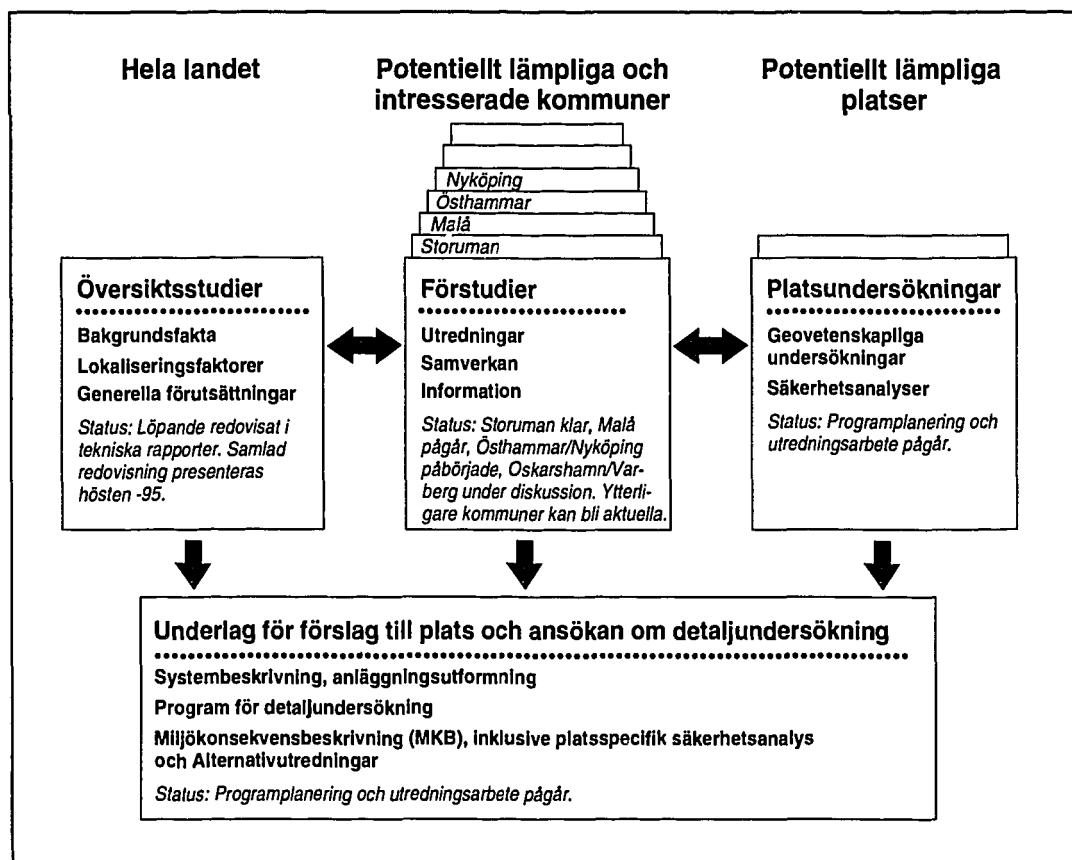
1 INLEDNING

Detta kapitel redovisar syftet med rapporten, liksom översiktsstudiernas roll i lokaliseringsarbetet för djupförvaret. Uppläggningsen av rapporten beskrivs för att ge läsaren en överblick av det material som ingår.

1.1 BAKGRUND

En av SKB:s uppgifter är att ta fram underlag för att lokalisera ett djupförvar för Sveriges använda kärnbränsle och annat långlivat avfall. Lokaliseringsarbetet syftar till att ta fram allt det underlag som behövs för att kunna välja en plats och få lokaliseringstillstånd för att kunna påbörja bygge av djupförvaret genom detaljundersökning av den valda platsen. Huvudkomponenter i lokaliseringsarbetet anges schematiskt i Figur 1-1. Uppläggningsen av detta arbete har tidigare redovisats till myndigheter och regering /1-1,1-2/.

Vägledande för lokaliseringen är de kriterier som redovisats tidigare i samband med kompletteringen till SKB:s Forsknings-, Utvecklings- och Demonstrationsprogram 92, /1-2/. Viktigast är därvid den långsiktiga radiologiska Säkerheten på den plats där djupförvaret byggs. Andra lokaliseringsfaktorer är Teknik, Mark och miljö samt Samhälle.



Figur 1-1. Huvudkomponenter i lokaliseringsarbetet. Efter /1-5/.

I ett regeringsbeslut 18 maj 1995 /1-3/ rörande SKB:s program klarställer regeringen bland annat följande angående lokaliseringsarbetet:

"SKB har på ett utförligt sätt redovisat sin syn på kriterier och metoder för att finna en från olika utgångspunkter lämplig lokalisering av djupförvaret. De lokaliseringsfaktorer och kriterier som SKB anger bör enligt regeringens uppfattning vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet."

Vidare anges:

"Regeringen anser i likhet med flertalet remissinstanser att SKB bör presentera sina översiktsstudier och platsanknutna förstudier samlad i syfte att ge bakgrund och förutsättningar i lokaliseringsarbetet. Regeringen anser att sådana samlade redovisningar bör presenteras i kommande forsknings- och utvecklingsprogram enligt 12 § kärntekniklagen."

Ansökningarna om tillstånd enligt 4 kap naturresurslagen och 5 § kärntekniklagen att uppföra ett slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall bör innehålla material för jämförande bedömningar som visar att platsanknutna förstudier i enlighet med SKB:s redovisning bedrivits på mellan 5 - 10 platser i landet och att platsundersökningar bedrivits på minst två platser samt skälen för valet av dessa platser."

Denna rapport, Översiktsstudie 95, utgör SKB:s samlade redovisning av översiktsstudier i nationell skala i enlighet med regeringsbeslutet. Slutrapporten för förstudien i Storuman /1-4/ utgör en samlad redovisning för den första förstudien som genomförts. Liknande rapportering kommer att göras för övriga förstudier, totalt 5-10, efterhand som de blir färdiga. Inför påbörjande av platsundersökningar görs dessutom en sammanställning som med hjälp av översiktsstudierna, utförda förstudier och annat relevant material anger skälen varför SKB anser det lämpligt att påbörja platsundersökningar i ett visst område.

Föreliggande redovisning bygger i huvudsak på det omfattande bakgrundsmaterial som SKB löpande tagit fram som ett led i det forsknings- och utvecklingsarbete som bedrivits sedan slutet av 1970-talet. En översiktlig sammanställning av dessa rapporter finns i Bilaga 1.

Kriterier, allmänna utgångspunkter och grundläggande slutsatser för lokaliseringsarbetet har tidigare redovisats. För en ingående beskrivning hänvisas läsaren i första hand till Kapitel 4 i kompletteringen till FUD-program 92 /1-2/, samt Kapitel 8 och 9 i FUD-program 95 /1-5/.

Läsekretsen för denna rapport kan förutses bestå av såväl experter inom olika delområden som beslutsfattare och särskilt intresserad allmänhet. Detta innebär krav på såväl vetenskaplig stringens och koncis framställning, som fyllig bakgrund och lättförståelig text vilket inte alltid kan förenas. Läsaren kan därför, beroende på sin specifika bakgrund, behöva konsultera underliggande tekniska rapporter eller allmänt material för att få fullt utbyte av rapporten. Referenslistan och Bilaga 1 kan ge vägledning i detta avseende.

1.2 MÅL MED ÖVERSIKTSSTUDIEN

I enlighet med ovan citerade regeringsbeslut ska denna redovisning bidra till att *"...ge bakgrund och förutsättningar i lokaliseringsarbetet"*. Redovisningen i nationell skala blir med nödvändighet av översiktlig natur. Arbetet med att konkret identifiera specifika platser som kan vara av intresse för fältundersökningar sker i samband med de 5-10 förstudier som planeras.

I kompletteringen till FUD-program 92 /1-2/ angavs följande mål för översiktsstudierna, nämligen att:

- *"I nationell skala belysa förhållanden av intresse för att bedöma olämpliga, intressanta, respektive lämpliga delar av landet för lokalisering av ett djupförvar.*
- *Ge underlag för att bedöma intresset för SKB:s del av förstudier i olika regioner eller kommuner.*
- *Ge indikationer på vad som särskilt måste beaktas och utredas vid fortsatta mer detaljerade studier.*
- *Ge underlag för att sätta in kommande platsval i sitt nationella och regionala sammanhang."*

Vid planering och genomförande av denna studie har dessa mål varit arbetets ledstjärna. Rapportens sammanfattning och slutsatser (Kapitel 8) redovisar på vilket sätt och i vilken utsträckning dessa mål kan uppfyllas.

1.3 RAPPORTENS UPPLÄGGNING

Rapporten är indelad i ett antal kapitel, där Kapitel 2 ger den allmänna bakgrunden. Strålning och strålskydd behandlas, liksom hur en djupförvarsanläggning konstrueras för långsiktigt skydd av människa och miljö. Lokaliseringsarbetet redovisas liksom de olika faktorer som SKB har formulerat för lokaliseringen. Den långsiktiga radiologiska säkerheten och teknikfaktorer som är av betydelse för genomförandet av djupförvaret diskuteras, liksom lokaliseringsfaktorena mark och miljö, samt samhälle.

Kapitel 3 redovisar möjligheter och begränsningar för en översiktsstudie i nationell skala med tonvikt på vetenskapliga och tekniska aspekter. Många av de teknisk-vetenskapliga faktorena kräver omfattande platsundersökningar av berggrunden innan de till fullo kan bedömas. Andra faktorer kräver detaljerade studier i lokal skala.

De därvid efterföljande kapitlen 4-7 redogör för faktorer i nationell skala av betydelse eller möjlig betydelse för långsiktig radiologisk säkerhet, teknik, mark och miljö, samt samhälle. Varje sådant huvudkapitel har en särskild sammanfattning.

Det avslutande Kapitel 8 redovisar de sammanvägda slutsatserna med hänsyn till lokaliseringsfaktorena.

Översiktsstudien har genomförts som ett projekt inom SKB:s enhet för Djupförvar, se vidare Bilaga 2.

2 ALLMÄN BAKGRUND

Kärnavfallet tas om hand enligt följande principer:

- Avfallet måste isoleras på ett sådant sätt att det inte kan skada människor, djur eller natur varken idag eller i framtiden.
- Vår generation, som använder elström från kärnkraften, har ansvar för att avfallet tas om hand på ett säkert sätt.
- Att ta ansvar innebär att se till att de metoder som nu finns för förvaring av avfallet, kan prövas och genomföras i praktiken.
- Eftersom vi inte vet något om samhället i framtiden ska vi så långt som möjligt begränsa de åtgärder som krävs av kommande generationer.
- Metoderna för avfallsförvaringen ska fungera på naturens villkor. Därför bygger de på studier av naturligt förekommande material och kemiska miljöer.
- Framtidens samhälle ska ha möjlighet att återta avfallet om det så önskar.

Dessa principer har använts för att bygga upp det system för hantering av radioaktivt avfall som finns idag. De kommer också att tillämpas i planeringen och uppförandet av de återstående anläggningarna, inkapslingsanläggningen och slutförvaret av det använda kärnbränslet. Arbetet genomförs stegvis inom ramen för de lagar som etablerats i samhället för omhändertagande av avfallet.

Det fanns vid årsskiftet 1994/1995 knappt 2100 ton använt kärnbränsle som nu mellanlagras vid Centralt Lager för Använt Bränsle (CLAB) – en anläggning belägen vid kärnkraftverket i Simpevarp. Dessutom fanns drygt 700 ton bränsle i tillfällig lagring vid kärnkraftverken, förutom ca 1100 ton uran i de tolv reaktorhärarna. Mängden ökar med ca 200 ton om året.

För slutförvaringen av det använda kärnbränslet/avfallet finns flera tänkbara slutförvaringsprinciper /2-1/. Exempel är placering på stort djup i geologiska formationer eller djuphavssediment, dumpning i havet, utskjutning i rymden etc.

I Sverige har arbetet koncentrerats mot förvaring i djupa, geologiska formationer. Detta är också det internationellt vanligt förekommande huvudalternativet. Det betraktas vara ett både etiskt och miljömässigt sunt alternativ /2-2/.

Ett geologiskt förvar kan utformas med många alternativa utformningar. Värdering av olika alternativ skett fortlöpande och dessa värderingar redovisades bl a i anslutning till FUD-program 92 /2-3/. Både SKB och den granskande myndigheten Statens Kärnkraftinspektion har funnit att den s k KBS-3-utformningen är en lämplig referens. Kärnkraftinspektionen menar att ”...*det finns ingen metod som förefaller väsentligt bättre ur säkerhetssynpunkt och som kan förverkligas i Sverige utan att avsevärt utsträcka tidsramen jämfört med SKB:s planer*”, /2-4/.

2.1 JONISERANDE STRÅLNING OCH STRÅLSKYDD

Kraven på hantering av kärnavfall är i viss mån unika eftersom kraftindustrin ska visa att varken denna eller kommande generationer skadas. Kravet är fastslaget i

lagstiftning och i huvudsak relaterat till möjliga skador från den joniserande strålning som bildas av det radioaktiva avfallet.

I förhållande till många andra samhällsrisker har joniserande strålning "fördelar" eftersom:

- Det är lätt att mäta strålningen.
- Det finns stor kunskap om hur man skyddar sig från joniserande strålning.

Det radioaktiva avfallet kan vara farligt på två sätt:

- Det sänder ut direkt strålning (främst γ gammastrålning) som kan skada om den träffar människor. Mot detta skyddar man sig genom att omge det radioaktiva avfallet med tillräckligt tjocka strålskärmar som tar upp strålningen. Omfattande erfarenheter av sådana skyddsåtgärder med skärmning finns bl a vid kärnkraftverk och inom sjukvården.
- Det skulle kunna tänkas komma ut i luft eller vatten och den vägen nå människan. Mot detta skyddar man sig genom att se till att avfallet har en fast form som försvårar eller omöjliggör att det förångas i luft eller löses upp i vatten. Dessutom omger man avfallet med flera barriärer t ex kapsel, lera och berg som förhindrar att avfallet överhuvudtaget kommer i kontakt med människans miljö.

I en kapsel med använt kärnbränsle sker ingen utveckling av energi av det slag som utvecklas i en kärnkraftreaktor. Det är inte heller fysikaliskt möjligt att bränslet skulle kunna smälta av den värme som utvecklas, än mindre explodera. Strålningen avtar också snabbt med tiden. Ett år efter uttaget från reaktorn har den sjunkit till en 1%. Efter 40 år är radioaktiviteten 0,1% av den ursprungliga nivån. Efter ca 1000 år är den direkta strålningen i huvudsak borta. Bränslet är dock fortfarande radioaktivt. Efter 100 000 år motsvarar radioaktiviteten i bränslet den nivå som naturligt erhålls från en rik uranmalm och ger samma risk vid intag som för uranmalmen.

Allmänt kan man konstatera att hanteringen av inkapslat använt kärnbränsle vid ett djupförvar är enklare än den hantering av icke-inkapslat bränsle som idag sker vid kärnkraftverken och i mellanlagret CLAB. Totala aktivitetsinnehållet och strålningen är väsentligt lägre och avfallet är bättre skyddat genom att det är inkapslat.

Övervakad lagring, t ex så som sker i CLAB, är en effektiv metod för mellanlagring, men det är inte en permanent åtgärd, för om övervakningen upphör eller sviktar så skall människan och miljön ändå vara skyddade. Därför kräver svensk lag slutförvaring och därför arbetar Sverige, liksom andra länder, med att genomföra slutförvaring i djupa geologiska formationer (djupförvar).

2.2 DJUPFÖRVARSANLÄGGNINGEN

Ett djupförvar är en kärnteknisk industri med anläggningar såväl på markytan som nere i berget på 400 till 700 m djup. Syftet med djupförvaret är att åstadkomma en effektiv och långsiktig isolering av avfallet till skydd för människor och miljö.

Djupförvaret byggs ut i två steg. I det första steget deponeras ca 400 av de totalt ca 4 500 kapslarna med använt kärnbränsle. Denna inledande driftsperiod beräknas starta tidigast år 2008 och pågå i ungefär 5 år, varefter erfarenheterna utvärderas.

Det finns möjlighet att återta kapslarna om man av någon anledning skulle finna det nödvändigt.

Faller utvärderingen väl ut, byggs hela förvaret ut (steg 2) och verksamheten fortsätter tills allt avfall är deponerat, vilket inträffar tidigast omkring år 2040. Den totala mängden använt kärnbränsle som då är deponerad beräknas till ca 8 000 ton, vilket är den mängd som uppkommer från det svenska kärnkraftsprogrammet fram till år 2010. Under steg 2 kommer även annat långlivat avfall att deponeras i en särskild del av djupförvaret. Detta avfall är bl a reaktorkomponenter som varit nära bränsleharden, forskningsavfall från Studsvik och visst rivningsavfall från CLAB och inkapslingsanläggningen.

Den centrala verksamheten vid djupförvaret är att ta emot kapslar med använt kärnbränsle och att deponera dem i utvalda positioner ca 500 m nere i berget. Under den reguljära driften (steg 2) kommer även visst annat radioaktivt avfall att deponeras.

För att genomföra detta krävs:

- förberedelser i form av geovetenskapliga undersökningar, tunneldrivning, uttag av bergrum, borming av deponeringshål, etc,
- nedtransport och placering av kapseln och omgivande bentonitbuffert i deponeringshål,
- nedtransport och placering av annat radioaktivt avfall i bergrum,
- efterarbeten i form av eventuell instrumentering, återfyllnad av deponeringstunnlar och bergrum samt kontroll m m.

Som stöd för denna centrala verksamhet behövs vid djupförvaret också ett flertal tekniska hjälpsystem.

Förvarets underjordsanläggningar består av en centraldel med ventilationsbyggnad, verkstäder, personalrum, omlastningshall för transportbehållare, tunnlar för transport och deponering av kapslar med använt kärnbränsle samt bergrum och tunnlar för annat avfall.

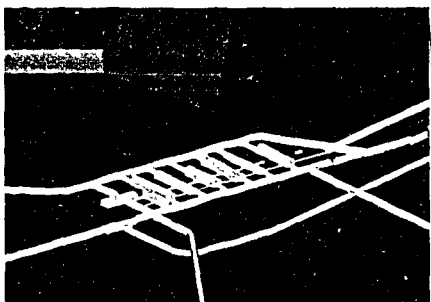
Förvaret förläggs på ca 500 m djup. Från tunnlar på detta djup borrar ca 8 m djupa hål med en diameter av ca 1,6 m i vilka kapslar med använt kärnbränsle placeras och omges av bentonitlera. Kapseln har en längd av ca 5 m och en diameter av ca 0,9 m. Återfyllning av tunnlar kan t ex ske med en blandning av bentonit och kvartssand, eller med bergkross.

Avfallet deponeras i tre separata förvaransområden; område för kapslar som deponeras under den inledande driften (steg 1), område för kapslar som deponeras under den reguljära driften (steg 2) samt område för annat långlivat avfall (steg 2). Totalt upptar dessa förvaransområden en yta på någon km². Figur 2-1 visar en principskiss över djupförvarets utformning. I det verkliga fallet kommer förvarets och tunnlar- nas placering att anpassas till lokala förhållanden i berget, vilket sannolikt ger en mer oregelbunden utformning än vad som framgår av figuren.

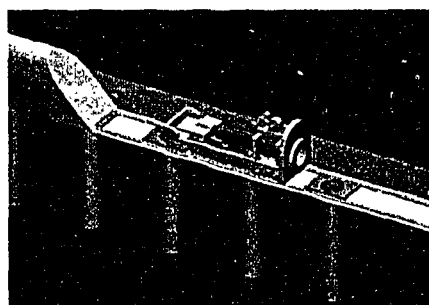
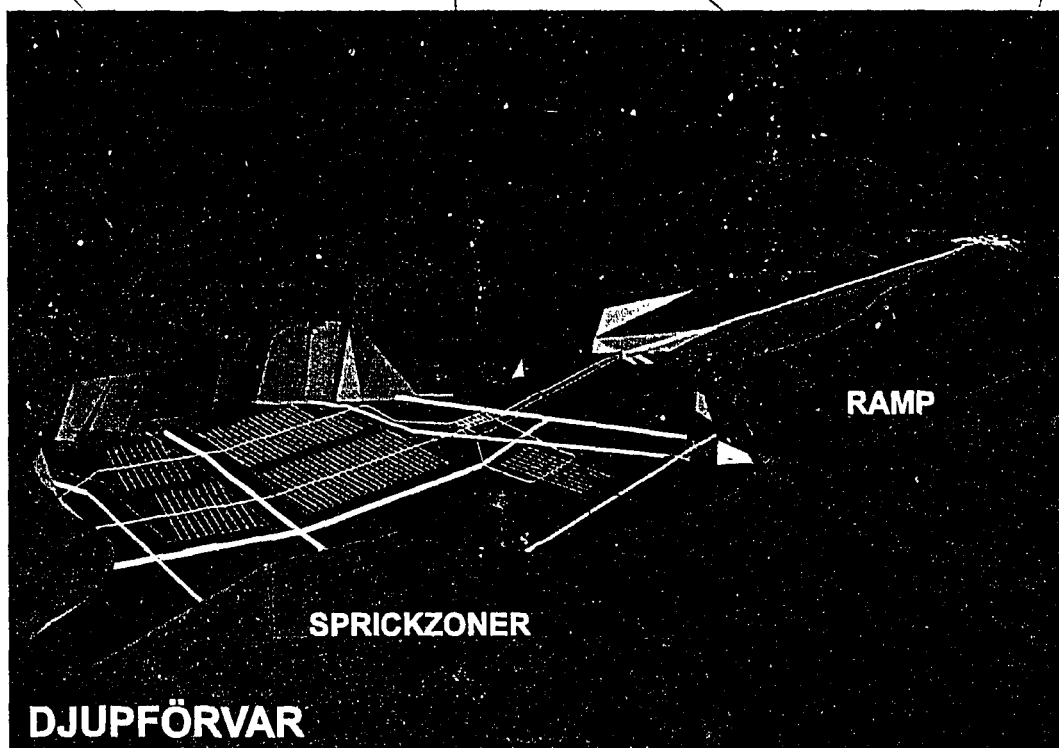
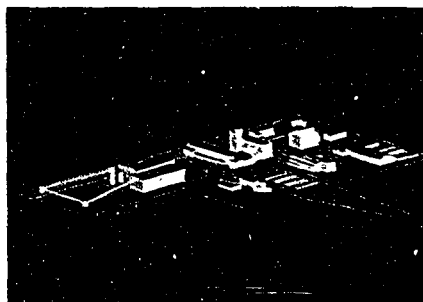
Figur 2-2 visar en principiell utformning av industriområdet vid djupförvaret. I detta exempel antas att anläggningarna byggs på ett plant industriområde. I verkligheten kommer anläggningarna att anpassas efter de förhållanden som råder på den aktuella platsen.

Industriområdet kommer att uppta en viss markareal liksom väg och järnväg till djupförvaret. Markarealen kommer att tas i anspråk i samband med att detaljundersökningarna startar. Totalt arealbehov är ca 18 hektar (600 x 300 m) medan ca 15

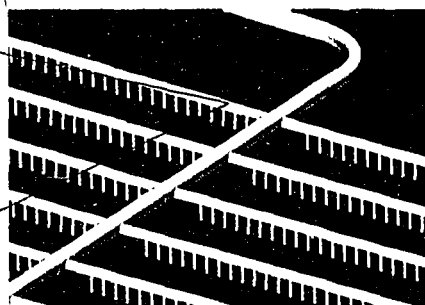
Centralområde



Industriområde

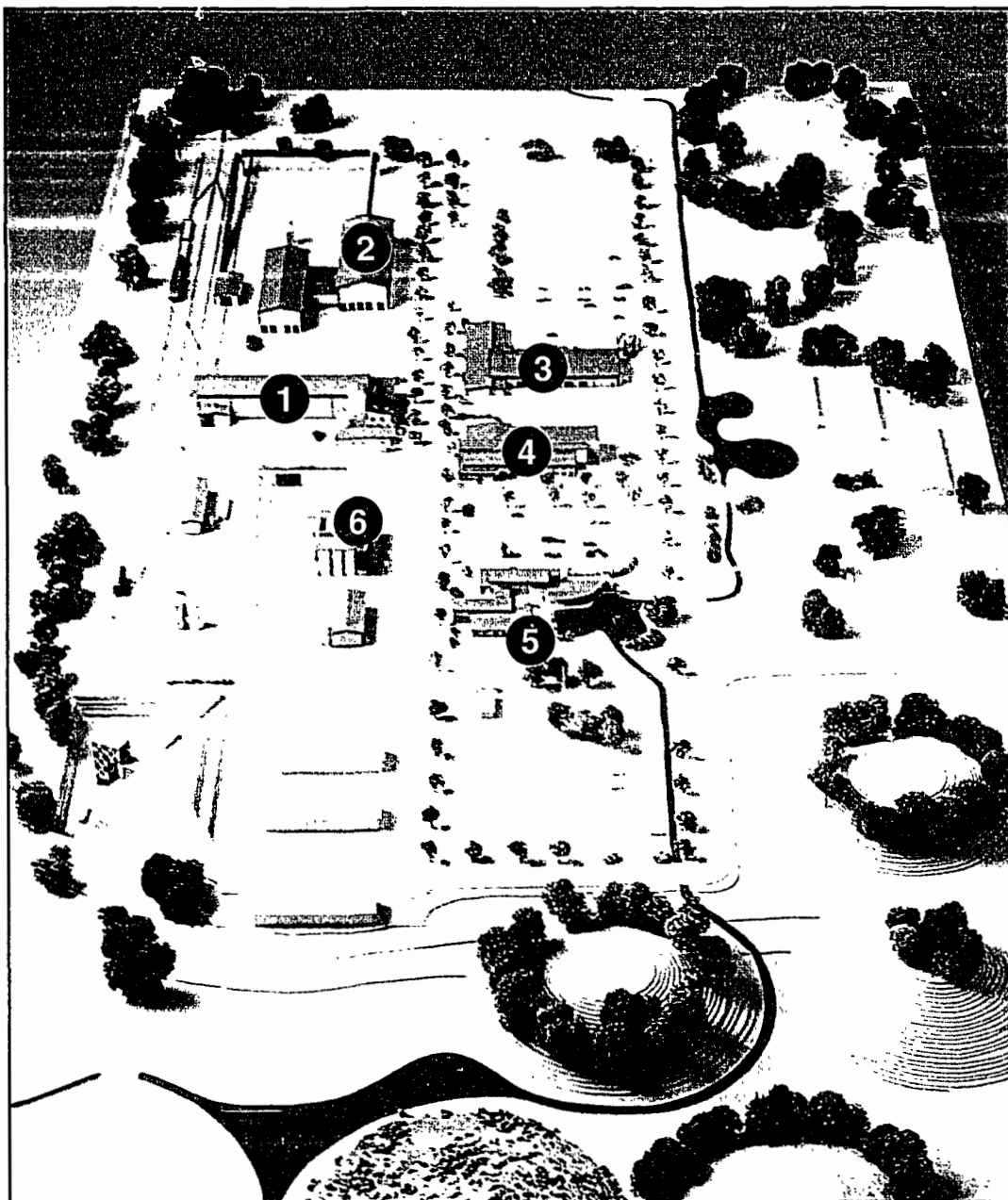


Kapseldeponering



Deponeringstunnlar

Figur 2-1. Principiell utformning av ett djupförvar.



Modellfoto av industriområdet

1. Driftbyggnad
2. Förråd
3. Personalutrymmen
4. Kontor
5. Information, restaurang
6. Ventilationsbyggnad

Figur 2-2. Principiell utformning av industriområdet.

hektar (500 x 300 m) krävs för upplag av bergmassor om massorna inte kan nyttjas för andra ändamål.

Industriområdet uppdelas i princip i fyra huvudområden:

- bangård,
- produktionsområde,
- serviceområde,
- upplag för bergmassor.

I det fall återfyllnadsmaterial och transportbehållare med det radioaktiva avfallet anländer med tåg tas de in på en bangård där det bl a finns särskilda anläggningar för lossning av transportbehållare, sand och bentonit.

Produktionszonen innehåller omlastningsbyggnad för transportbehållare med avfall, lager- och produktionsbyggnader för återfyllnadsmaterial samt byggnader för ventilation, vatten och avlopp. I produktionsområdet finns nedfarten till förvaret. Detta kan vara en ramp och/eller ett schakt.

Servicezonen innehåller lokaler där många personer vistas såsom kontor, matsal, informationsbyggnad, underhålls- och serviceverkstäder samt garage och omklädningsbyggnad för bergarbetarna. Denna zon vänder sig mot tillfartsvägen och är en övergång mellan industriområdet och det omgivande landskapet.

I den mån uppfordrade bergmassor inte används på annat håll kommer de att deponeras i närheten av anläggningen. Bergmassorna täcks av morän och planteras med träd. Hur upplagen av bergmassor kommer att utformas bestäms av lokala förhållanden.

Transporterna mellan ovanjordsanläggningarna och förvarsnivån (ca 500 m djup) kan utformas enligt tre något skilda alternativ:

- Alla transporter sker i en lång, sluttande ramp. Sidoförskjutningen mellan ovanjordsdelen och själva förvaret kan här tillåtas uppgå till flera kilometer.
- Alla tunga och skrymmande transporter sker i en spiralformad ramp mellan markytan och förvarsnivån. Schakt utnyttjas främst för personaltransport och ventilation.
- Alla transporter mellan markytan och förvarsnivån sker via schakt.

I samtliga alternativ placeras förvaret på bästa sätt med hänsyn till den långsiktiga radiologiska säkerheten och geologiska förhållanden. Det kan dock finnas goda skäl till att sidoförskjuta anläggningarna ovan jord i förhållande till förvaret. Exempelvis kan en sådan förskjutning vara påkallad av hänsyn till naturskydd, eller annan markanvändning, men även tekniska förhållanden som markförhållanden, anslutning till befintlig järnväg/landsväg etc.

Under en platsundersökning kommer de huvudsakliga arbetsinsatserna att bestå av borrhningar och borrhålsmätningar samt smärre vägbyggnader.

Under en detaljundersökning kommer bland annat en ramp eller ett schakt att drivas ner till förvarsnivån på ca 500 m djup. Tillfartsväg byggs och provisorier ställs upp. Utsprängning påbörjas av underjordsdelens centraldel. Transporter till och från anläggningen kommer att bestå av maskiner, installationsmaterial och personal samt av uttagna bergmassor.

Efter utförd djupförvarsutbyggnad och avfallsdeponering kan omfattningen av övervakning och kontroll av förvarsplatsen beslutas av varje generation för sig. Förslutning innebär att tunnlar och schakt återfylls och pluggas igen. Förvaret utformas så att det är säkert under mycket lång tid även om övervakning och kontroll upphör efter förslutning. Innan förvaret försluts har man kunnat observera de först deponerade kapslarna under flera decennier. Därvid kan man försäkra sig om att allt fungerar på avsett sätt under den tidiga fasen. Före förslutningen kan man ta upp de först deponerade kapslarna och inspektera dem om man önskar sig ytterligare verifikation. Efter en förslutning återställs platsen så långt det är lämpligt till de förhållanden som rådde före etableringen. Man kan även tänka sig att bygga anläggningar för annan verksamhet. Det kommer inte att finnas några restriktioner att utnyttja markområdet för andra syften med undantag för djupbörning eller annan djup berganläggning.

2.3 RESULTAT FRÅN TIDIGARE PLATSUNDERSÖKNINGAR OCH PLATSVAL

I underlagsrapporten till FUD-program 92 om lokaliseringen /2-5/ sammanfattar SKB resultat från tidigare platsundersökningar, se Figur 2-3. En sammanfattande kommentar som framfördes var: *"De rekognosceringar för val av typområden som gjorts under åren 1979-1985 omfattade översiktliga bedömningar av närmare 1000 platser spridda över hela landet. På basis av geologiska och icke-geologiska (markägarförhållanden) lokaliseringsfaktorer valdes ett tiotal platser som lämpliga för vidare undersökningar, av vilka fullständiga platsundersökningar genomfördes på åtta. Samtliga undersökta områden duger förmodligen som värdberg för ett förvar, men det finns skillnader som gör områden mer eller mindre lämpliga."*

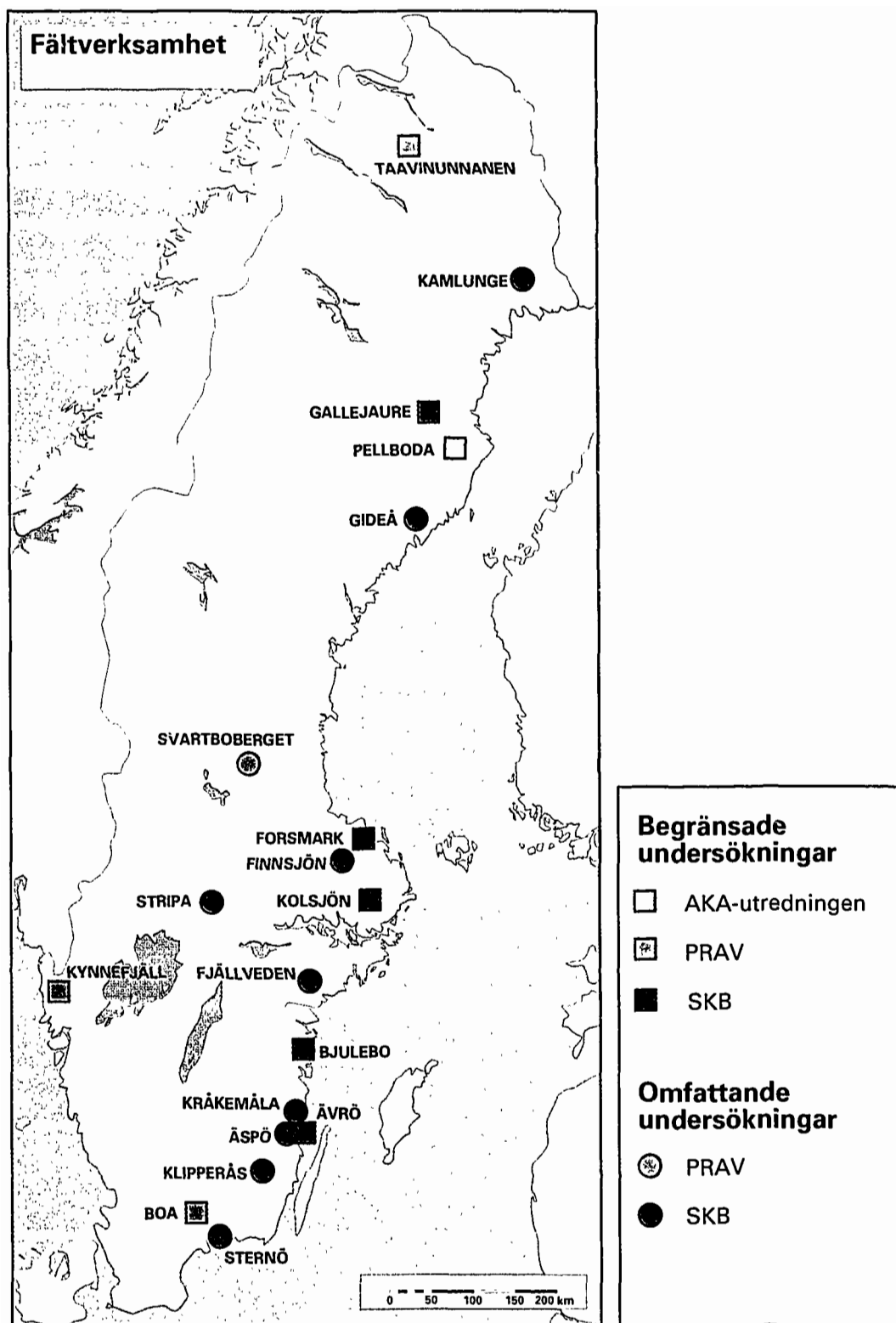
Delar av resultaten från platsundersökningarna har bl a använts inom det s k KBS-3-projektet, där det visades att det svenska kärnbränslet kan slutförvaras i Sverige på ett sätt som tillfredsställer höga krav på säkerhet och strålskydd. Det framfördes vidare att det finns många platser i Sverige som har den kvalitet som behövs för ett säkert djupförvar.

Liknande slutsats framförs av TVO, Finland som planerar för ett motsvarande förvar i berggrund som liknar den svenska. TVO har genomfört platsundersökningar på fem platser och konstaterar /2-6/: *"In conclusion, it may be said that the bedrock properties of every one of the five sites investigated at this stage could provide suitable conditions for safe final disposal of the spent fuel and that there are no appreciable differences between them in this respect"*.

I underlagsrapporten till FUD-program 92 /2-5/ redovisas även SKB:s erfarenheter från undersökningar och lokalisering av det svenska mellanlagret för använt kärnbränsle (CLAB), det centrala slutförvaret för låg- och medelaktivt avfall (SFR) samt Äspölaboratoriet.

SKB har också genomfört en genomgång av hur platsvalet sker i andra länder och redovisar följande slutsatser /2-5/:

- *"Platsvalsprocessen är starkt beroende av varje lands egna förutsättningar speciellt i fråga om procedurerna för myndighetsgranskning och den politiska beslutsgången. Slutsatser från ett land till ett annat måste därför dras med stor försiktighet.*
- *Med flexibel och pragmatisk inriktning på lokaliseringsarbetet utifrån de grundläggande kraven på teknik, säkerhet, miljö, opinion och lokal medverkan är möjligheterna betydligt större att nå bra resultat än om man arbetar med*



Figur 2-3. Platser i Sverige där man inom det svenska kärnavfallsprogrammet bedrivit fältverksamhet för att få kunskap om den svenska berggrundens egenskaper och/eller för att pröva och utveckla metodik.

detaljerade kriterier och formella system för t ex poängsättning och sortering av platser.

- *Information och samverkan med berörda kommuner och myndigheter är viktig.*
- *Parallella detaljundersökningar av flera platser bör undvikas. I stället bör undersökningarna drivas i sekvens där beslut om att gå vidare eller påbörja undersökningar på en ny plats tas på basis av de resultat man får fram."*

2.4 LOKALISERINGSARBETET

Ett djupförvar kan ur lokaliseringssynpunkt betraktas som en medelstor industri med anläggningar såväl över som under jord. Detta innebär att platsvalet måste ta hänsyn till förhållanden både på markytan som nere i berget. Platsvalet måste göras så man finner en lämplig plats för industriområdet och lämplig berggrund för underjordsdelen med maximalt ca 10 km inbördes avstånd så att anläggningsdelarna kan förbindas med en tunnel.

I fråga om förhållanden på markytan liknar lokaliseringen en konventionell industrilokalisering som måste ta hänsyn till naturskydd, markanvändning, befintlig industristruktur etc.

Nyckelfrågor för undermarksanläggningen rör bergtekniska förhållanden för projektering och byggande av anläggningen. Däri ingår att samla de data som behövs så att förvarets långsiktiga funktion och radiologiska säkerhet kan beskrivas. Dessa data rör ämnesområden som geologi, grundvattenströmning, grundvattenkemi, bergspänningar och berghållfasthet.

Det är viktigt att välja en plats där de säkerhetsmässiga förutsättningarna är mycket goda. 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 existerande svenska systemet med mellanlagring i CLAB gör det också möjligt att utan tidspress grundligt pröva möjligheterna att genomföra djupförvaringen i samverkan.

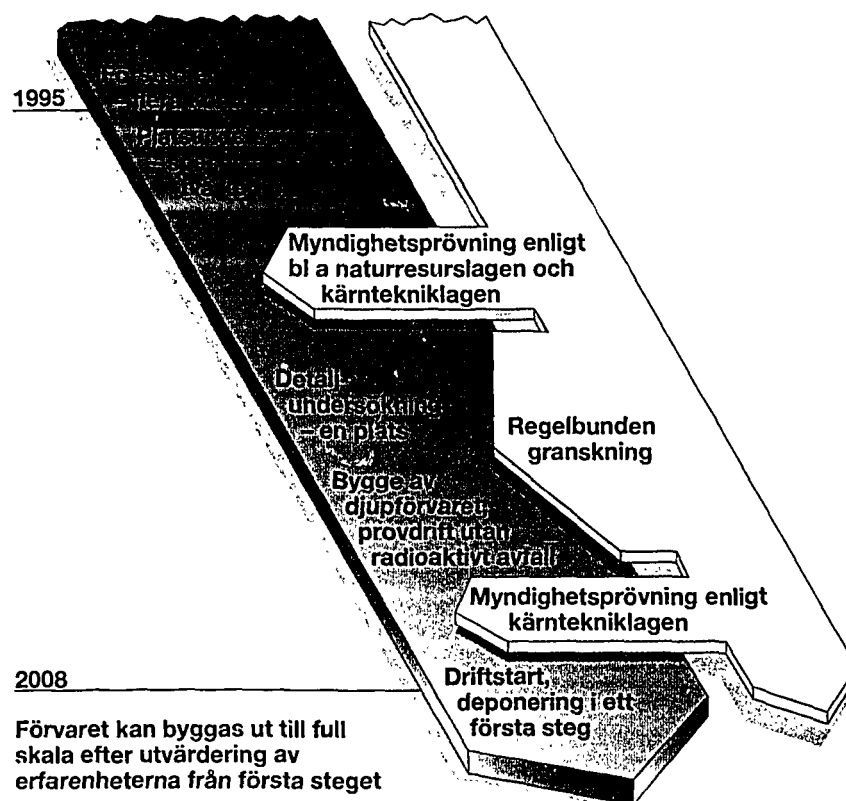
Arbetet med lokalisering, byggande och drift av Sveriges djupförvar sker i etapper, se Figur 2-4. Läsaren hänvisas till i första hand till den kompletterande redovisningen till FUD-program 92 /1-2/ och FUD-program 95 /1-5/ rörande ytterligare uppgifter om lokaliseringen.

Lokaliseringsarbetet syftar till att ta fram allt det underlag som behövs för att kunna välja en plats och få tillstånd att påbörja detaljundersökningar. Detta arbete försiggår i flera steg:

Översiktsstudien, för vilken denna rapport utgör en samlad redovisning, ger en allmän bakgrund och generella förutsättningar. Den täcker hela landet och större regioner.

SKB har under lång tid sammanställt olika faktaunderlag, bl a om geovetenskapliga faktorer. I Bilaga 1 redovisas de geovetenskapliga rapporter som i bred bemärkelse utgör delar av bakgrundsmaterialet för översiktsstudierna och som SKB publicerat inom ramen för det FoU-program som bedrivits sedan mitten av 70-talet.

Ett exempel på översiktsstudier är också den översikt som genomförts i kommuner med kärnteknisk verksamhet. I lokaliseringsunderlaget inför val av plats för ett



Figur 2-4. Etappindelning för lokalisering, bygge och idrifttagning av djupförvaret.

djupförvar av långlivat kärnavfall är det rimligt att förutsättningarna för lokalisering även studeras i anslutning till de anläggningar där en gång avfallet har producerats. Infrastrukturen vid dessa anläggningar och den omfattande kunskap som här finns samlad är positiva faktorer för lokalisering av ett djupförvar. Med hänsyn till den genomgång som sammanställdes våren 1995 konstateras, /2-7/:

"För Oskarshamn, Nyköping och Östhammar är det befintliga geologiska underlaget omfattande och antyder möjlighet till goda förläggningsförhållanden. Materialet är också väl lämpat för att i en förstudie ge närmare bedömning av respektive kommuns geologiska förutsättningar för anläggning av ett djupförvar.

För dessa kommuner anser SKB att det är av primärt intresse att det genomförs förstudier så att underlaget för lokalisering av ett djupförvar får den bredd och komplettering som krävs.

För Varbergs kommun råder en allmän osäkerhet om berggrundens lämplighet. Bland annat saknas modernt geologiskt kartmaterial för delar av kommunen. För att få ett likvärdigt underlag med övriga kärntekniska kommuner krävs därför i ett tidigt skede en komplettering med geologisk kartering och geofysiska mätningar. SKB anser det dock önskvärt att även Varberg ingår i underlaget och att man genom en förstudie bättre belyser förhållandena."

Vad avser Kävlinge kommun konstateras att "Såväl geologiska som tekniska förhållanden visar att en lokalisering av djupförvaret till kommunen skulle vara komplicerad. SKB anser därför att det ej är av intresse att genomföra en förstudie i Kävlinge kommun."

När det gäller översiktsstudier i allmänhet är Översiktsstudie 95 en samlad redovisning av utredningsmaterial till dags dato. Behov av kompletteringar kan förutses, då framförallt i samband med det praktiska lokaliseringsarbetet i förstudier.

Förstudier 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. Förstudien ger underlag för att bedöma om och var det finns områden med potentiellt goda möjligheter i kommunen. Geovetenskapliga förutsättningar, transportfrågor och inverkan på lokalt näringsliv och samhälle analyseras och beskrivs.

Ett exempel på redovisning av en förstudie, i Storumans kommun, återfinns i /1-4/. Förstudien i Storuman utgör således en del av ett omfattande och stegvis arbete med att ta fram underlag för lokaliseringen av djupförvaret. SKB planerar att genomföra 5-10 förstudier på olika håll i Sverige. Förutom den avslutade förstudien i Storuman pågår (oktober 1995) förstudier i Malå, Nyköpings och Östhammars kommuner.

Platsundersökningar planeras i ett senare skede för minst två platser i landet, i områden som baserat på förstudierna och översiktsstudierna bedömts som särskilt intressanta. En platsundersökning innebär mer omfattande studier, bland annat berggrundsundersökningar i borrhål, och beräknas ta cirka fyra år. De säkerhetsmässiga och tekniska lokaliseringsfaktorerna klarläggs så långt möjligt. Kompletteringar beträffande lokala mark- och miljöfaktorer görs också.

När minst två kompletta platsundersökningar har gjorts, sammanställs allt relevant material från lokaliseringsarbetet till en lokaliseringsansökan enligt naturresurslagen och en ansökan om att få uppföra djupförvaret enligt kärntekniklagen. Även tillstånd enligt plan- och bygglagen m m kommer att krävas. Efter tillstånd inleds arbetena med en detaljundersökning som innebär att man bl a bygger en tunnel eller ett schakt ner till planerat förvarsdjup. Bergets egenskaper kartläggs i detalj.

Avgörande för platsvalet är att säkerhetskraven kan uppfyllas. Underlaget för valet av plats för detaljundersökning prövas därför av berörda myndigheter och aktuella kommuner som underlag för regeringens beslut. Som framgår av /1-3/ ser regeringen detaljundersökningen som *"ett led i uppförandet av en kärnteknisk anläggning som avses utgöra ett slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall"*. Detaljundersökningen kräver således tillstånd enligt bl a naturresurslagen och kärntekniklagen.

2.5 ÖVERSIKT AV FAKTORER ATT BEAKTA VID LOKALISERING AV DJUPFÖRVARET

Detta avsnitt belyser faktorer som är betydelsefulla och som beaktas i den pågående lokaliseringsarbetet för djupförvaret.

2.5.1 Allmänt

De nordiska strålskydds- och kärnsäkerhetsmyndigheterna publicerade 1993 rapporten "Slutförvaring av högaktivt radioaktivt avfall" /2-8/. Några grundkriterier redovisas i denna sk "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 Protec-

tion (ICRP), Nuclear Energy Agency i OECD (NEA) och International Atomic Energy Agency (IAEA), se vidare referenserna i /2-8/.

När det gäller t ex lokalisering ser man arbetet indelat i tre faser; områdesgranskning, preliminärt platsval och bekräftelse av platsen genom detaljundersökningar.

Flaggboken berör översiktligt olika lokaliseringsfaktorer och delar in dessa i tre huvudgrupper. Den första gruppen innehåller faktorer som berör det geologiska mediet, som geologi, hydrogeologi, geokemi och långsiktig stabilitet. Den andra gruppen innehåller miljöfaktorer som mark-ytvattenmiljön, jordbruks- och transportaspekter. Den tredje gruppen innehåller faktorer som sociala, ekonomiska och politiska aspekter, markägarförhållanden, naturtillgångar och risk för framtida intrång.

Vid kompletteringen av FUD-program 92 /1-2/ redovisade SKB lokaliseringsfaktorer 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.

De remissvar som lämnats till regeringen från ett flertal myndigheter, stöder en fortsatt detaljering och tillämpning av dessa lokaliseringsfaktorer. Statens kärnkraftinspektion menar t ex /2-4/:

- *SKB:s lokaliseringsfaktorer och -kriterier utgör en lämplig utgångspunkt för det fortsatta arbetet, men kraven behöver fortlöpande preciseras och kvantifieras.*
- *I det inledande skedet (översiktsstudier och förstudier) kan många faktorer som är viktiga för att bedöma den långsiktiga anläggningssäkerheten och anläggningstekniska aspekter inte bestämmas.*
- *Om en viss plats uppfyller samtliga grundläggande säkerhetskrav kan inte helt bestämmas förrän plats- och detaljundersökningar genomförs.*

I regeringens beslut den 18 maj 1995 med anledning av kompletteringen av FUD-program 92 /2-3/, anför:

”SKB har på ett utförligt sätt redovisat sin syn på kriterier och metoder för att finna en från olika utgångspunkter lämplig lokalisering av djupförvaret. De lokaliseringsfaktorer och kriterier som SKB anger bör enligt regeringens uppfattning vara en utgångspunkt för det fortsatta lokaliseringsarbetet. De synpunkter som framförts av KASAM, SKI, SSI, Boverket, Naturvårdsverket, Riksantikvarieämbetet och Svenska kommunförbundet bör beaktas i lokaliseringsarbetet.”

Vissa grundläggande krav måste uppfyllas av ett djupförvar. De gäller i första hand den långsiktiga radiologiska 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 en 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 radiologiska 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 industrilokaliseringar (ovanjordsanläggningar), där kunskap om många viktiga faktorer är förhållandevis lättillgängliga.

Precisionen i kartläggningen av lokaliseringsfaktorer varierar kraftigt beroende på i vilken skala studierna görs. Ett djupförvar kommer att uppta en yta på storleksordningen någon km². Möjligheten att i olika skalor kartlägga lokaliseringsfaktorer måste ses med detta som bakgrund. Ett begränsat antal faktorer kan illustreras i nationell skala (översiktsstudier) för att i första hand om möjligt utesluta vissa områden. I regel är det dock först vid studier i en skala motsvarande ett studieområde på 100 x 100 km 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, se vidare Kapitel 3.

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 industriområdets och underjordsdelens inbördes läge, sträckning av schakt och tillfartstunnlar, förvarets geometri och djup samt deponeringspositionernas lägen.

SKB har i denna rapport vidarebearbetat lokaliseringsfaktorerna i vissa detaljer.

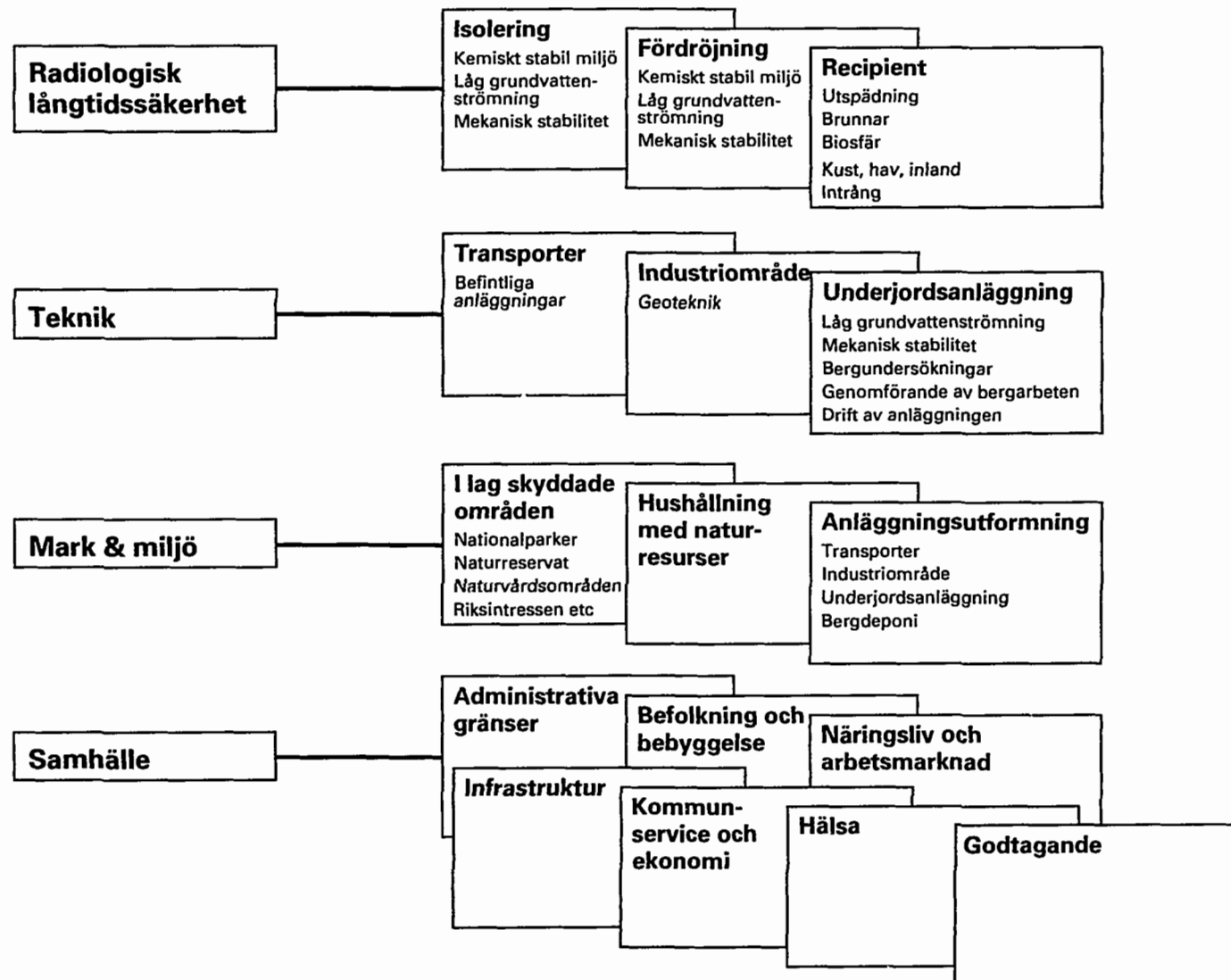
I Figur 2-5 återfinns ett förenklat schema över lokaliseringsfaktorerna, med ett mer detaljerat schema i Bilaga 3. Vissa övergripande kommentarer ges i det följande.

2.5.2 Långsiktig radiologisk säkerhet

Denna grupp av lokaliseringsfaktorer beskriver framför allt faktorer av betydelse för den långsiktiga radiologiska säkerheten.

Den grundläggande säkerhetsfilosofin för djupförvaret 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 de tekniska barriärerna och så långt som möjligt ge:

- långsiktigt stabil kemisk miljö,
- låg grundvattenströmning,
- mekanisk stabilitet.



Figur 2-5. Schema över lokaliseringsfaktorerna.

Säkerheten för ett djupförvar bygger på den s k flerbarriärprincipen. Det innebär bl a att säkerheten inte enbart får vara beroende av en enstaka barriär eller av att enbart de tekniska barriärerna fungerar som planerat.

En viktig säkerhetsmässig funktion hos berggrunden vid en djupförvarsplats är också att **kvarhålla** radionukliderna eller **fördröja** transport av dem om de tekniska barriärerna sl:adats.

De grundläggande kraven på berget är även här kemisk stabilitet, låg grundvattenströmning och mekanisk stabilitet.

Slutligen är det i princip gynnsamt med **recipientförhållanden** som säkerställer att endast mycket små mängder radioaktiva ämnen som eventuellt frigjorts kan nå människan. Det är gynnsamt att erhålla stor utspädning. Eftersom principen för djupförvaret bygger på total inneslutning av de radioaktiva ämnena, så har de faktorer som bidrar till detta större vikt än de som gynnar utspädning.

Man ska också om möjligt undvika platser där framtida brunnar och framtida **intrång** är mer sannolika, t ex i malmförande berggrund.

Detaljerade studier av isolering, fördröjning och recipientförhållanden är ett kvalificerat tekniskt-vetenskapligt arbete. Ett flertal faktorer är av betydelse, se vidare schemat i Bilaga 3, varav många endast i detalj kan kvantifieras efter mätningar i djupa borrhål på en tänkt djupförvarsplats.

I Kapitel 4 redovisas närmare några faktorer av säkerhetsmässig betydelse som kan belysas i nationell skala, som t ex istider, jordskalv med mera.

2.5.3 Teknik

Denna grupp av lokaliseringsfaktorer belyser framför allt frågor av betydelse för genomförbarhet ur teknisk synpunkt. En del av genomförbarheten är radiologisk säkerhet under transporter och drift av djupförvaret.

De olika tekniska lösningarna kan medföra att förvarets långsiktiga funktion påverkas, vilket beaktas i de platsspecifika funktions- och säkerhetsanalyserna.

För de alternativ som uppfyller grundläggande krav på säkerhet, kvalitet och genomförbarhet kan dessa inbördes jämföras. Så kommer också att ske i ett skede när det finns specifikt underlag för olika möjliga alternativ.

För industri- och deponiområdet ställs inga andra krav än vad som normalt skulle ställas på ett industriområde. Marken ska vara bärig och plan och anläggningarna ska utformas så att de är anpassade till den yttre miljön.

Berganläggningen ska uppfylla de elementära önskemål som finns för varje berganläggning. "Bra berg", dvs relativt sprickfattigt och tätt berg, underlättar genomförande av byggnadsarbetena och är även till fördel för förvarets långsiktiga säkerhet. Faktorer som påverkar bergarbetena är t ex bergart, sprickfrekvens, lägen och karaktärer på sprickzoner, vattenföring, storlekar och orienteringar på bergspänningar och mekaniska egenskaper hos förvarsberggrunden.

Det är fördelaktigt om man enkelt och entydigt kan tolka resultaten från bergundersökningarna, vilket underlättar planeringen och genomförande av undersökningar, projektering, funktions- och säkerhetsanalys. Inget, eller tunt jordtäckte, enkla och homogena berggrundsforhållanden samt regelbundet system av sprickor/sprickzoner ger ökad säkerhet i prognoserna.

De tekniska lösningarna är som regel flexibla och kan anpassas efter varierande platsförhållanden och berggrundsegenskaper.

Själva berganläggningen med tunnlar, schakt och installationer behöver inte ligga i direkt anslutning till industriområdet, utan kan placeras inom ca 10 km från industriområdet.

En principiell skiss framgår ur Figur 2-6. Beroende på läget för platsen för djupförvaret kan det också bli aktuellt med att anlägga ny väg eller järnväg längs någon del av sträckningen.

De olika aspekterna på transporter måste vägas in vid beslut om lokaliseringen av djupförvaret. Kravet på att transporterna 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.

Det är naturligtvis gynnsamt om huvudsakligen befintlig infrastruktur för transporter till havs och på land kan utnyttjas.

2.5.4 Mark och miljö

Denna grupp av lokaliseringsfaktorer belyser frågor av betydelse för markanvändning och miljöanpassning.

Platsval och utformning av anläggningarna skall göras så att konflikter med konkurrerande intressen minimeras. Hänsyn skall därvid tas till natur, miljö, kulturminnen, rekreation, jakt, fiske, övrigt friluftsliv, viktiga naturtillgångar, jord- och skogsbruk samt 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.

Lokaliseringsfaktorer att beakta rörande mark och miljö är bl a:

- I lag skyddade områden som nationalparker, naturreservat naturvårdsområden med mera.
- Hushållning med naturresurser, mark, vatten, landskap, natur- och kulturmiljöer, jord- och skogsbruk, fritidsliv och turism med mera.
- Anläggningsutformningar av transporter, industriområde, underjordsanläggning och bergdeponi som är anpassade till miljön.

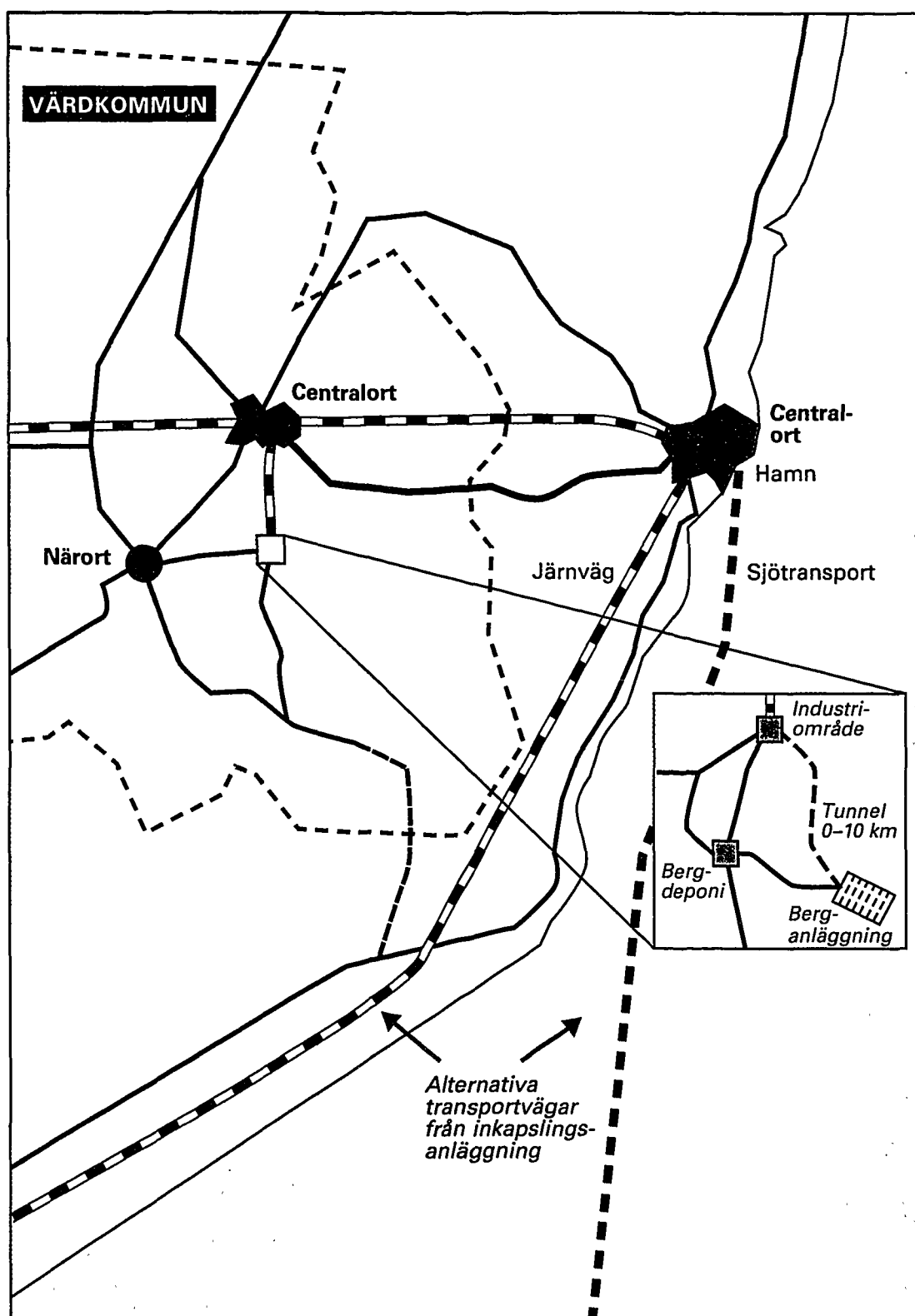
2.5.5 Samhälle

Denna grupp av lokaliseringsfaktorer beskriver frågor med anknytning till samhällsutveckling och samhällspåverkan.

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 det också viktigt att anläggningen ses som en samhällelig tillgång, även för värdkommunen.

Lokaliseringsfaktorer att beakta är t ex:

- administrativa gränser,
- befolkning och bebyggelse,
- näringsliv och arbetsmarknad,
- infrastruktur,



Figur 2-6. Principskiss över lokalisering av industriområde, berganläggning och deponi. Ej skalenlig.

- kommunservice och -ekonomi,
- hälsa,
- godtagande.

2.5.6 Tillämpning av lokaliseringsfaktorerna

De faktorer och kriterier som diskuterats i föregående avsnitt måste vägas samman i vid en helhetsbedömning av en vald plats. Många faktorer, som är viktiga för att ingående kunna analysera den långsiktiga säkerheten och anläggningstekniska aspekter, kan inte bekräftas förrän efter omfattande undersökningar på plats. I ett inledande skede får man basera sina värderingar på generella kunskaper om regionen och berggrunden, samt översiktliga observationer av valt område. Eftersom kartläggningen av generella mark- och miljöfaktorer samt samhällsaspekter är enklare att genomföra i ett tidigt skede kan dessa lokaliseringsfaktorer redan inledningsvis i vissa delar klarläggas mer fullständigt.

Hur lokaliseringsfaktorer kan tillämpas i det tidiga skedet har beskrivits i kompletteringen till FUD-program 92 /1-2/ där det anges att 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 konkurrerande markanvändar- och miljöintressen. Goda möjligheter att anpassa anläggningarna så att miljökraven uppfylls på ett bra sätt.”*

I det inledande lokaliseringsskedet, dvs utan data från fältundersökningar, fokuseras utvärderingen av det geovetenskapliga materialet mot att identifiera olämpliga eller ogynnsamma förhållanden utifrån allmänt tillgänglig information, jmf /2-9/. I slutskedet av förstudierna identifieras områden som utifrån ovanstående vägledande kriterier bedöms vara intressanta för närmare undersökning (platsundersökning).

I därpå följande skeden, vid genomförande av platsundersökningar och så småningom även detaljundersökningar, 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.

3 MÖJLIGHETER OCH BEGRÄNSNINGAR I NATIONELLA ÖVERSIKTSSTUDIER

Detta kapitel belyser framförallt i vilken mån slutsatser kan dras från översiktsstudier och hur de kan tillämpas i lokaliseringen för ett djupförvar.

3.1 ALLMÄN METODIKBESKRIVNING

Inom ramen för arbetet att lokalisera djupförvaret sammanställer SKB geovetenskapliga och samhällsliga data och förhållanden i rikstäckande databaser. Dessa data kan hanteras, sammanfattas och presenteras i ett geografiskt informationssystem – GIS. Systemet används för att lagra, presentera och analysera data för olika lokaliseringsfaktorer. Bilaga 4 ger en lista över kommersiellt tillgängliga databaser som i dag anskaffats till SKB:s GIS. Flertalet bilder i denna rapport är baserade på detta verktyg.

I största möjliga utsträckning utnyttjar denna rapport redan tillgänglig information. Översikter finns bl a i den nya Svenska Nationalatlasen, banden Berg och Jord, Miljö, Infrastrukturen och Befolkningen. Vissa data återfinns också i SKB:s tekniska rapporter som redovisar resultat från den omfattande forskning och utveckling som bland annat sker vid universitet och tekniska högskolor på uppdrag av SKB. Informationen har ibland bearbetats vidare för att närmare kunna belysa förhållanden som kan vara av betydelse vid lokaliseringen av djupförvaret.

Denna översiktsstudie bearbetar information i nationell skala. Det är därvid viktigt att hålla i minnet att översikterna inte kan fånga alla detaljer i en sådan beskrivning. Ett hypotetiskt exempel redovisas. För en viss lokaliseringsfaktor skulle man kunna tänka sig att det finns regioner som i den nationella skalan framstår som gynnsamma och andra som framstår som mindre bra, Figur 3-1.

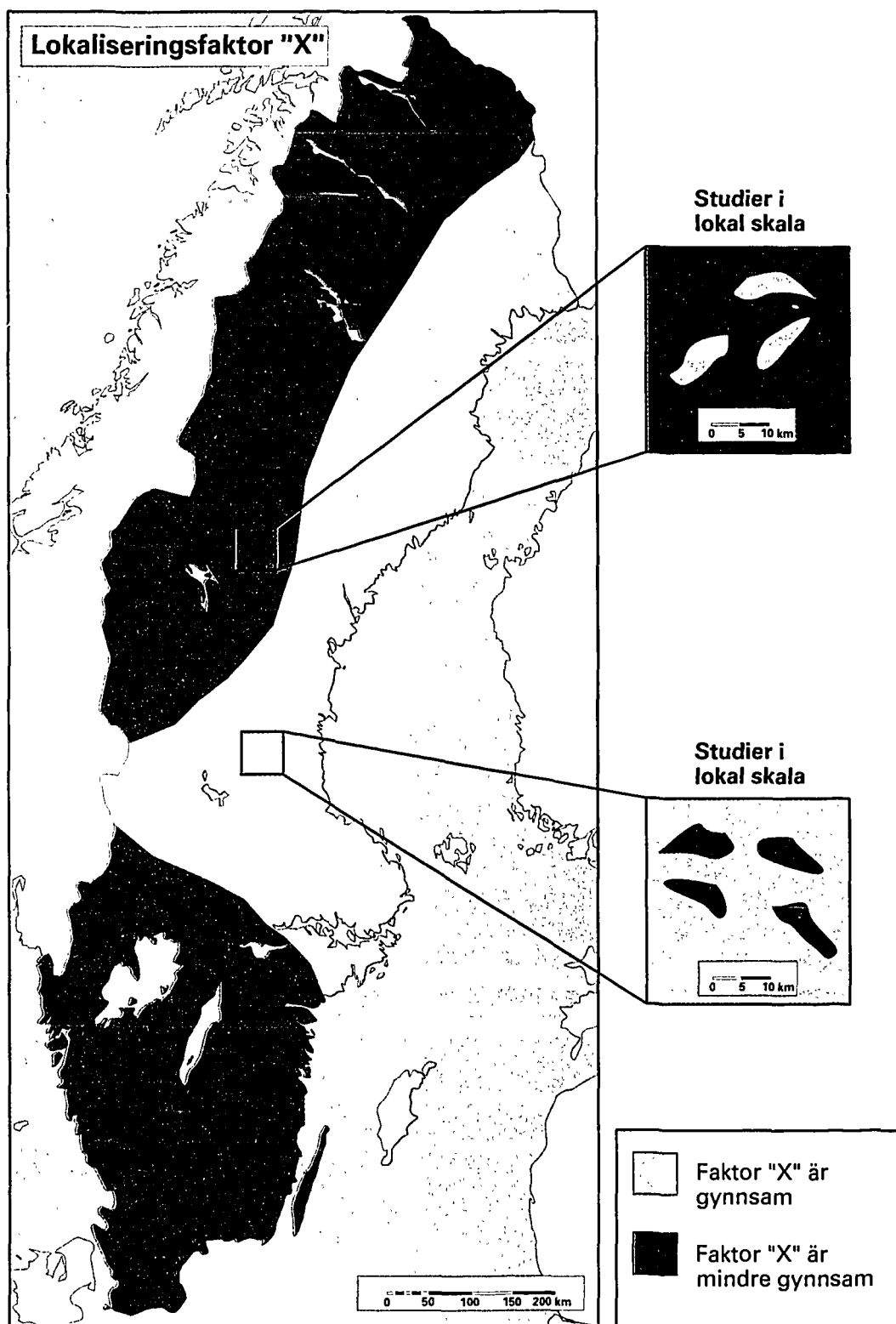
Data, då särskilt geovetenskapliga, uppvisar i allmänhet stora variationer. Detta innebär att det kan finnas gynnsamma förhållanden m a p en viss lokaliseringsfaktor i områden inom en region som i nationell skala betraktas vara ogynnsamma med tanke på den studerade lokaliseringsfaktorn. Det kan också vara så att det finns områden med ogynnsamma förhållanden inom regioner som i nationell skala bedöms vara gynnsamma.

En allmän slutsats är att det inte är självklart att helt utesluta områden eller, regioner, som i nationell skala framstår som mindre gynnsamma.

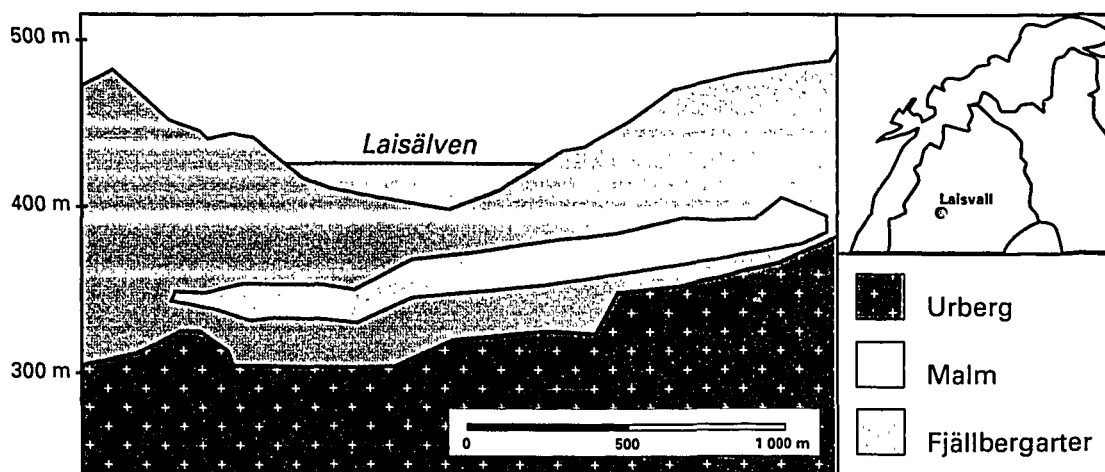
Ett konkret exempel från en inledande lokaliseringsstudie i Laisvall illustrerar slutsatsen och redovisas i det följande:

3.2 EXEMPEL FRÅN LAISVALLGRUVAN

Laisvallgruvan är belägen 34 km väster om Arjeplog i Norrbottens län. Gruvan ligger i fjällkedjans bergarter, några km från gränsen där urberget går i dagen. Malmen, som består av blyglans och zinkblände, ligger i en nästan horisontell sekvens av lerstenar och sandstenar. Under dessa horisonter återfinns urberget. En öst-västlig profil genom Laisvallsområdet visas i Figur 3-2.



Figur 3-1. Exempel som illustrerar att en lokaliseringsfaktor "X" kan vara gynnsam i vissa regioner och mindre gynnsam i andra. Studier i mer lokal skala kan visa att det finns intressanta områden även i regioner som i den nationella skalan framstår som mindre intressanta och vice versa.



Figur 3-2. Längdprofil genom malmområdet i Laisvall. Bearbetad efter [3-1]..

Då malmlösningarna trängde in i sandstenen hade denna en porositet på 25-30%. Tryckfall i samband med att lösningarna trängde in i sandstenen medförde att blyglans föll ut i porer och i sprickor.

Baserat på den kunskap som finns idag skulle ett djupförvar 500 m i det underliggande urberget kunna förläggas till en "malmfri" berggrund utan någon större risk för att blockera framtida malmbrytning eller risk för mänskligt intrång.

En ytlig översiktlig bedömning av Laisvall som lokaliseringsort visar på flera klara nackdelar:

- Laisvall ligger i ett malmpotentiellt område med en etablerad gruva.
- Orten ligger i randen av fjällkedjan med starkt skyddsvärda naturområden.
- Det krävs långa transporter för att nå platsen.

Möjligheten till lokalisering i Laisvall togs upp med SKB av dåvarande gruvledning och Arjeplogsgruppen våren 1992. Den närmare bedömningen visade också på möjligheter och klara fördelar:

- Urberg fritt från malmineraliseringar finns troligen på större djup i enlighet med ovanstående redovisning.
- Befintliga gruvutrymmen skulle ge goda möjligheter att undersöka underliggande urberg.
- Vid gruvan finns ett etablerat industriområde och ett levande gruvsamhälle.
- Vid en eventuell etablering skulle alla bergmassor med lätthet kunna läggas i befintliga gruvutrymmen med stora potentiella miljöfördelar.
- Tunga transporter sker idag mellan gruvan och kusten.

Det finns givetvis andra faktorer som måste beaktas vid en bedömning av lokaliseringspotentialen av ett djupförvar till Laisvall och en detaljerad analys skulle kunna resultera i såväl en positiv som en negativ slutsats. Exemplet ovan syftar enbart till att peka på att när man ser till enskilda lokaliseringsfaktorer kan

det i många fall vara mycket lokala förhållanden som avgör om ett område är lämpligt eller ej för ett djupförvar.

3.3 GENERALISERING AV GEOVETENSKAPLIGA FAKTORER I OLIKA SKALOR

Ett flertal av lokaliseringsfaktorer berör geovetenskapliga förhållanden. Här finns några generella problem att särskilt beakta.

Ett problem är den skala i vilken studien genomförs. Redovisning i nationell skala kan inte redovisa de variationer som finns i berggrunden för olika geologiska faktorer.

Vidare är det så att de yttäckande databaser som kan redovisas i nationell skala främst berör förhållanden vid markytan, medan det i första hand är förhållanden på ca 500 m djup som är intressanta.

Ett tredje problem är att specifika data om t ex bergets kemiska miljö, endast kan erhållas genom fältmätningar. Data från stort djup i Sverige är kraftigt begränsade och finns framförallt från de fältundersökningar som tidigare genomförts inom kärnavfallsprogrammet, se vidare Figur 2-3. Dessa data representerar ett visst läge i ett borrhål och kan inte utan vidare generaliseras över en hel plats, än mindre över ett helt område eller region.

Ett fjärde problem är att resultat från olika undersökningar ofta ger indicier, dvs indirekt eller ofullständig information, om de faktorer som man egentligen vill ha information om. Detta är ofta fallet med t ex geofysiska mätningar.

I det följande redovisas exempel på generaliseringar av geovetenskapliga faktorer.

3.3.1 Sprickzoner och lineament

Sprickzoner (dvs områden där bergets frekvens av sprickor är större än i det omgivande berget) genomsätter urberget. De finns i alla skalor från lokala, med en längdutsträckning av några hundratal meter, till regionala, med en utsträckning av 500 km eller mer.

Förutom att sprickzoner utgör mekaniska svaghetsplan i berggrunden kan de vara vattengenomsläppliga och utgöra flödesvägar för grundvatten. Detta innebär att man vid förvarsutformning och säkerhetsanalys behöver data om dessa zoner.

För att få en uppfattning om förekomst av sprickzoner används bl a lineamenttolkningar. Lineament är en tolkad linje (rak eller svagt böjd) på en fotografisk, topografisk, geologisk eller geofysisk karta. Lineament i landskapet, t ex dalgångar, stråk av myrar, "trappsteg" i terrängen och raka sjökonturer motsvarar oftast branta brottlinjer (förcastningar och sprickzoner) i den underliggande berggrunden. Erfarenheter från bergbyggnad ger i stort sett stöd för dessa antaganden.

Några exempel på lineamenttolkningar i olika skalor och utifrån olika underlag redovisas nedan.

Exempel från Baltisk-Bottniska deformationszonen

Delar av den svenska berggrunden har i prekambrisk tid (för mer än 570 miljoner år sedan) varit utsatt för mycket stora berggrörelser varvid breda och uthålliga deformationszoner bildats. Dessa deformationszoner är antingen en enstaka zon eller en mer komplex zon, där flera smärre zoner bildar ett sammanhängande

nätverk. Ett välkänt exempel på en komplex deformationszon är den s k Protogin-zonen från Skåne via Vättern till Värmland. En karta över komplexa deformationszoner i Sverige finns i Figur 3-3.

En av de mera uthålliga zonerna som tolkats fram under den senaste tiden löper i nord-sydlig riktning från Ishavet genom östra Norrbotten och vidare söderut. Denna zon benämns Baltisk-Bottniska deformationszonen. Den huvudsakliga aktiviteten skedde för omkring 1800 miljoner år sedan då laterala förkastningsrörelser på upp till 250 km kan ha skett utefter denna zon /3-2/. Inom zonen finns kraftigt omvandlade partier med bland annat förskiffrad berggrund och myloniter (finkornig bergart bildad genom deformation av berggrunden i deformationszoner) omväxlande med stora opåverkade bergblock.

Uppskattningar av den Baltisk-Bottniska zonens bredd varierar men baserat på geologisk kartering och flygmagnetiska kartor kan den på kartbladet Kalix NV uppskattas till mellan 5-10 km /3-4/.

Inom ramen för de s k typområdesundersökningarna, genomförde SKB 1981 - 1983 borrhåsar och undersökningar vid Kamlunge /3-5/. Typområdet Kamlunge är beläget i den centrala delen av den Baltisk-Bottniska zonen, Figur 3-4. Vid tidpunkten för typområdesundersökningen var zonen inte känd. Resultatet från undersökningen kan nu användas för att studera vilken påverkan zonen har haft på berggrunden vid Kamlunge.

Typområdet är beläget på Kamlungekölen, ett ca 16 km² stort bergområde som reser sig över den omgivande regionen. Höjdskillnaden mot omgivande dalgångar är ca 100 m. Dessa dalgångar representerar uthålliga lineament där stora bergrörelser förmodligen har skett /3-4, 3-6, 3-7/.

Uppå Kamlungekölen har ett omfattande undersökningsprogram genomförts vilket bland annat har omfattat 16 kärnborrhål med en total borrhålslängd på 7 800 m och ett största djup av 670 m, Figur 3-5. I dessa hål har bland annat berggrundens vattengenomsläppliga förmåga studerats. Bortsett från en mindre, horisontell zon på 450 m djup har undersökningarna inte kunnat påvisa några sprickzoner inom en bergvolym på ca 0,7 km³ i områdets centrala del. Sprickfrekvensen var generellt sett låg, under 200 meters djup. I denna del var även bergets vattengenomsläpplighet mycket låg. Sammantaget visar undersökningarna att det finns stora bergvolymer med sprickfattig och tät berggrund. Någon negativ påverkan av det centrala läget i den Baltisk-Bottniska zonen har inte kunnat påvisats, tvärtom framstår Kamlunge ur hydrogeologisk synpunkt som ett av de bättre av SKB:s typområden.

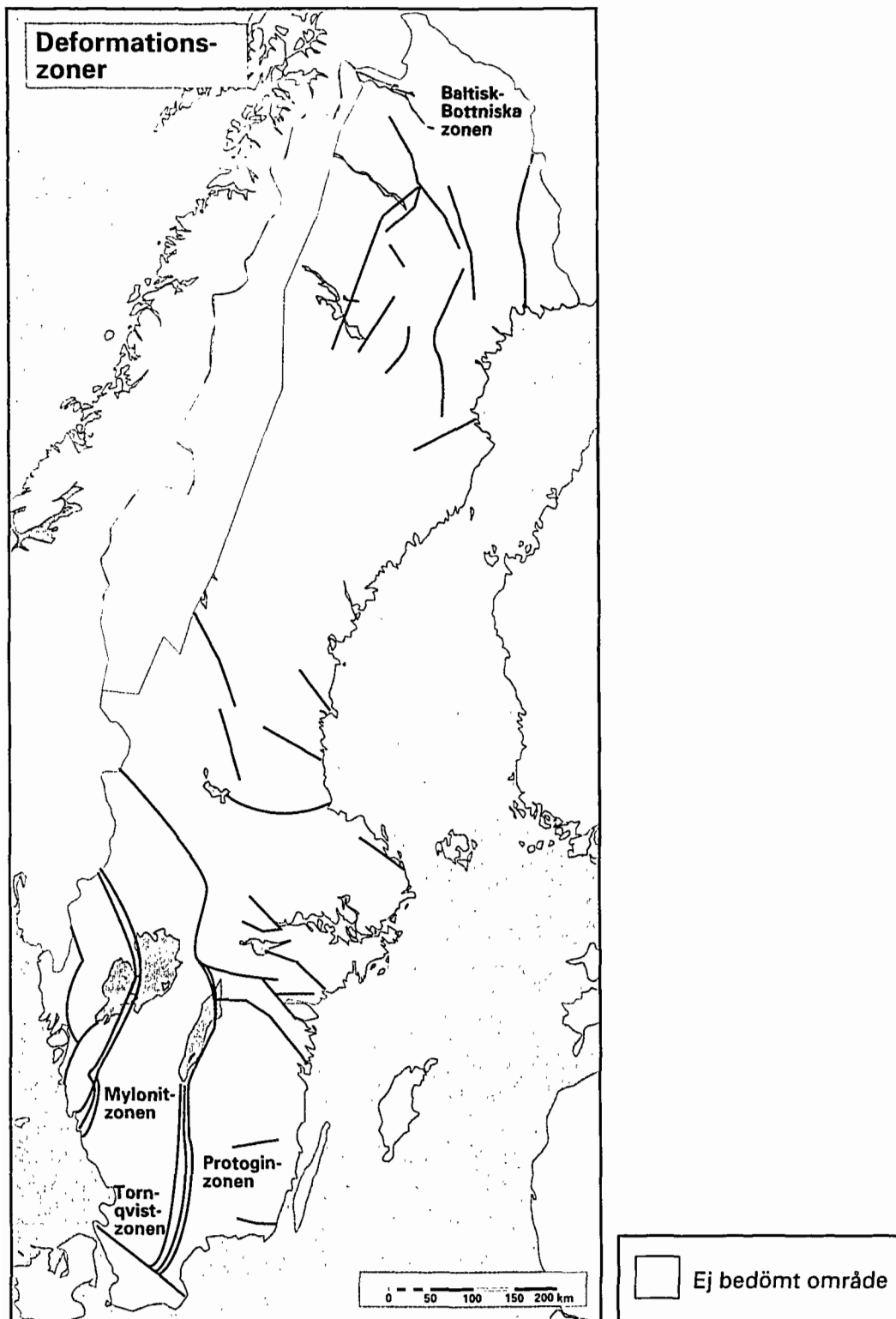
Exemplet illustrerar att ett område som inte ser så gynnsamt ut med hänvisning till faktorn "deformationszoner" inte direkt kan uteslutas vid en lokaliseringstudie i nationell skala.

Exempel från Äspö

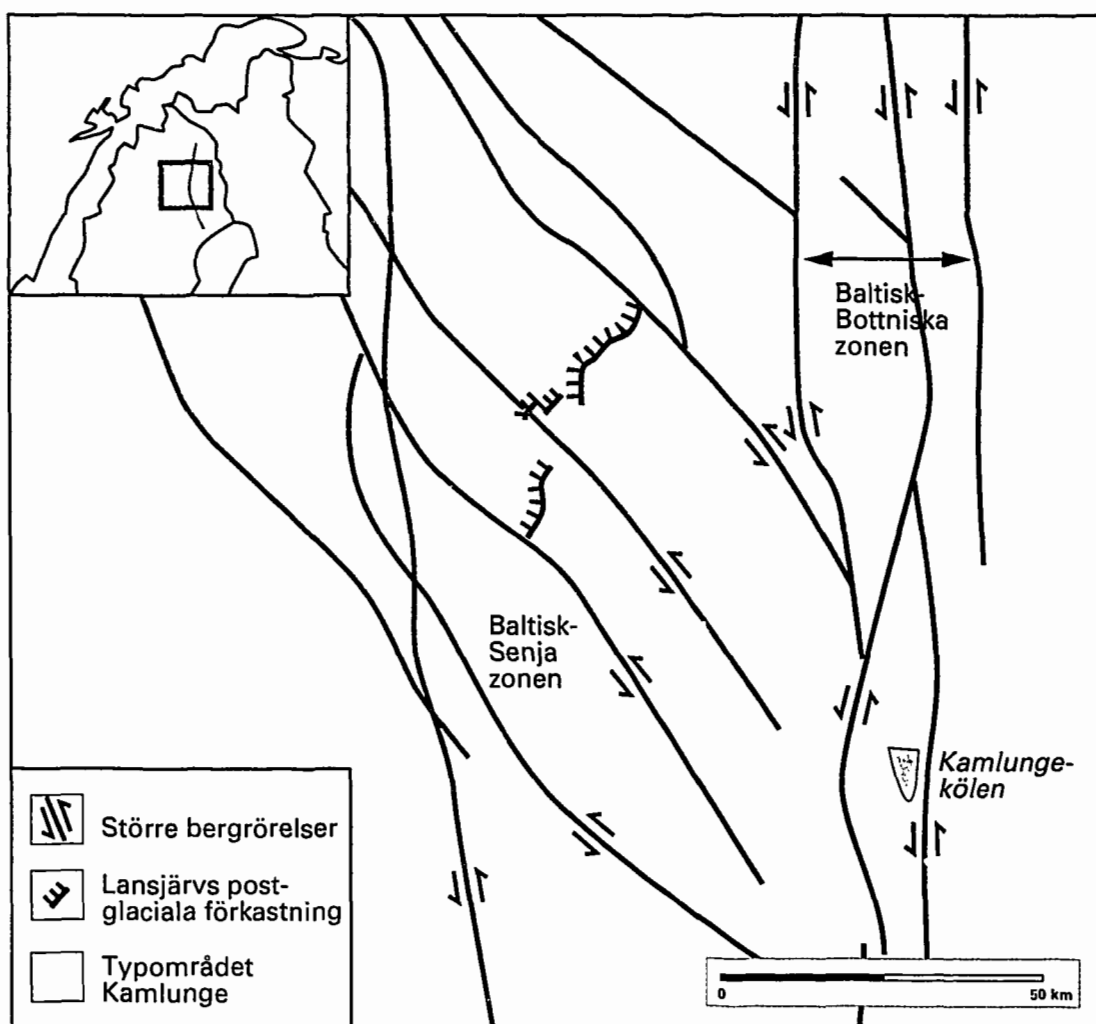
Figur 3-6 visar en tolkning av lineament i regionen kring Äspö baserad på Lantmäteriverkets höjddatabas med 50 m punktavstånd. Enligt denna tolkning finns tre ost-västliga sprickzoner på Äspö samt en nord-sydlig zon.

Figur 3-7 visar en lineamenttolkning av flygmagnetiska kartan från ovannämnda region. Som synes finns starka indikationer på att Äspö genomkorsas av en regional nordostlig sprickzon.

Genom omfattande studier med bland annat markgeofysiska mätningar och borrhålsmätningar har en betydligt mera detaljerad bild växt fram över var sprickzoner finns på Äspö och deras vattenförande och mekaniska egenskaper. Figur 3-8



Figur 3-3. Karta över komplexa deformationszoner i Sverige. Bearbetad efter karta av Sveriges Geologiska Undersökning 13-31.



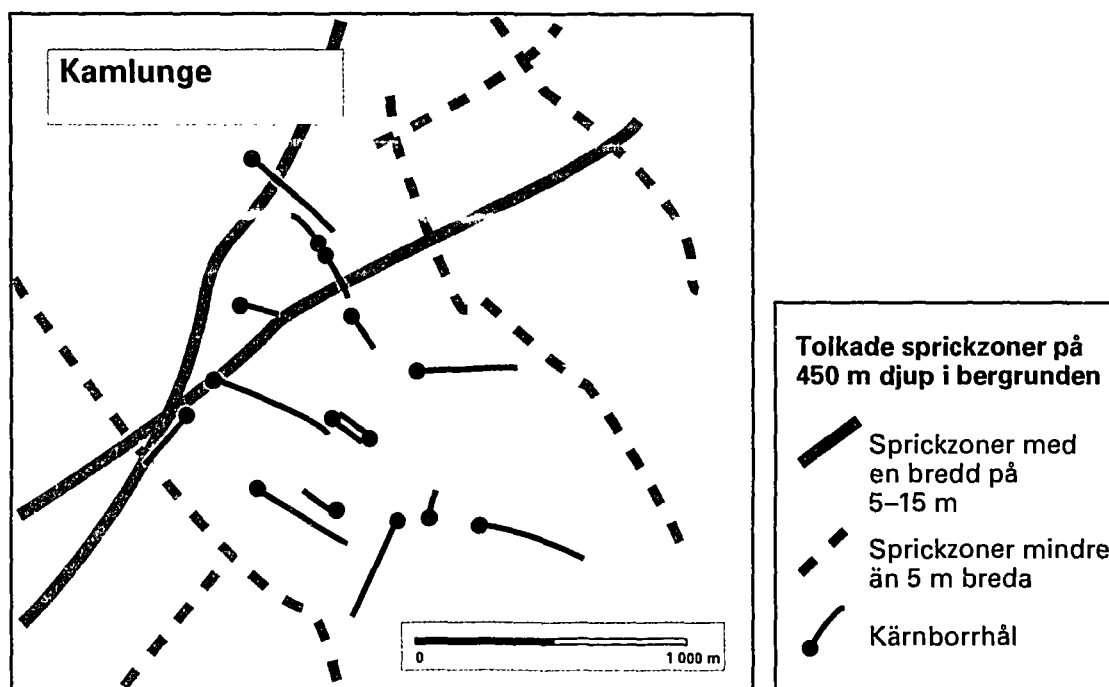
Figur 3-4. Läget av typområdet Kamlunge i förhållande till Baltisk-Bottniska deformationszonen. Bearbetad efter [3-6].

visar den resulterande sprickzonskartan efter det att alla mark- och borrhålsundersökningar var slutförda.

Som synes är bilden nu förändrad i förhållande till vad som framkom från studier i regional skala. Några av de lineament som tolkades i regional skala har bekräftats vid de detaljerade studierna medan andra har avförts.

Den i kartan mycket väl framträdande zonen EW-1, som syns väl i de regionala tolkningarna, har i de vidare undersökningarna på Äspö visat sig vara en relativt tät zon med inslag av mylonit. Flera sprickzoner har också tillkommit, bland annat flera mindre markerade men vattengenomsläppliga sprickzoner i NNW-lig riktning. Dessa är inte markerade på kartan. De identifierades, men de exakta lägena av var och en av dessa mindre zoner fastställdes inte i platsundersökningarna.

Vid den senare tunneldrivningen på Äspö visade det sig att den sprickzon som gav upphov till de största byggnadstekniska problemen, med bl a stora vatteninflöden och leromvandlat berg, var sprickzonen (NE-1) vid Äspös södra strand. En antydning till en sådan zon finns i den flyggeofysiska kartan.



Figur 3-5. Tolkade zoner på 450 m djup vid typområdet Kamlunge. Bearbetad efter 13-51.

Slutsatsen är att lineamentstudier i regional skala är viktiga för att få en första indikation på förekomst av sprickzoner, och därmed även var det kan finnas större block med sprickzonsfattig berggrund. Samtidigt skall resultat från sådana studier betraktas med försiktighet, speciellt när det gäller korrelationen mellan hur markerat ett lineamentet är på topografiska eller geofysiska kartor och dess verkliga betydelse ur bygghäls- eller säkerhetssynpunkt.

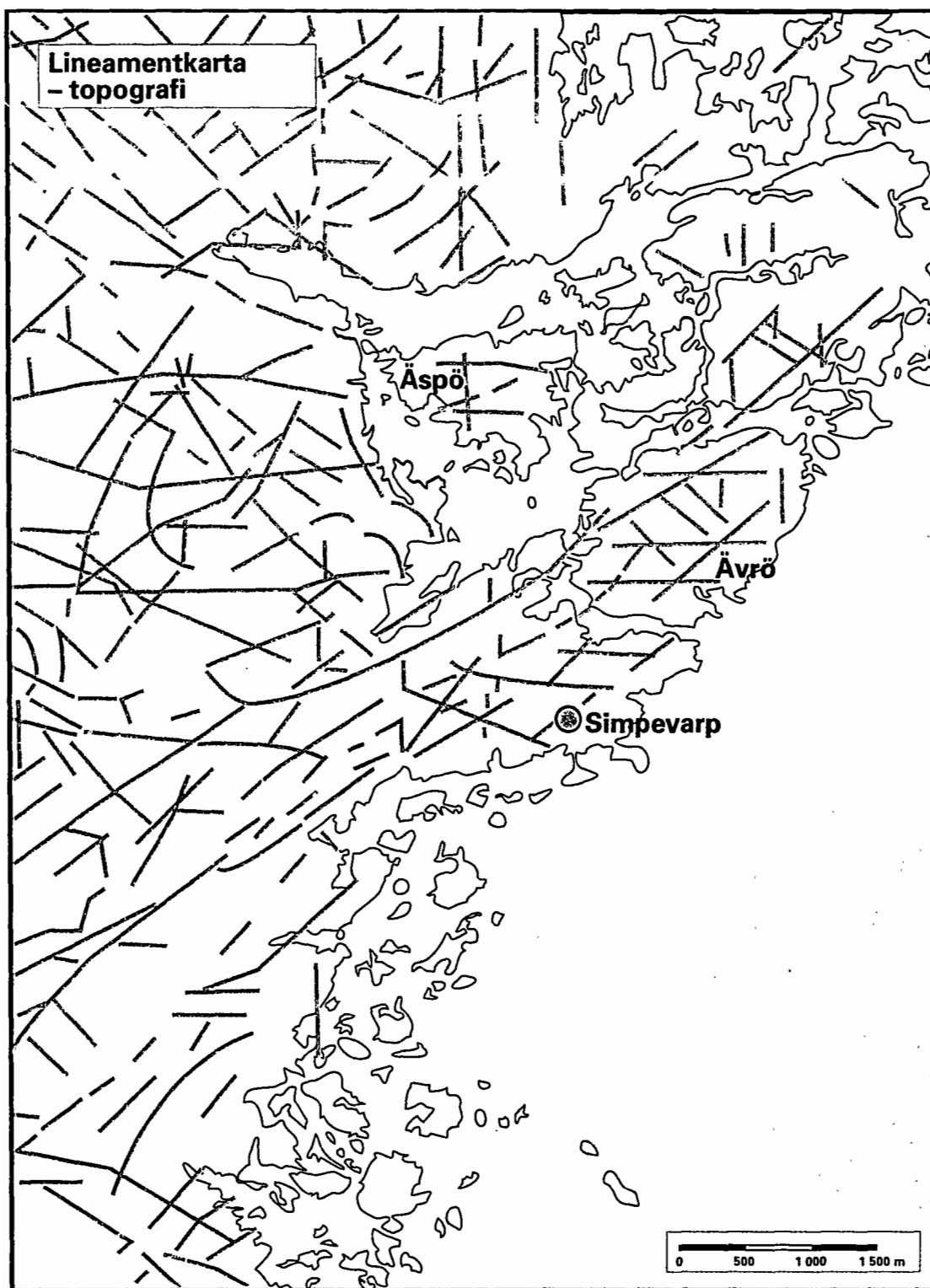
Exemplet illustrerar att det först är i samband med förstudier och platsundersökningar som betydelsen av lineament kan fastställas.

3.3.2 Bergarter

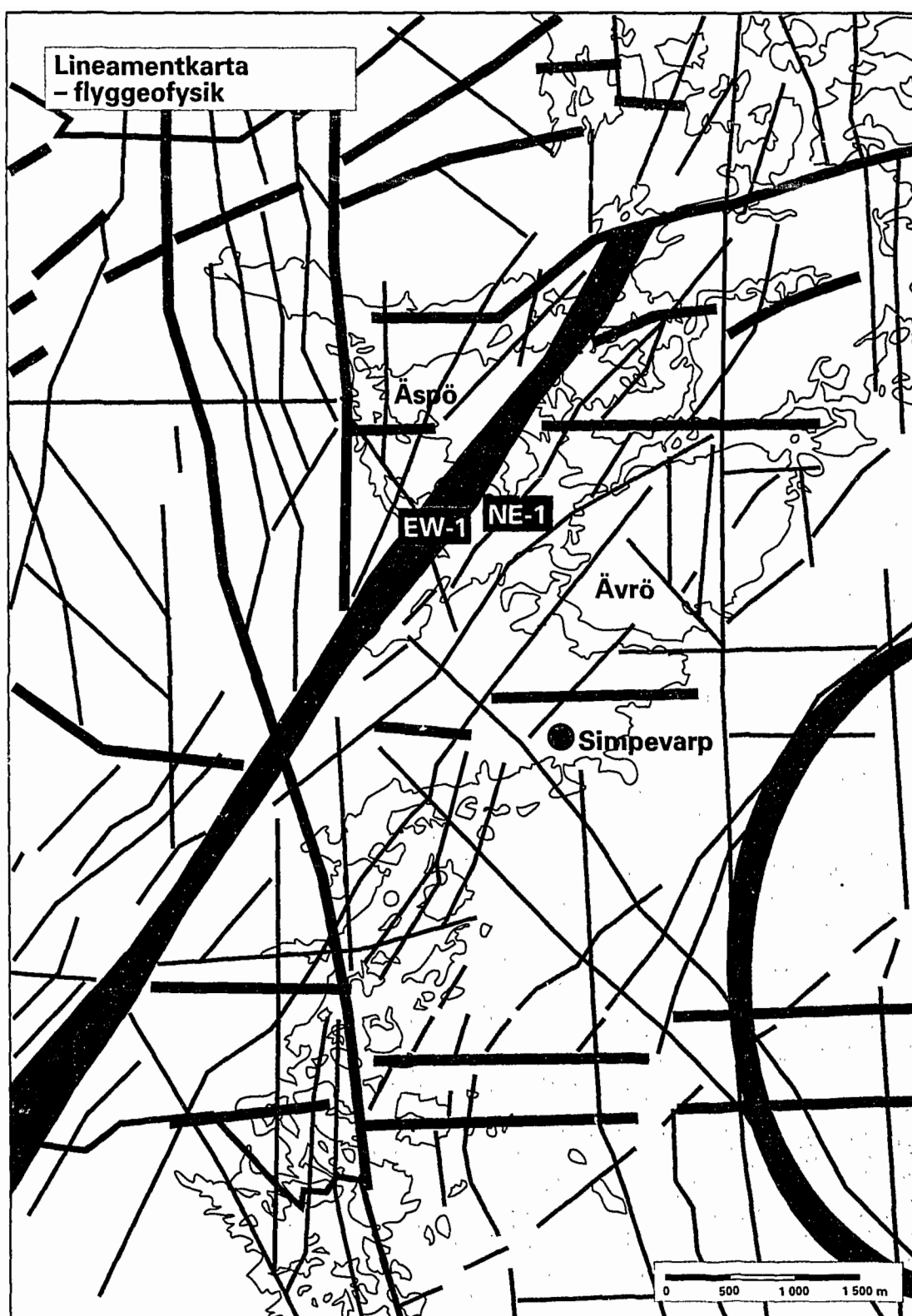
Vid framställandet av en geologisk karta generaliseras fältobservationer av bergartsfördelning i hållar till en karta. En karta över berggrunden i nationell skala blir med nödvändighet mer generaliserad än en karta i lokal skala. Det är därför svårt att bedöma berggrundens variationer baserat på studier i översiktlig skala. Undersökningarna för ett djupförvar sker stegvis med allt mer ökad detaljering i varje steg. "Generalrepetitionen" i samband med anläggandet av Äspölaboratoriet kan illustrera hur detaljeringsgraden om berggrunden har ökat i olika undersökningssteg.

Den första figuren, Figur 3-9, visar ett utsnitt från berggrundskartan som den redovisades i inledningen av undersökningarna 1987. I denna skala har det varit möjligt att inkludera ett större parti av grönsten i Äspös nordöstra hörn.

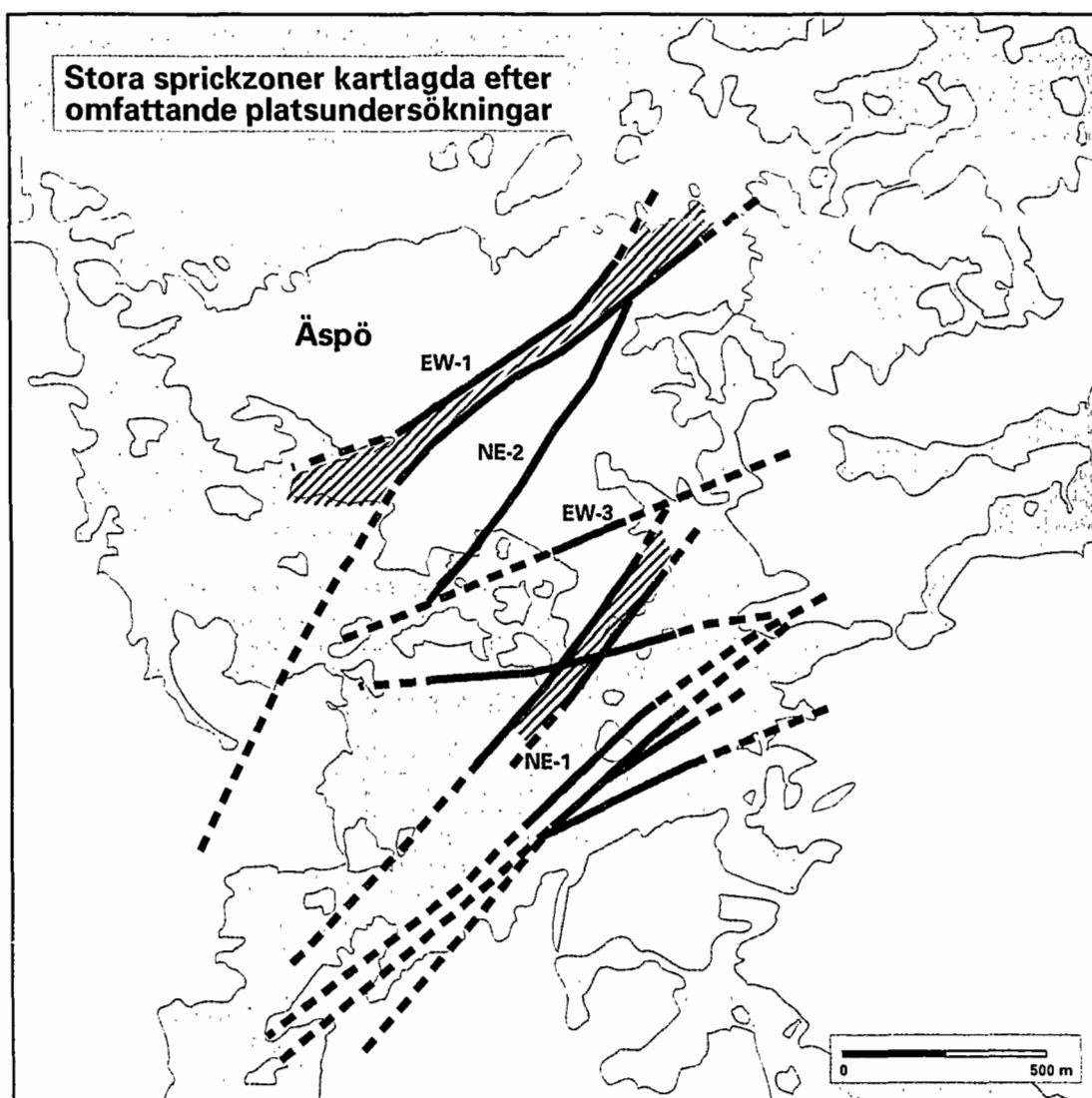
Den andra figuren, Figur 3-10, visar en mer detaljerad karta över Äspö, också från 1987. I denna skala redovisas flera smala grönstensband på Äspö.



Figur 3-6. Lineamenttolkning baserad på topografi. Bearbetad efter [3-8].



Figur 3-7. Linemanenttolkning baserad på flyggeofysik. Bearbetad efter [3-9].

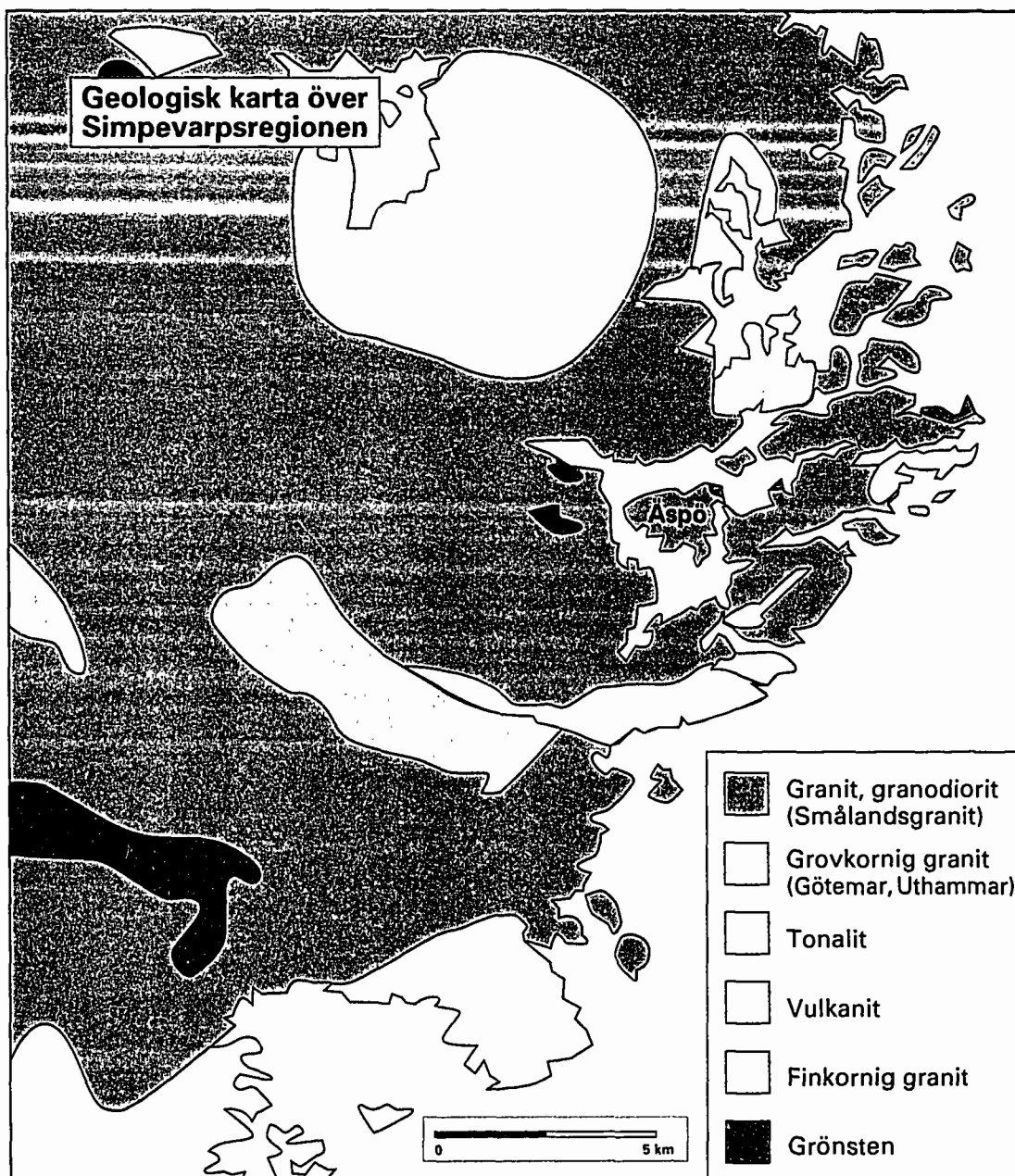


Figur 3-8. Tolkning av zoner baserad på omfattande platsundersökningar. Bearbetad efter [3-10].

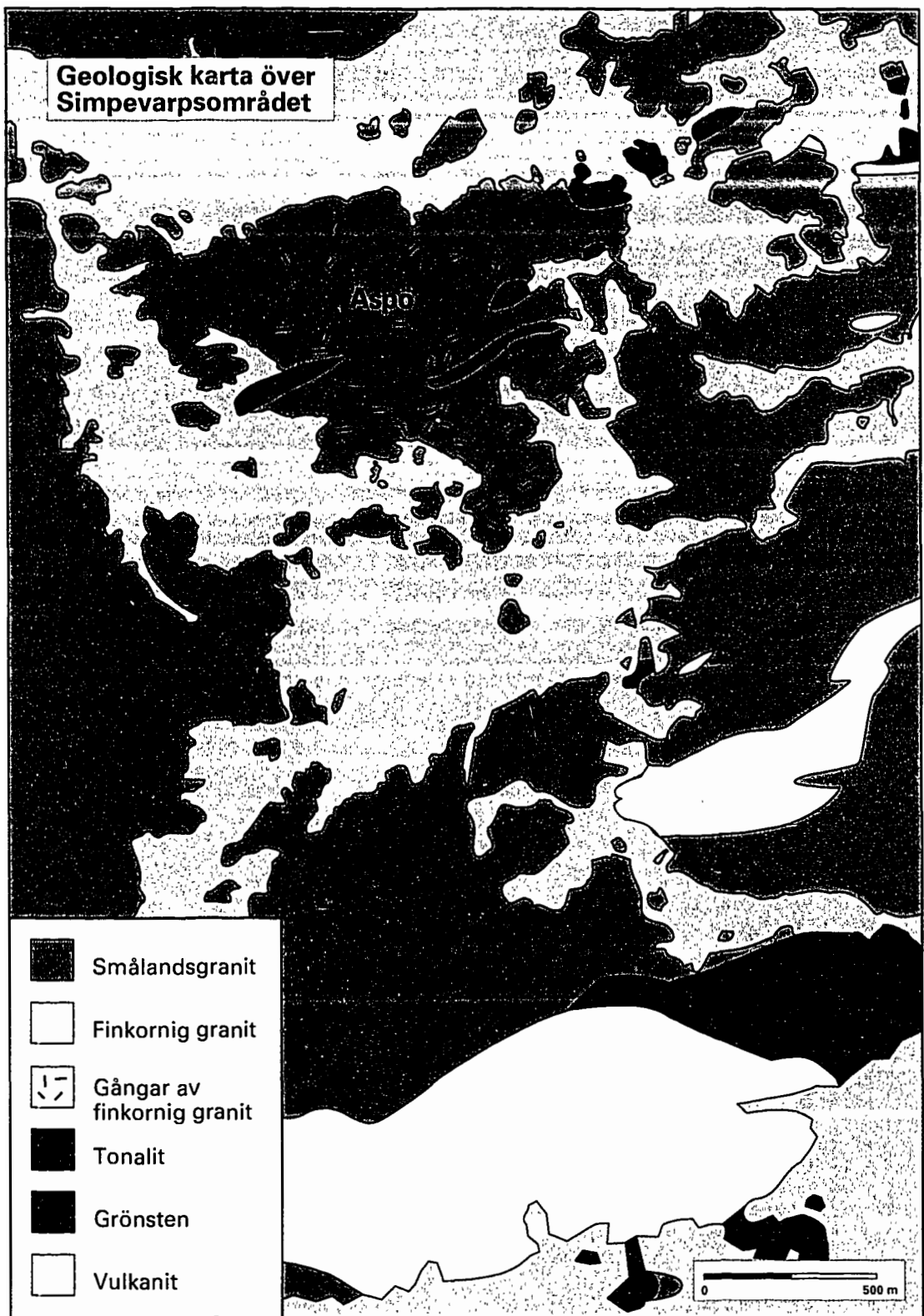
Den tredje figuren, Figur 3-11, visar bergartsfördelningen på Äspö efter en mycket detaljerad kartläggning. I denna skala redovisas bland annat två olika varianter av granit samt vulkanit och grönsten.

Exemplet visar på att redovisningen av berggrundsvariationen dels är beroende av i vilken skala redovisning sker, dels av den mängd arbete som sker för att kartlägga variationerna. Den ambitionsnivå som har använts vid framtagning av Figur 3-11 är exceptionellt hög.

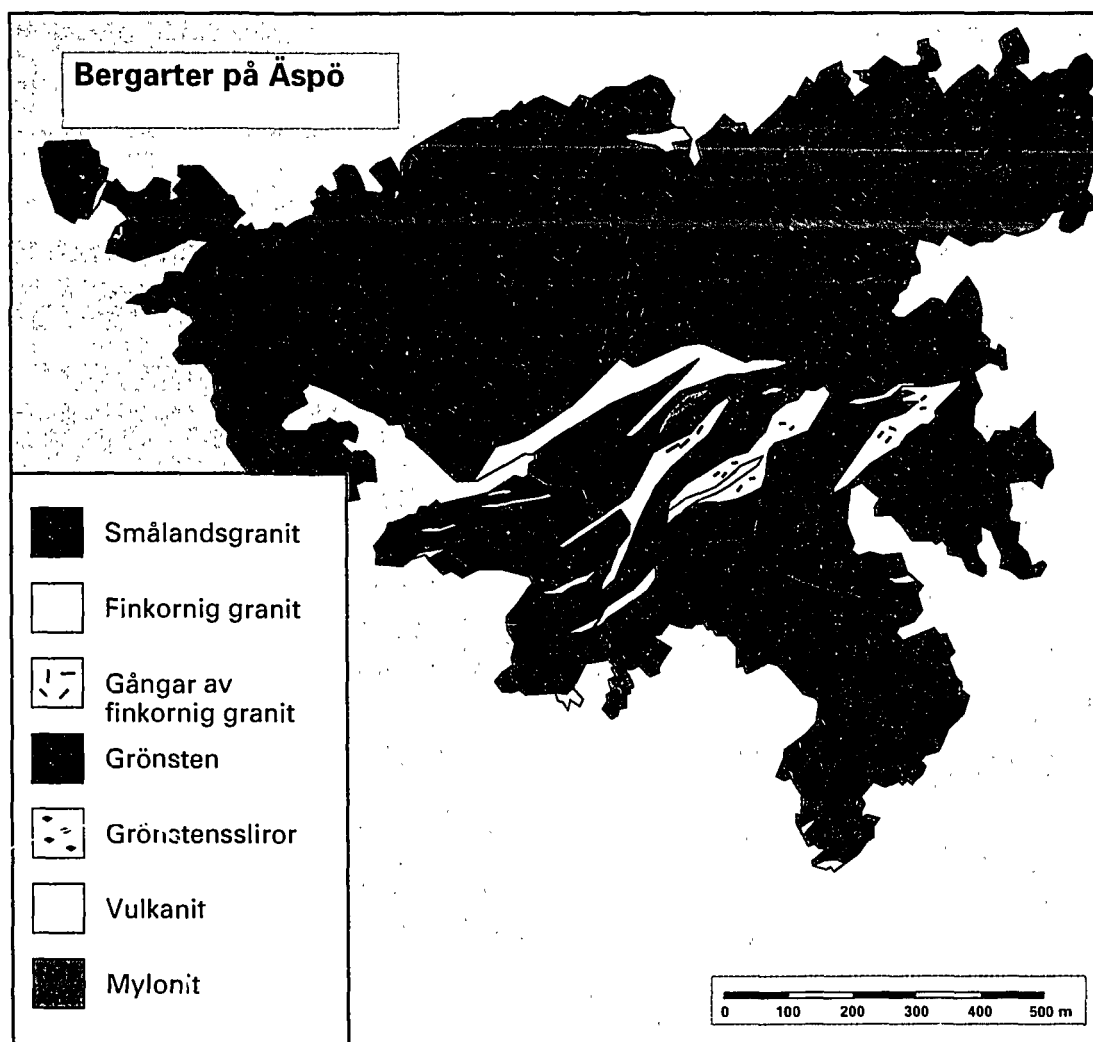
Slutsatsen är att man bör vara försiktig med att dra alltför definitiva slutsatser utifrån översiktskartor. Områden som förfaller vara homogena i översiktliga kartor är ofta betydligt mera heterogena i verkligheten. Det är inte förrän detaljerade studier genomförs som en någorlunda säker bedömning kan göras av berggrundens variationer.



Figur 3-9. Översikt av berggrunden i Simpevarpsregionen. Bearbetad efter /3-11/.



Figur 3-10. Detaljerad karta över berggrunden i Simpevarpsområdet. Bearbetad efter I3-III.



Figur 3-11. Detaljerad berggrundskarta över Äspö. Bearbetad efter [3-10].

3.3.3 Malmpotential

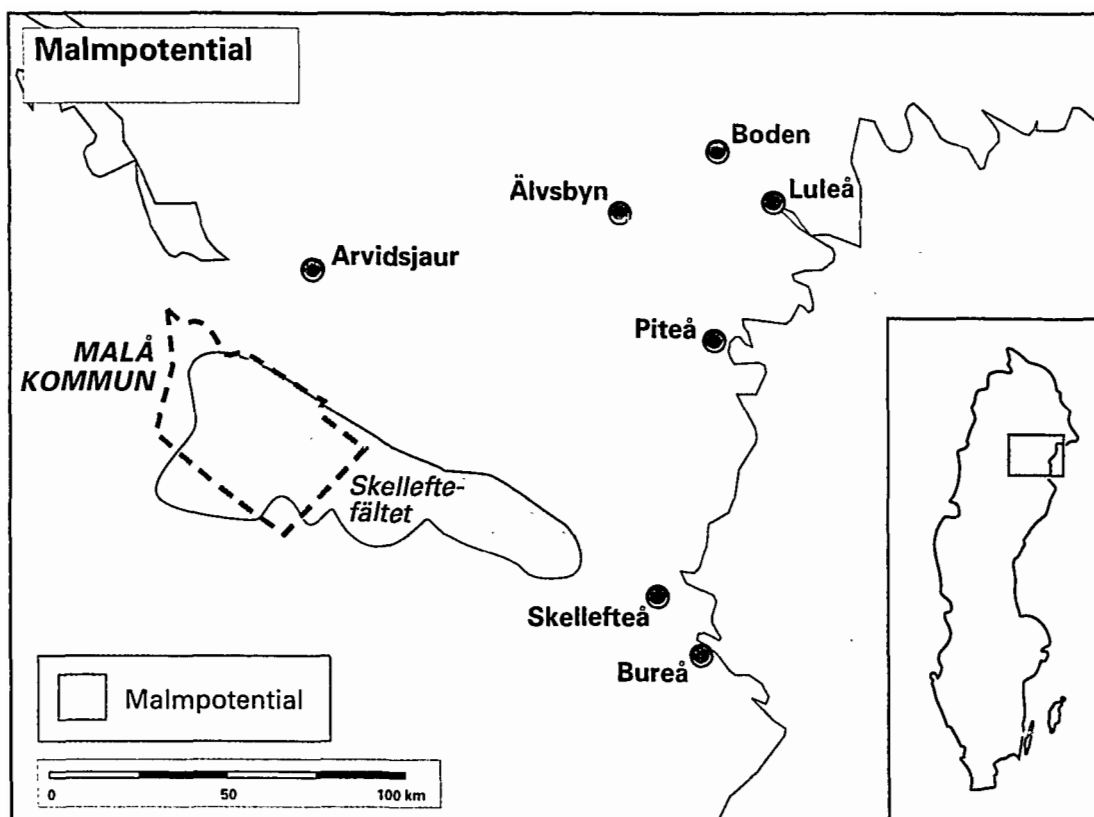
Områden med malmpotential bör undvikas vid en lokalisering av ett djupförvar eftersom ett djupförvar lokaliserat i närheten av en malm kan innebära följande:

- Ett djupförvar kan blockera brytning av malmförekomsten.
- Oavsiktlig intrång i ett djupförvar på grund av sökande efter malm kan ske i en framtid om kunskapen om djupförvarets existens då gått förlorad.
- Gruvbrytning kan förändra de hydrauliska och vattenkemiska förhållandena i ett närbeläget djupförvar.

Exempel från Malå kommun

Figur 3-12 visar en bild över malmpotentiella områden i Skelleftefältets malmprovins. I denna skala måste informationen starkt generaliseras.

Sett i en annan skala blir bilden mera nyanserad. Figur 3-13 visar malmpotentiella områden inom Malå kommun. Dessa områden är starkt knutna till förekomsten av vulkaniska ytbergarter. I flera av de stora graniterna saknas dock malmpotential



Figur 3-12. Karta över malmpotential i Skelleftefältet. Bearbetad efter 13-121.

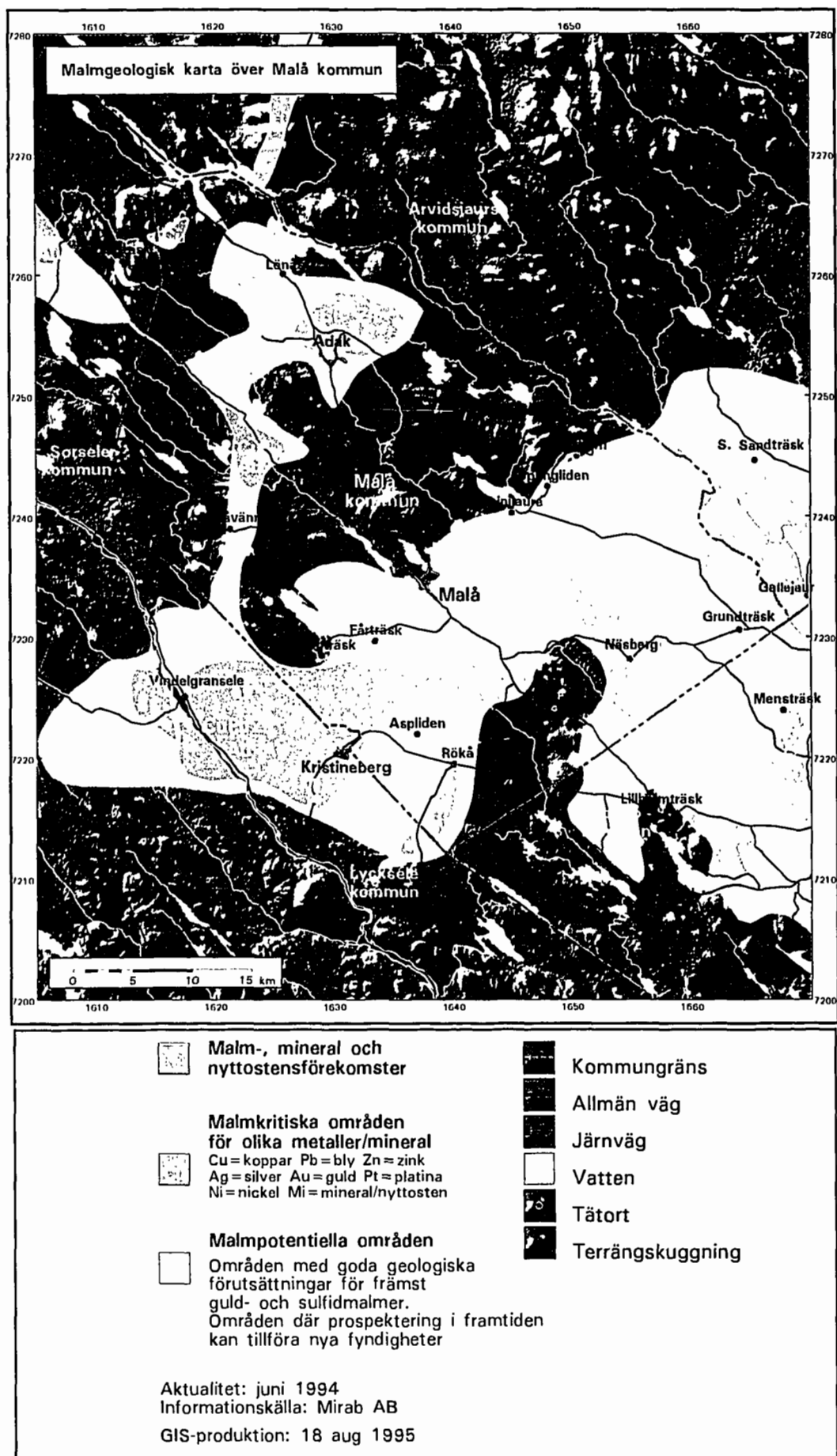
varför det förmodligen finns goda möjligheter att finna "malmfria" områden i kommunen.

Exemplet är en ytterligare illustration av att man för en given lokaliseringsfaktor kan få olika resultat för studier i olika skalor. Lämpligheten av en lokalisering kan därför inte fastslås förrän studier i mer lokala skalor genomförs, dvs i samband med förstudier och platsundersökningar.

3.4 SAMMANFATTANDE VÄRDERING

Hur kan SKB påstå att det inom stora delar av landet ur geovetenskaplig synvinkel finns områden som duger för en lokalisering, men samtidigt hävda att man måste bedöma lämpligheten för den långsiktiga säkerheten utifrån platsspecifika data?

Berggrunden uppvisar ej sällan en komplex struktur och de till berggrunden relaterade egenskaperna har ofta en stor variation, t o m inom begränsade volymer. I nationella och regionala inventeringar kan egenskapernas variation huvudsakligen kommenteras utifrån våra tidigare erfarenheter och dessa generaliseringar görs med hjälp av egenskapernas bedömda medelvärden. När det gäller skillnader i medelvärde för någon egenskap mellan olika berggrund, är denna skillnad ofta mycket mindre än egenskapernas variation inom ett enskilt område. Platsundersökningarna ger underlag till anläggningens anpassning till den faktiska geologiska



Figur 3-13. Malmgeologisk karta över Malå kommun. Bearbetad efter 13-131.

miljön och ger oss kunskap om den verkliga fördelningen i berget av de för den långsiktiga säkerheten viktiga egenskaperna.

Både SKB och granskande myndigheter är eniga om att tillstånd för djupförvaret ska bygga på platsspecifika data, där de verkliga fördelningarna från platsens egenskaper ingår i säkerhetsanalysen.

Sammantaget finns det både möjligheter och begränsningar i en nationell översiktsstudie.

Allmänna slutsatser är:

- **Om ett område är lämpligt eller ej, kan inte avgöras i en översiktsstudie; denna värdering behöver mer underlag. Lämpligheten bedöms i första hand i samband med förstudier och platsundersökningar.**
- **Översiktsstudien ger goda möjligheter att peka på faktorer som särskilt behöver tas upp i mer detaljerade studier.**
- **Översiktsstudierna ger möjligheter att bedöma områden som bör uteslutas från fortsatt lokalisering, eller områden som inte ska utgöra förstahandsval.**
- **Översiktsstudien ger en bakgrundsinformation, så att man kan sätta in platsvalet i ett regionalt och nationellt perspektiv.**

4 LÅNGSIKTIG RADIOLOGISK SÄKERHET – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA

Detta kapitel belyser i nationell skala olika faktorer som kan ha betydelse vid lokalisering av ett djupförvar, när det gäller den långsiktiga radiologiska säkerheten. I första hand är det geovetenskapliga faktorer som behandlas.

4.1 ALLMÄNT

Samhällets krav på hantering av avfallet är att skydda både denna generation och kommande generationer. Metoden för att uppnå detta krav är djup geologisk förvaring av avfallet, omgärdat av flera tekniska barriärer. Avsikten är att fullständigt isolera avfallet inom de tekniska barriärerna. Om dessa skadas, eller bryts ner, ska radionuklider i största möjliga utsträckning kvarhållas eller fördröjas av barriärerna eller i berget. Statens Strålskyddsinstitut anger /4-1/ att tillskott i stråldos till individer bland allmänheten ska understiga 0,1 milliSievert per år, vilket ungefär motsvarar en tiondel av den naturliga bakgrundsstrålningen. Den absolut viktigaste epoken med hänsyn till avfallets farlighet är de första 1000 åren. Under den tiden avklingar bl a fissionsprodukterna Cesium-137 och Strontium-90, vilka båda har en halveringstid på ca 30 år. Vidare har risken minskat för kraftig yttre bestrålning vid ett eventuellt intrång. Aktiviteten från de kvarvarande långlivade ämnena är dock tillräckligt stor för att motivera isolering från omgivningen under ytterligare tusentals år. För mycket långsiktigt skydd av miljön finns en kompletterande princip fastslagen, nämligen att radionuklider som förvaret eventuellt släpper ut inte ska leda till några betydande förändringar av strålningsmiljön.

För att visa att den geologiska djupförvaringen klarar dessa krav genomförs omfattande analyser av olika scenarier och hur dessa påverkar djupförvaret. Vissa av dessa scenarier skulle ha betydligt större påverkan på hela svenska samhället än den påverkan som ett djupförvar kan ha även under mycket pessimistiska antaganden. Ett sådant exempel är kommande istid, som får en genomgripande inverkan på framtida samhälle och natur.

En detaljerad analys av djupförvarets långsiktiga radiologiska säkerhet kräver, förutom trovärdiga modeller, också ett omfattande platsspecifikt dataunderlag, som endast erhålles efter fältmätningar. Värderingar i nationell skala av faktorer med avseende på den radiologiska långtidssäkerheten är därför inriktad på storskaliga processer och på data som i någon viss mening är väl representerade över hela landet. Dessa data är framförallt hämtade nära markytan och värderingarna bygger bl a på att de är representativa för de djup i berget där djupförvaret anläggs, ca 400-700 m under markytan, se också Kapitel 3.

4.2 BERGGRUNDEN

Detta avsnitt diskuterar intressant och mindre intressant berggrund för ett svenskt djupförvar. Avsnittet berör frågor som är knutna till långsiktig radiologisk säkerhet

men också frågor som anknyter till teknik, mark och miljö, faktorer som närmare diskuteras i Kapitel 5 och Kapitel 6.

Den svenska nationalatlasens geologiska band, *Berg och Jord*, /4-2/ dit läsaren hänvisas för fylligare beskrivningar, ger en utmärkt och överskådlig beskrivning av berggrunden i Sverige.

Berggrunden i den Baltiska urbergsskölden, dit huvuddelen av den svenska berggrunden hör kan indelas i olika provinser. Dessa är framförallt relaterade till berggrundens ålder och viktiga geologiska händelser.

De grundläggande kraven på berggrund för ett djupförvar är lämplig kemisk miljö, låg grundvattenströmning och mekanisk stabilitet. Dessa faktorer behandlas senare i detta kapitel.

Huvuddelen av genomförda undersökningar för ett djupförvar har koncentrerats till mer eller mindre omvandlad granitoid berggrund och till mycket omvandlad sedimentär berggrund. En stor datamängd om berggrunden på möjliga förvarsdjup har tidigare samlats in i samband med de s k typområdesundersökningarna, se Figur 2-3. SKB:s slutsats av undersökningarna var att det ur teknisk synpunkt kan finnas lämpliga platser i de flesta delarna av Sverige. De undersökningar av berggrunden som sker i Finland för ett motsvarande djupförvar sker i liknande berggrund /4-3/. Dessa studier visar också på den allmänna lämpligheten av urberget i den Baltiska skölden.

Den mycket schematiska berggrundsindelningen, som framgår ur Figur 4-1, visar att ca 65% av Sveriges berggrund är av allmänt intresse för fortsatta lokaliseringsstudier.

Det finns således goda möjligheter att finna lämpad berggrund i stort sett över hela Sverige. Genom att en vanligt förekommande berggrund väljs, innebär ett djupförvar i denna typ av berggrund ingen förhöjd risk för framtida intrång. Det innebär inte heller en blockering av unika naturresurser, som framtida generationer skulle vilja ta i anspråk.

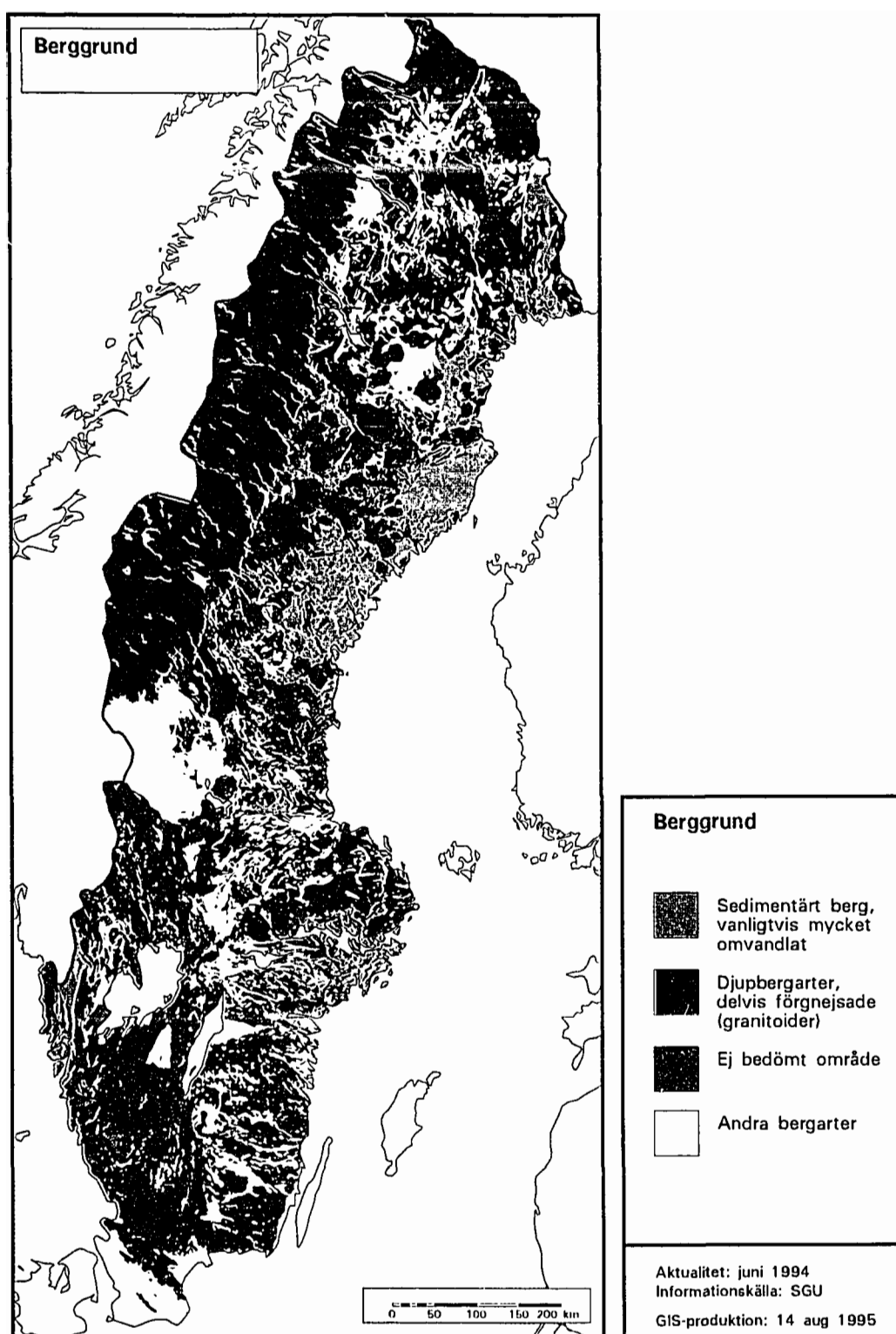
En annan bergart som också diskuterats i sammanhanget är bergarten gabbro. Gabbro är också en djupbergart, men med lägre halt av kisel-syra än de granitoida bergarterna. Gabbro är en tekniskt möjlig bergart som i sig har både för- och nackdelar ur förvarssynpunkt /4-4/. Det är sammantaget inte möjligt att i denna nationella skala finna några avgörande skillnader i lämplighet mellan gabbro och den granitoida/gnejsiga berggrunden. Förekomsten av stora gabbrokroppar i Sverige är dock relativt begränsad (2% av Sveriges landyta), Figur 4-2.

Det finns inte någon särskild anledning att söka sig till lokalisering i gabbro. I samband med en förstudie kan det dock i enstaka fall visa sig möjligt och lämpligt med lokalisering i en gabbro.

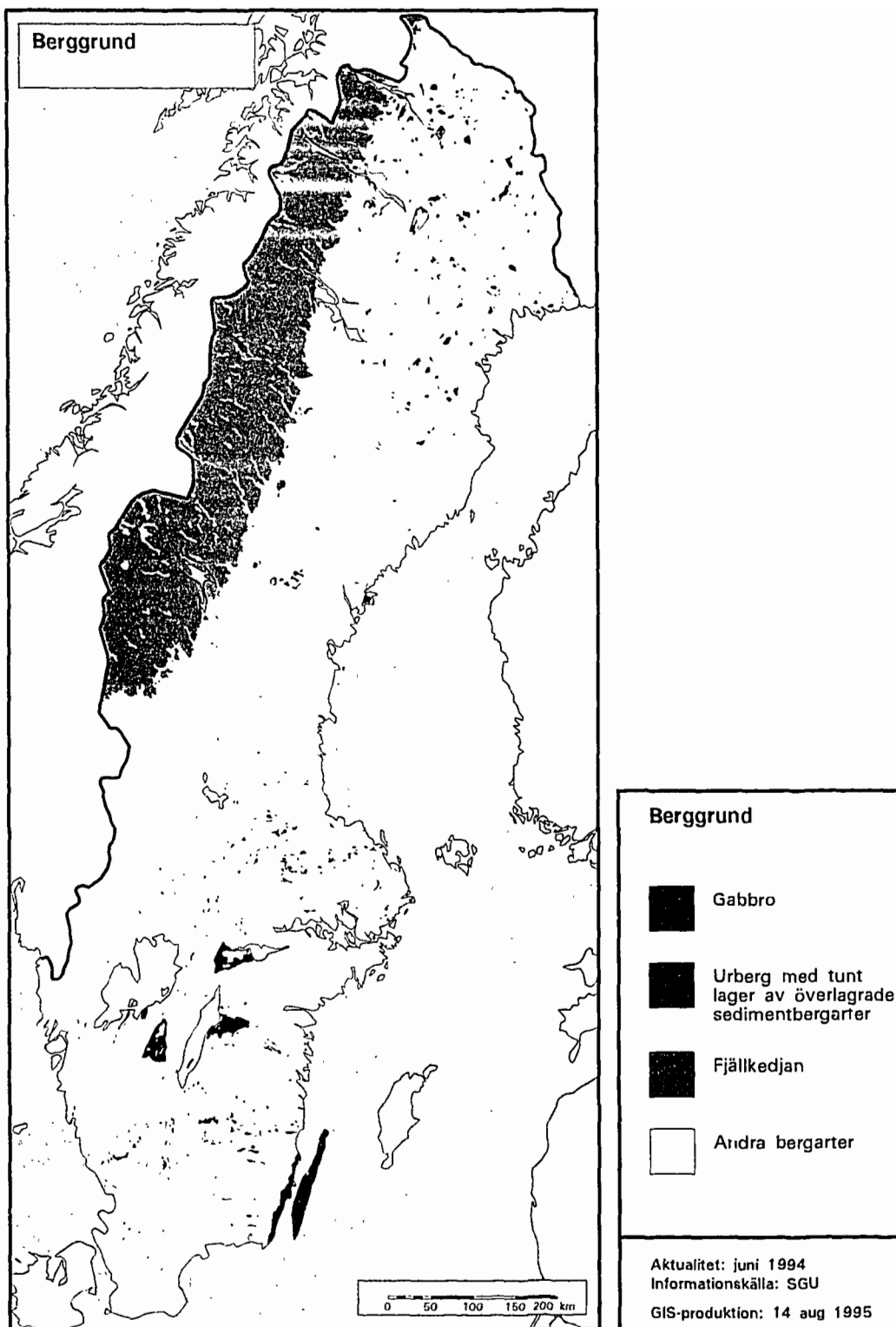
SKB söker sig till en lokalisering av djupförvaret till urberget. Figur 4-2 visar också några områden i Sverige, där urberget överlagras av sedimentär berggrund av tio-tals till några hundra meters täckning.

Följande hypotetiska exempel från östra Småland illustrerar möjligheten att lokalisera ett djupförvar i urberg som är övertäckt av sedimentär berggrund.

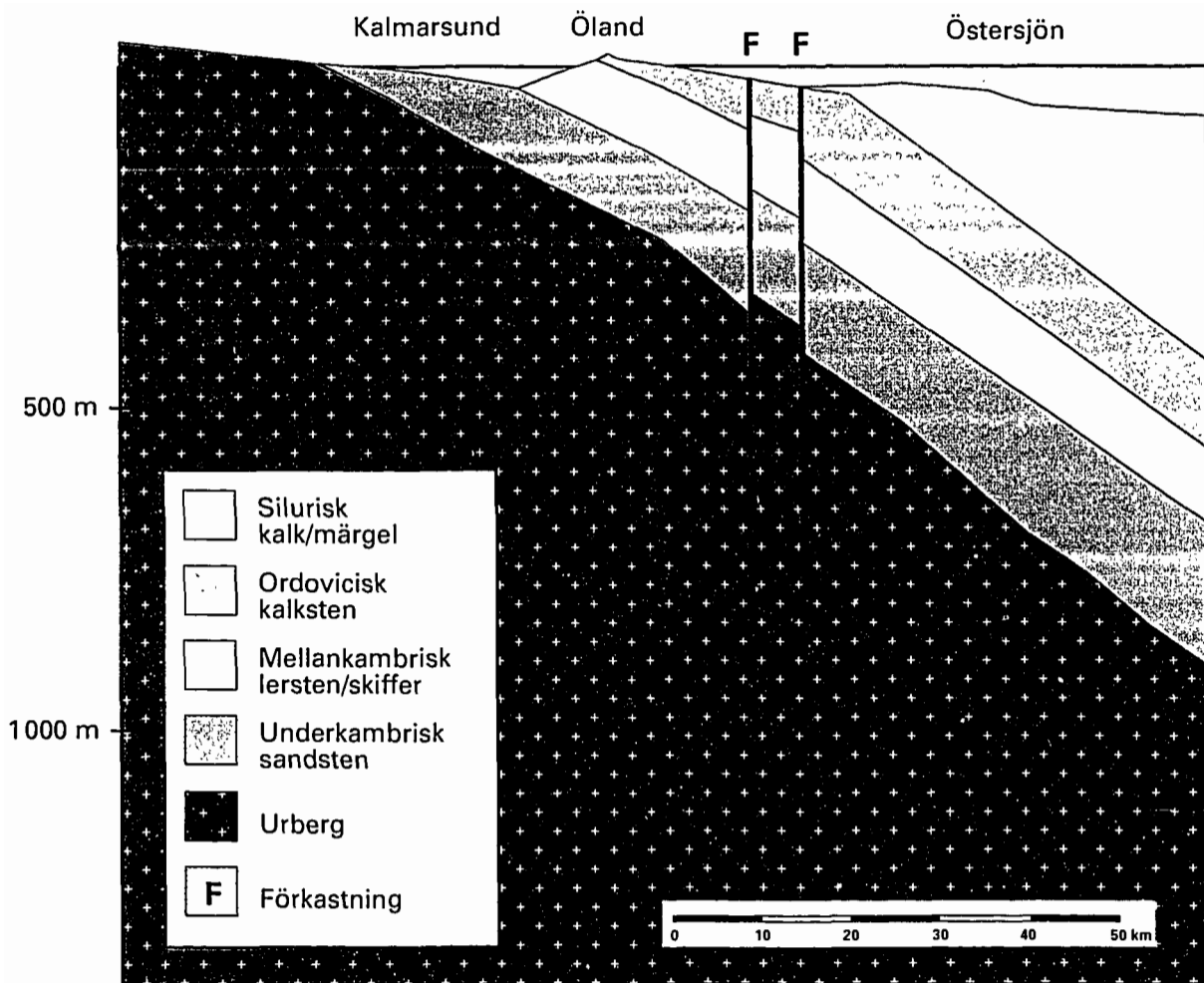
Figur 4-3 visar en profil från småländska höglandet, via södra Öland och vidare mot öster. Som synes ökar mäktigheten av sedimenttäcket mot öster. Observera att den vertikala skalan är kraftigt förstorad (50 ggr). I verkligheten är urberget och de sedimentära lagren i det närmaste horisontella. Mäktigheten av sedimenttäcket på Öland uppgår till ca 200 m.



Figur 4-1. Kartan visar berggrund (röd och blå färg) som är allmänt intressant för lokalisering av ett djupförvar. Den allmänt intressanta berggrunden består av granitoida bergarter med varierande omvandlingsgrad och äldre sedimentärt berg, vanligtvis med hög omvandlingsgrad. Bearbetad efter I4-21.



Figur 4-2. Karta som visar berggrund (grön och blå färg) som möjligen är intressant för lokalisering av ett djupförvar, men där speciella förhållanden råder. Kartan visar utbredning av gabbro och ställen där urberget överlagras av ett tunt lager sedimentärt ytberg. Även i det senare fallet skulle förvaret kunna förläggas till urberget. Bearbetad efter I4-21.



Figur 4-3. Öst-västlig profil genom östra Smålands sedimentberggrund. Bearbetad efter 14-61.

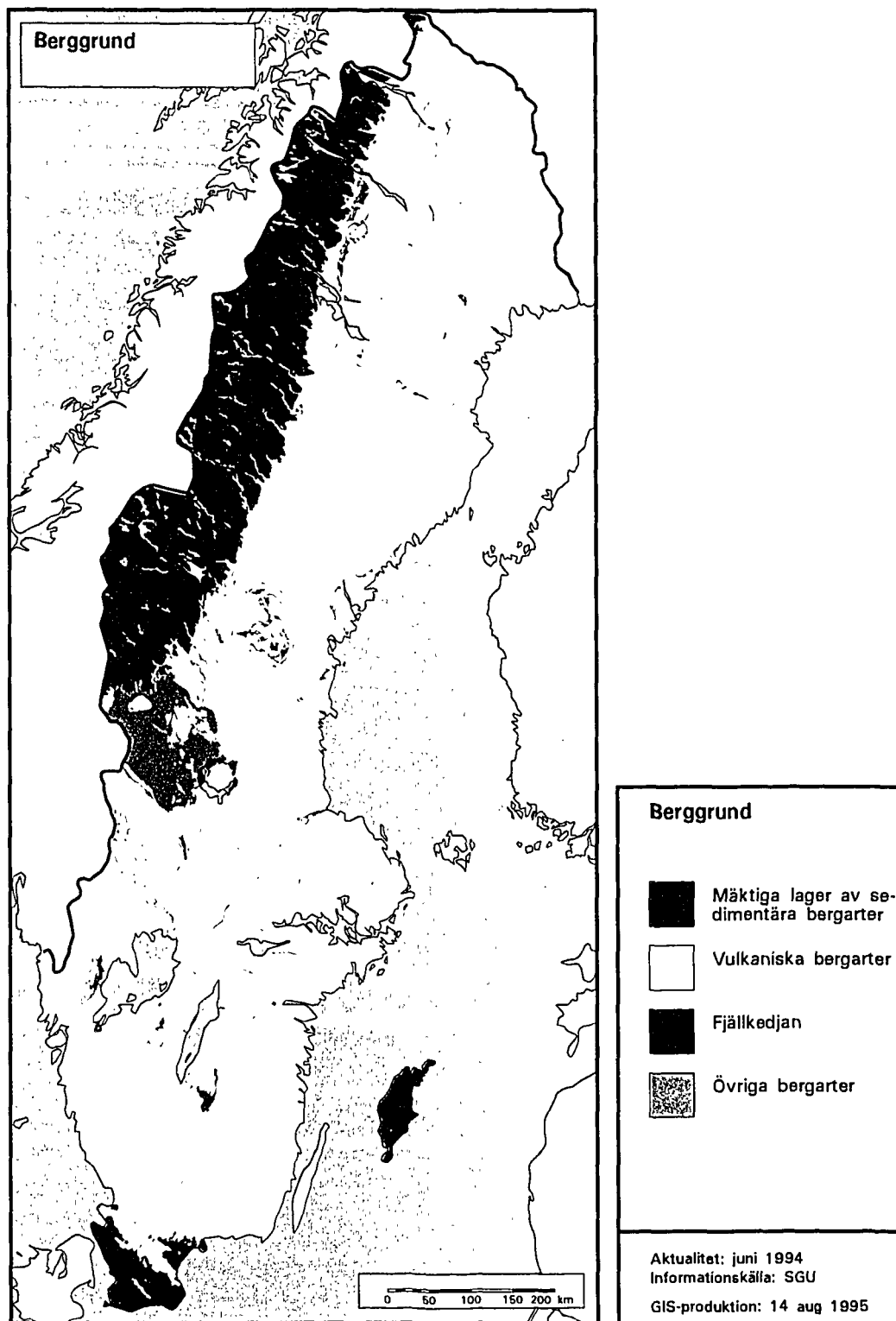
En sådan geologisk miljö kan erbjuda vissa fördelar /4-5/. Den viktigaste fördelen är att grundvattnet i det underliggande urberget förmodligen är mer eller mindre stagnant p g a av de låga drivande krafter som kan föra ner grundvattnet i urberget. En annan fördel är att det i denna geologiska miljö är relativt lätt att spåra de vertikala rörelser i berggrunden som skett i lagerföljderna sedan de sedimentära bergarterna avsattes för 570 - 440 miljoner år sedan. Därmed är det lättare att utforma djupförvaret så att möjliga rörelsezoner undviks.

Lokalisering av djupförvaret till urberget under sedimentära bergarter med ringa mäktighet är av möjligt intresse. Lämpligheten av en sådan lokalisering ska dock framförallt bedömas i förstudier.

Figur 4-4 slutligen, visar berggrund i nationell skala, som i allmänhet är mindre lämpad för lokalisering av ett djupförvar.

Fjällkedjan bildades för mellan 510 och 400 miljoner år sedan. Den består av stora berggrundssjok, s k skollor och flacka överskjutningar som skiljer dessa åt. Skollorna är komplext uppbyggda och framförallt bestående av sedimentära bergarter.

Skåne och Gotland är uppbyggda av sedimentära bergarter som inte är tekniskt lämpliga för djupförvaret. Dessa är vanligtvis mycket vattengenomsläppliga, med



Figur 4-4. Kartan visar berggrund (blå, gul och orange färg) som i allmänhet är mindre lämpad för vidare lokalisering, 32% av Sveriges landyta. Den omfattar berggrunden i fjällkedjan, Skåne och Gotland. Sura vulkaniter ingår i kartan därför att de kan vara malmförande. I figuren samredovisas sura vulkaniter och vulkaniter med begränsad utbredning (basiska, intermediära) samt diverse andra vulkaniter. Under gruppen Övrigt finns berggrund som är ovanlig.

lägre mekanisk hållfasthet än för den kristallina berggrunden. De innehåller också ofta högre halter av organiskt material, vilket inte är önskvärt med hänsyn till förvarets säkerhet.

Sura vulkaniter är bergarter med relativt hög kvartshalt, som bildats på markytan genom vulkaniska processer. I de svenska malmprovinserna Bergslagen, Kiruna, Malmberget och Skelleftefältet påträffas malmerna i de sura vulkaniterna eller i prekambriskas (mer än 570 miljoner år gamla) sedimentära bergarter. Med hänsyn till risk för intrång och möjlig blockering av framtida mineralutvinning är således dessa bergarter inte lämpade för en lokalisering av ett djupförvar.

I Figur 4-4 har även basiska vulkaniter, vulkaniter med intermediär surhet, Dalaporfyrier, -porfyriter och Venjansporfyrit, sammanlagrats med de sura vulkaniterna. Utbredningen av de basiska och intermediära vulkaniterna är starkt begränsad och deras lämplighet får utredas vid eventuella förstudier, om så skulle vara aktuellt. Under gruppen Övrigt i Figur 4-4 förs mer unika bergarter i Sverige.

Ovanliga bergarter eller berggrund som ökar möjlighet till oavsiktligt intrång pga prospektering av malm eller industrimineral ska undvikas. Härigenom erhålls möjliga fördelar ur säkerhetssynpunkt, samtidigt som hushållning sker med de naturresurser som finns.

4.3 KEMISK MILJÖ

Den kemiska miljön är viktig för de barriärer som isolerar avfallet eller fördröjer eventuella frigjorda radionuklider.

Den kemiska miljön bestäms till stor del av grundvattnets sammansättning. Sammansättningen i grundvattnet är ett resultat av blandning av vatten från ytligare och djupare delar av berggrunden i växelverkan med berggrundens mineral. Eftersom mineralsammansättningen är stabil är den kemiska miljön i berget i allmänhet stabil över långa tidsrymder.

Exempel på viktiga kemiska parametrar är löst syre och sulfid i grundvattnet.

I de mätningar som SKB genomfört i djupa borrhål har grundvattnet varit reducerande, vilket tyder på att berget har förmåga att reducera det syrerika grundvatten som sipprar ner i berget från marken. För att få låg korrosion av kopparkapseln är det också viktigt med låga sulfidhalter, vilket i allmänhet är fallet i det svenska grundvattnet.

Analysen av den kemiska miljön underlättas om mängden främmande ämnen som tillförs förvaret under bygge och drift begränsas. Mängden byggnadsmaterial i berget begränsas av att djupförvaret byggs i "bra berg" som kräver liten användning av betong- och stål förstärkningar och tätningsmaterial.

I schemat över lokaliseringsfaktorer, se Bilaga 3, redovisas olika kemiska processer som är betydelsefulla för att isolera avfallet, för att begränsa bränsleupplösning och fördröja nuklidtransport vid en eventuell kapselskada. Läsaren hänvisas till /1-2/ för utförligare redovisning.

I samband med exempelvis typområdesundersökningar, försök i fält och på laboratorier har det byggts upp en omfattande kunskap om vilka processer som är betydelsefulla, samt en relativt god kunskap om dataspannet för viktiga parametrar.

Baserat på närmare 900 provtagningspunkter i djupt grundvatten konstateras att de grundvattenkemiska förhållandena väntas vara gynnsamma på de flesta platser

som kan komma i fråga /4-7/. Praktiskt taget samtliga undersökta grundvatten har visat sig uppfylla ett viktigt kriterium, nämligen reducerande förhållanden.

SKB:s mätningar i djupa grundvatten, 50 - 1000 m, liksom mätningar i Finland och Kanada, visar att grundvattnet kan vara salt och ibland t o m med högre salthalter än i nuvarande Östersjön.

Både haltintervall och medianvärden är snarlika både i sött och salt grundvatten för pH, kalium, karbonater, järn, sulfid och organiska material. Endast för komponenterna klorid och kalcium förväntas det att haltvariationerna mellan olika platser är större än inom en plats.

Förändringar i fördelningen mellan sött och salt grundvatten kan förändras i kustnära områden i samband med den pågående landhöjningen och vid framtida glaciationer.

Det salta grundvattnet påverkar grundvattenströmningen i berggrunden. Det lättare, (söta) ytvattnet som sipprar in från markytan kan lägga sig som en kudde ovanpå det saltare, tyngre grundvattnet. Gränsskiktet mellan det söta och salta vattnet är normalt diffust, men kan vara av intresse för att tolka grundvattenomsättningen i området.

Salt grundvatten påverkar också förvarets kemiska miljö och funktion, men endast mycket höga salthalter, > 3% är av någon egentlig betydelse.

Det finns i detta sammanhang anledning att beröra begreppet Högsta Kustlinjen, som har varit av betydelse för huruvida grundvattnet är sött eller salt idag.

4.3.1 Högsta Kustlinjen

Den senaste istiden hade sin maximala utsträckning för 20 000 år sedan. Den upp till 3 km tjocka isen tryckte ned jordskorpan ca 800 m i förhållande till nuläget. Stor del av tillgängligt vatten var bundet i inlandsisar och världshaven stod därmed ca 120 m lägre än nu. När inlandsisarna smälte, höjde sig landet. Vissa delar blev belägna under dåtidens hav, andra delar av landet var alltid över havets högsta nivå. Den gräns som visar var landet alltid låg över havet benämns Högsta Kustlinjen, Figur 4-5. Högsta Kustlinjen, ligger olika högt i skilda delar av landet, beroende på hur stor nedpressningen var när friläggningen skedde och hur mycket havsytan hunnit höjas. Allra högst, 285 m ö h, ligger Högsta Kustlinjen vid Ångermanlandskusten.

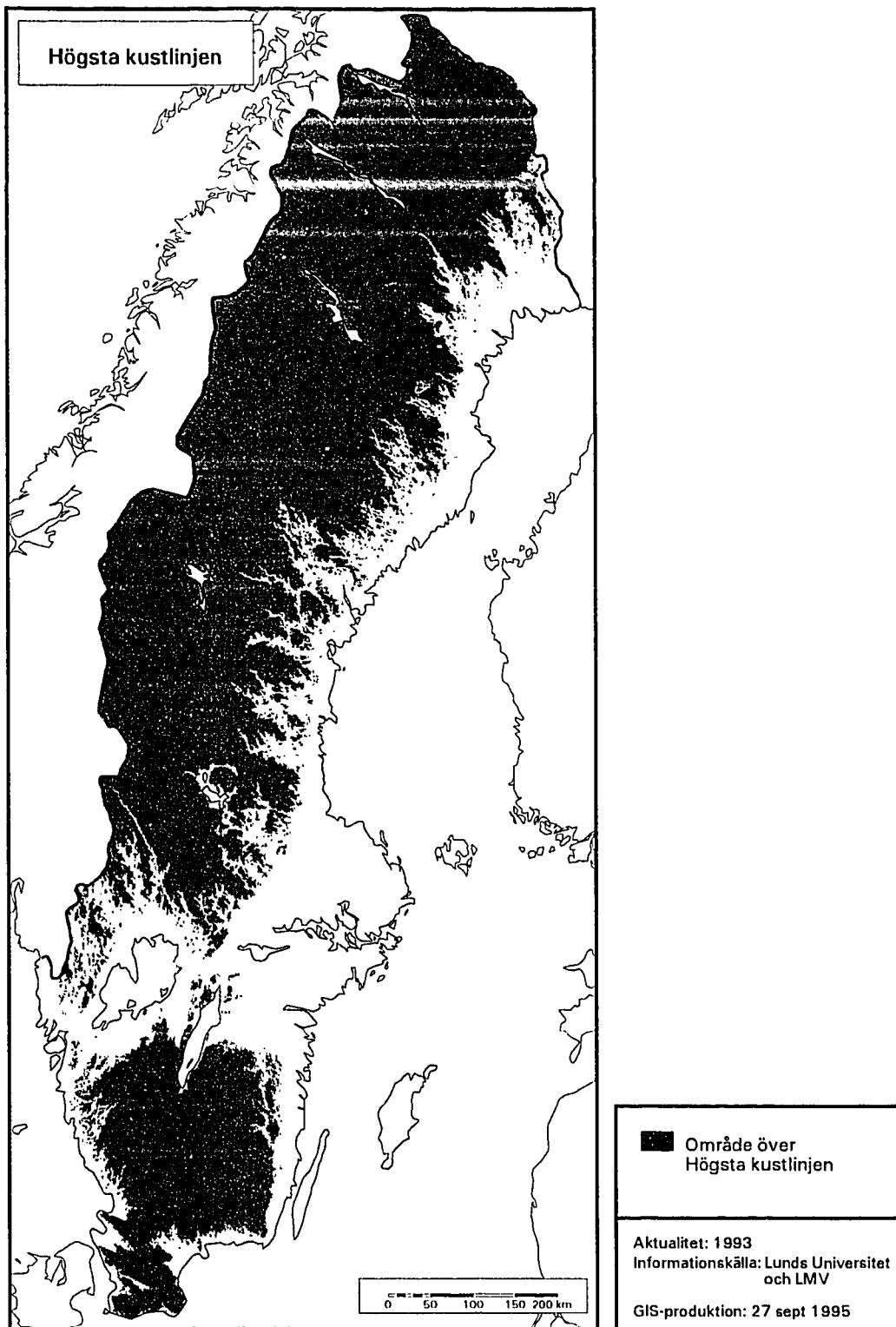
Landhöjningen och isavsmältningen har i ett komplicerat samspel bildat omväxlande issjöar och innanhav med omväxlande sött, bräckt och salt vatten. Den sista fasen, Litorinahavet, präglades av att havsvattnet var betydligt varmare och saltare än dagens Östersjön.

Detta förhållande har påverkat grundvattnets kemi såtillvida att t ex salt grundvatten påträffas i vattenförsörjningsbrunnar som ligger under Högsta Kustlinjen, /4-27/.

Placering av förvaret i områden över Högsta Kustlinjen innebär därmed med stor sannolikhet att förvaret förläggs i sött vatten. Om det läggs i områden under Högsta Kustlinjen, kommer förvaret möjligen att ligga i salt vatten.

Flera nya istider kommer att inträffa och det är inte möjligt att garantera att den nuvarande salta eller den söta grundvattenmiljön kommer att bestå över 1 000-tals år.

Läget av Högsta Kustlinjen utgör därför ingen gräns mellan lämpliga eller mindre lämpliga regioner i Sverige.



Figur 4-5. Kartan visar tidigare Högsta Kustlinjen, dvs områden som inte täckts av hav efter senaste istiden. Över Högsta Kustlinjen är grundvattnet i allmänhet sött. Läget av Högsta Kustlinjen är ingen gräns mellan lämpliga eller mindre lämpliga regioner.

4.4 LÅG GRUNDVATTENSTRÖMNING

Låg grundvattenströmning minskar möjligheten att via grundvattnet transportera kemiska ämnen som kan påverka barriärernas långsiktiga kemiska stabilitet. Låg grundvattenströmning minskar också möjligheten att lösa upp och transportera ut radionuklider från bränslet. I praktiken är det endast grundvattenströmning som i framtiden kan föra upp från avfallet lösta nuklider till markytan. Låg grundvattenströmning i berget är också en positiv faktor i samband med detaljundersökningar och utbyggnad av förvaret, eftersom det underlättar genomförandet av arbetena, se även Kapitel 5.

Låg grundvattenströmning förutsätter att de drivande krafterna är låga och/eller att bergets vattengenomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet) är låg.

4.4.1 Gradienter

Grundvattenströmningens storlek är produkten mellan gradient och konduktivitet. Genom att lägga avfallet djupt ner i berget minskar generellt de drivande krafterna, eftersom gradienten är omvänt proportionell mot djupet. I allmänhet erhålls låga gradienter där terrängen är plan. Ett alternativ är att lägga avfallet inom mycket flack terräng. Extremfallet är berggrunden under havet.

Figur 4-6 visar en förenklad bild av höjdskillnader i Sverige redovisad efter indelningen av topografiska kartblad i Sverige. Dessa höjdskillnader ger upphov till gradienter som på förvarsdjup ligger i storleksordningen 0,1 - 1% /1-5/. Variationen av gradienten är begränsad i förhållande till många andra faktorer som varierar över flera tio-potenser, t ex bergets hydrauliska konduktivitet.

Det finns därför inte skäl att utesluta regioner på grund av regionala skillnader i topografi.

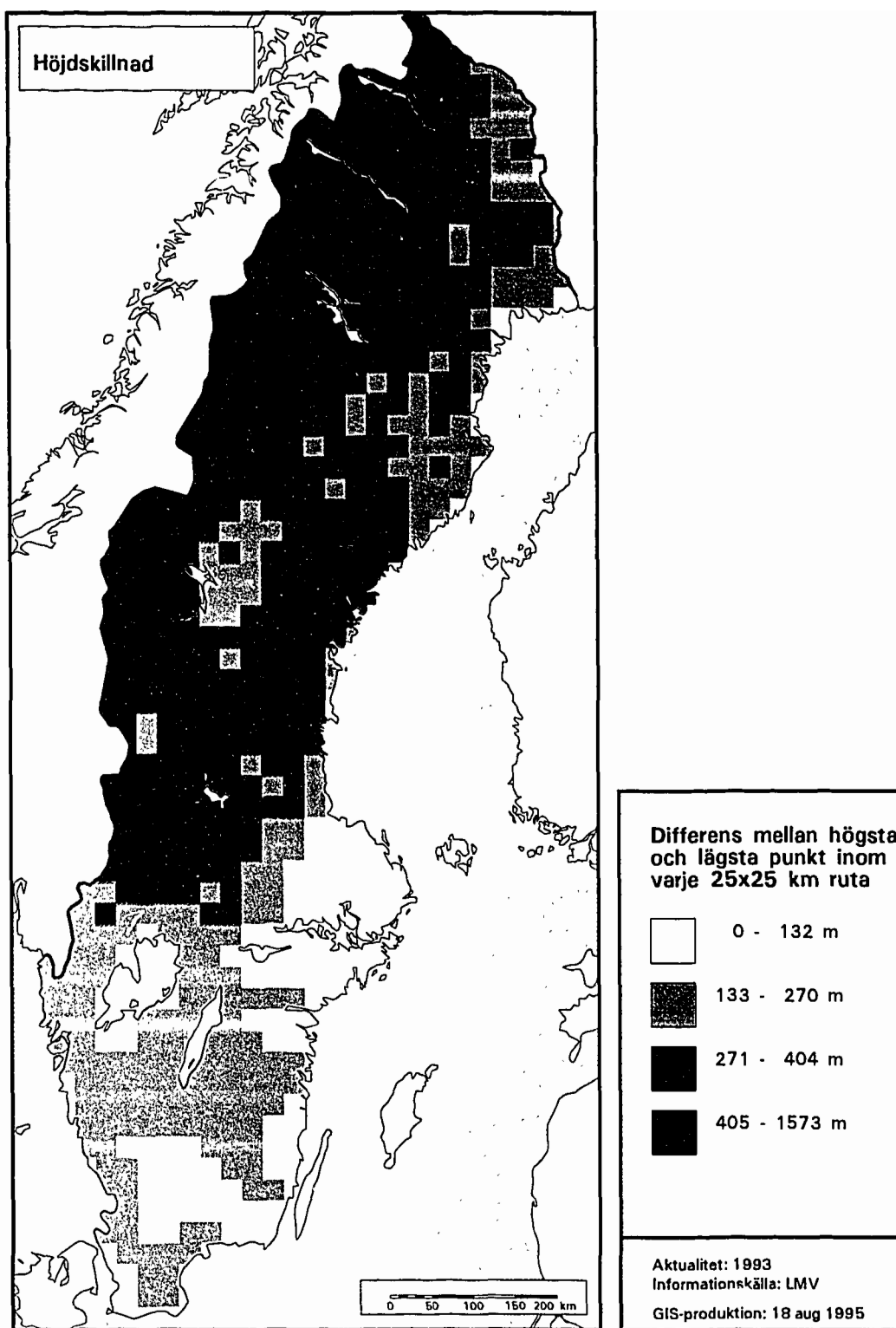
4.4.2 Bergets hydrauliska konduktivitet

Låg vattengenomsläpplighet i berget är en materialegenskap. Det är framförallt "felen" i berget, sprickor, krosszoner m m som bestämmer bergets genomsläpplighet. Det finns därför inga enkla samband mellan konduktivitet och bergartstyp. Erfarenheter från mätningar är att konduktiviteten kan variera med upp till ca åtta tiopotenser i storlek inom några meter och variationerna inom en bergart är ofta större än skillnaden mellan olika bergarters medelkonduktiviteter.

Inom ramen för de typområdesundersökningar som genomförts under 70- och 80-talet samlades en stor mängd data om bergets konduktivitet på stora djup i svensk berggrund. Dessa data är naturligtvis platsspecifika och är inte tillräckligt geografiskt spridda över riket för att i nationell skala bedöma konduktiviteten.

För denna översiktsstudie bedömdes det vara relevant att använda de data om berggrunden som kan hämtas från brunnsarkivet vid Sveriges Geologiska Undersökning. Data om läge, jorddjup, vattenmängdskapacitet med mera skickas till databasen från varje bergborrad brunn som anläggs. Basen innehåller f n data om ca 150 000 brunnar anlagda efter 1976.

Brunnar i sedimentbergarterna är i allmänhet mycket mer vattenförande än brunnar i urberget. Kambriska sandstenar i Närke, Västergötland och Östergötland ger 3 000 - 4 000 liter per timme; Skånes kritkalksten kan vanligen ge upp till 60 000 liter per timme. Inom urbergsprovinserna finns också lokala skillnader. I genomsnitt ger bergborrade brunnar mellan 600 och 6 000 liter per timme. Brunnar som borrar i större sprickzoner kan ge upp till 50 000 liter per timme. På Bjärehalvön



Figur 4-6. Bilden visar den maximala höjdskillnaden inom varje topografiskt kartblad. Klassgränserna är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Bearbetad efter Lantmäteriverkets digitala höjddatabas i 500 m punktavstånd.

och nordvästligaste delen av Hallandsåsen är urberget kraftigt uppsprucket och brunnar ger 20 000 - 40 000 liter per timme.

För att öka prognosvärdet av databasen har viss utsortering av brunnar skett. Endast brunnar som är borrade minst tio meter ner i berg har accepterats. Vidare har kravet varit att minst $\frac{3}{4}$ av brunnen är borrad i berg. Jorddjupet skall också vara mindre än 20 m. För de brunnar som återstår i databasen (124 228 st) har den s k "specifika brunnskapaciteten" ($\text{m}^3/\text{m},\text{s}$) beräknats. Denna erhålls genom att dividera vattenmängdskapaciteten vid brunnsboringen med brunnsdjupet. Som brunnsdjup har här ansatts antal meter berg i brunnen. Om kapaciteten enligt databasen är noll har den åsatts värdet 10 liter per timme.

För varje topografiskt kartblad redovisas medianvärdet av den specifika brunnskapaciteten som därefter klassindelats i de fyra kvartilerna så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta, se Figur 4-7.

Figuren antyder att berget i delar av Bohuslän, Dalsland, Östergötland, Södermanland, Hälsingland och Medelpad är områden med förhållandevis låga medianvärden för den specifika brunnskapaciteten. Figuren visar också att medianvärdena för de lägre klasserna är förhållandevis lika i storlek.

Eftersom berget är ett heterogent material är variationen mellan brunnskapacitet i enstaka brunnar stor, se vidare Kapitel 5.4.1. Detta innebär att det kan finnas brunnar med låg kapacitet i områden som i allmänhet har höga brunnskapaciteter och att det kan finnas brunnar med hög kapacitet i områden med i allmänhet låg brunnskapacitet.

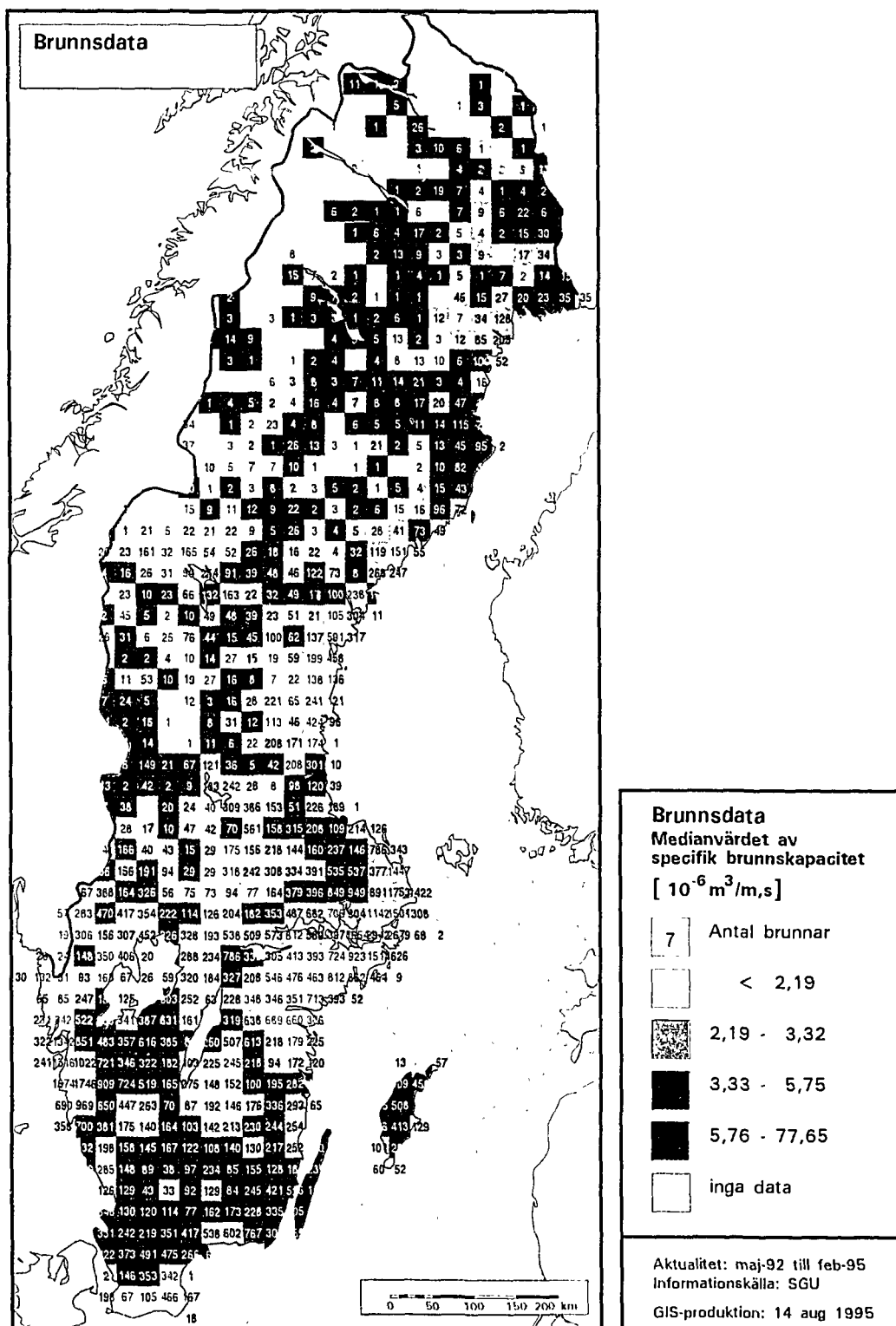
SKB har i olika omgångar analyserat brunnsdata för att korrelera exempelvis specifik brunnskapacitet med bergarter /4-8/. Fem län (Kalmar, Jönköping, Kronoberg, Älvsborg och Halland) studerades i detalj för korrelationsstudier mellan bergart och uttagsmöjlighet, baserat på brunnsarkivet. Vidare gjordes översiktliga studier i ytterligare tio län. Ingen bergart uppvisade konsekvent den lägsta eller ens låg specifik kapacitet. Mer basiska bergarter som (gabbro, diorit) uppvisade ofta relativt låg specifik kapacitet. Variationen, uttryckt som standardavvikelsen av specifika brunnskapaciteten, inom dessa bergarter är dock inte signifikant lägre.

Liknande slutsatser har framförts i /4-9/, där en variationsanalys av olika bergarter med avseende på brunnskapacitet inte påvisade signifikanta skillnader. Däremot erhöles en hög korrelation mellan de ingående bergarternas kieselsyrehalt och brunnskapacitet. En förklaring är att sura bergarters högre hydrauliska konduktivitet kan betingas av mindre tätande sprickmineraliseringar.

Sammanfattningsvis konstateras:

Brunnsdatabasen ger översiktliga värden om grundvattenströmning i bergets ytligare delar. Dessa delar är ofta starkt påverkade av sista istiden. Trots detta faktum och flera andra begränsningar i tolkningen av brunnsdatabasen dras följande allmänna slutsatser:

- **Regioner där brunnskapaciteten är låg kan ha många intressanta områden ifråga om låg grundvattenströmning i berggrunden.**
- **Regioner där brunnskapaciteten är hög i kristallin berggrund kan dock inte uteslutas, eftersom höga värden på brunnskapaciteten kan bero på lokal istidsinverkan i berggrundens övre delar. Variationerna är dessutom stora, vilket gör det möjligt att finna områden med låg grundvattenströmning i en region med allmän hög brunnskapacitet och vice versa.**



Figur 4-7. Bilden visar medianvärden av den specifika brunnskapaciteten. Siffran i varje topografisk ruta visar antalet brunnar som ingår i analysen. Klassgränserna är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta.

4.5 MEKANISK STABILITET

Bergets mekaniska stabilitet är av betydelse för den långsiktiga radiologiska säkerheten. Det är viktigt att förlägga bränslekapslar till sådana positioner i berggrunden att risken för att kapslarna skulle kunna skadas vid eventuella bergrörelser är liten.

Under hundratals miljoner år har stora krafter påverkat berggrunden: bergskedjebildning, kollisioner mellan kontinentalplattor, överlagring av kilometertjocka sediment och upprepade istider har successivt deformerat och brutit sönder berget. Läsaren hänvisas t ex till /4-10/ för en beskrivning av den Baltiska sköldens utveckling under de sista 1 200 000 000 åren. Största delen av förskjutningarna i berggrunden, har skett i redan existerande sprickor och zoner vilket konstaterats genom bl a geologiska och geokemiska studier. Om därför jordskalv, eller nya istider uppträder, sker eventuella förskjutningar mellan olika bergblock, företrädesvis i redan bildade svaghetszoner och sprickor.

Genom att vid förvarsutformningen undvika rörelsezoner reduceras osäkerheten för att de tekniska barriärerna skulle kunna skadas av bergrörelser. En viktig del i säkerhetsanalysen är ändå att bedöma konsekvenserna av skadad kapsel eller buffert.

I detta avsnitt diskuteras i nationell skala några faktorer såsom deformationszoner, lineament, istider, jordskalv och rörelser i berggrunden i samband med den senaste istiden.

4.5.1 Deformationszoner

Deformationszoner kan antingen vara en enstaka zon eller mer komplexa zoner där inbördes snävrare zoner bildar ett sammanhängande nätverk. Klassiska svenska exempel på komplexa zoner är t ex Tornqvistzonen, Mylonitzonen och Protoginzonen.

I Figur 4-8 visas en översiktlig bild av deformationszoner i Sverige /4-11/. Den baseras på Sveriges Geologiska Undersöknings översiktliga berggrundskartor, opublicerade sammanställningar på SGU samt kompletterande information från ett flertal kartblad i SGU:s Af- och Ai-serier m m.

De stora komplexa deformationszonerna kan betraktas som regionala avgränsare av tektoniska block. Lägen och utbredning av deformationszoner bygger på omfattande datainsamling och tolkning, se även avsnitt 3.3.1.

Nytolkningar kan innebära att sprickmönster kopplas ihop på annorlunda sätt, vilket kan göra att redan definierade zoner får en annan utsträckning eller att helt nya zoner tolkas.

SKB söker efter berg med stabil kemisk miljö, låg grundvattenströmning och mekanisk stabilitet. Att ett geologiskt område befinner sig i en deformationszon innebär inte att berggrunden i zonen eller i dess närhet behöver vara av låg kvalitet. Läget av deformationszonen påvisar istället stora rörelser i de, ofta mindre, zoner som ingår i de stora, komplexa deformationszonerna. Det illustreras av de erfarenheter som finns från ett flertal undermarksbyggen och undersökningar. Ett svenskt kraftföretag genomförde t ex i slutet av 60-talet borrhningar och undersökningar för ett energiprojekt strax söder om Alvesta. Området gränsar till Protoginzonen, men berget är av mycket god kvalitet och huvuddelen av de borrhkärnor som togs vid borrhning var sprickfria och fick brytas av för att kunna hanteras.

Även om berget kan vara av utomordentlig kvalitet i bergblock inne i en stor deformationszon, kan det dock generellt antas att det är större risk för stora

jordskalv med dynamiska effekter eller deformationer just i anslutning till dessa zoner p g a zonernas längd, se avsnitt 4.5.4.

Komplexa deformationszoner är av betydelse ur lokaliseringssynpunkt. De bör inte vara områden för ett förstahandsval, men områden som ligger vid eller nära deformationszoner kan dock inte avföras utan att fältstudier genomförts. Betydelsen av deformationszoner i närheten av ett förvar måste beaktas och utredas i samband med förstudier och platsundersökningar.

4.5.2 Lineament

SKB har i olika sammanhang genomfört lineamentstudier över Sverige. På uppdrag av SKB har Sveriges Geologiska Undersökning genomfört en lineamenttolkning baserad på Lantmäteriverkets reliefkarta i skala 1:2 000 000, se Figur 4-9. Endast ett urval av mer framträdande linjer som ensamma eller kombinerade med andra har en längd överskridande 30 km har medtagits.

Lineamentkartor är inte tillräckligt underlag för att i den nationella skalan framhålla eller utesluta områden i Sverige. I den lokala skalan sker förvarsutformning så att förvaret undviker zoner som skulle kunna skada barriärerna i samband med rörelser i berggrunden.

4.5.3 Istider

Under de senaste årmiljonerna har ett istäckt Sverige varit normaltillståndet /4-12/. Den förhållandevis varma period vi lever i nu kommer med stor sannolikhet, liksom tidigare, att övergå i en ny istid. Detta får naturligtvis stora konsekvenser för samhället. Stora befolkningsflyttningar kan förutses. Allt vad som byggs upp under några tusen år kommer att begravas i is och grus. Mycket kommer sedan att spolats ut i havet i samband med isavsmältningen. Istiden kommer också att påverka berggrunden, då framförallt i de översta hundra meterna. Efter isavsmältning är det möjligt att människor åter flyttar in. Samhällets krav är att förvaret ska vara säkert även för dessa generationer /4-1/.

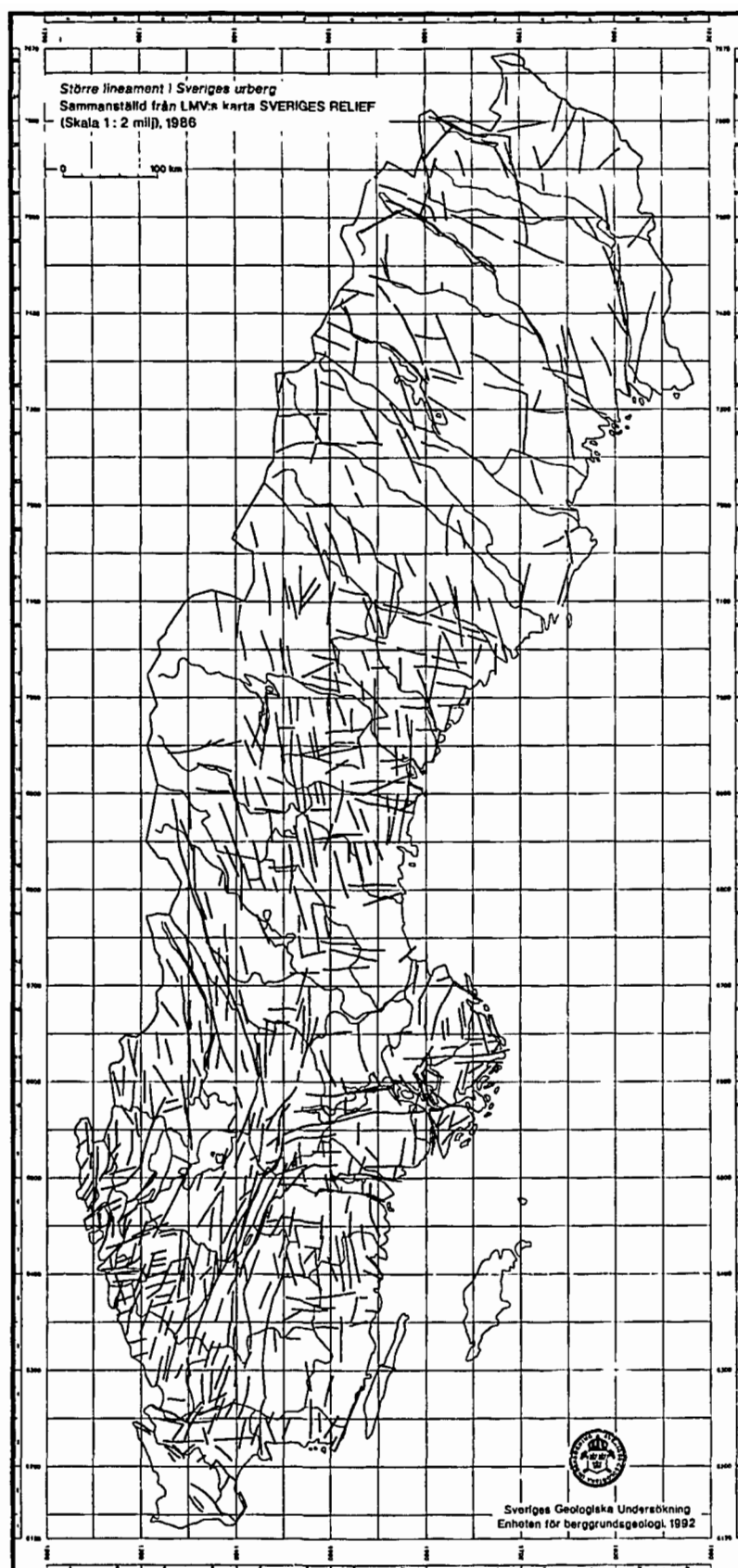
Hur ser då det framtida klimatet ut? Milankovich-teorin innebär att klimatet varierar i takt med cykliska variationer i jordens rörelse i förhållande till solen med perioderna 100 000 år, 41 000 år och 21 000 år. Teorin är naturligtvis ej fullständigt bevisad, men är f n accepterad av stora delar av vetenskapsvärlden.

Om man utgår från att Milankovich teori är riktig skulle man kunna illustrera effekten av klimatvariationerna med denna teori som grund.

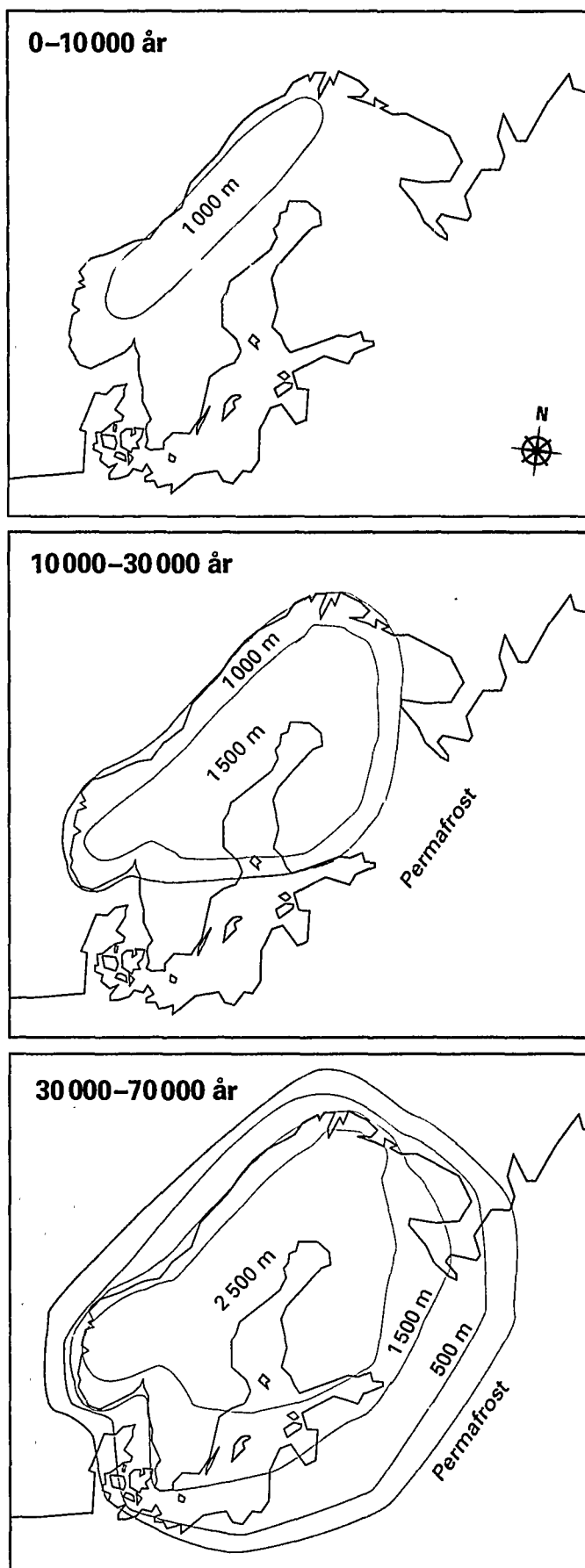
Ett exempel är här redovisat för Stockholms bedömda klimat under drygt ca 130 000 år, Figur 4-10. De angivna tidpunkterna är inte exakta, men detta påverkar egentligen inte slutsatserna.

0 - 10 000 år. Klimatet i Skandinavien blir gradvis kallare. Ett istäcke kommer att uppstå i fjällkedjan med maximal utsträckning om ca 5 000 år. Jordskorpan under istäcket trycks ned ca 300 meter. Stockholm är inte istäckt men har ett mycket kallt klimat med ständig tjäle. Havsnivån kommer att sjunka mellan 5 och 50 meter.

10 000 - 30 000 år. Efter en kortvarig något varmare, period kommer en ny istid med maximum om ca 20 000 år. Isen är på det tjockaste stället 1 500 meter. När isarna är som störst kommer istäcket att nå Mälardalen. I Stockholmsområdet är isen ca 800 m tjock vilket trycker ner jordskorpan i området ca 60 meter innan isen drar sig tillbaka.



Figur 4-9. Större lineament i Sveriges urberg. Efter 14-III. Betydelsen av lineament nära förvar utreds i förstudier och platsundersökningar.



Figur 4-10. Istäckets utbredning under kommande istider. Dagens kustlinjer har bibehållits som referens, trots att de kommer att förändras p g a variationer i havsnivån. Bearbetad efter [4-13]. Lokaliseringen bör inte ta hänsyn till regionala skillnader över var framtida nedisningar sker.

30 000 - 50 000 år. En mellanperiod med torrt och kallt klimat som liknar det på dagens Grönland. Landhöjningen lyfter Stockholm ca 50 meter och havsnivån ligger ca 50 meter under dagens nivå.

50 000 - 70 000 år. Den kraftigaste istiden med sitt maximum om ca 60 000 år. Hela Skandinavien kommer att vara istäckt. Istäcket över Stockholm är ca 2 500 meter vilket trycker ner vad som är kvar av staden ca 600 meter. När isen så småningom smälter kommer havets nivå att stiga 100 meter över dagens nivå.

70 000 - 80 000 år. Perioden blir varmare. Stockholm har ett klimat som motsvarar dagens i norra Sverige. Landhöjningen återställer markytan till nuvarande nivåer. Havet har samma nivå som idag.

80 000 - 120 000 år. Klimatet blir återigen kallare med ett maximum om ca 100 000 år. Istäcket kommer att vara mycket utbrett.

120 000 - 130 000 år. En varm period med ett klimat som påminner om dagens.

Flera effekter i berggrunden kan påräknas vid en istid, framförallt i de översta hundra meterna. Genom att lägga djupförvaret på ca 500 m djup undviks dessa yteffekter.

Det finns även studier som påvisar ökad jordsskalvsaktivitet och stora rörelser i berggrunden (tiotals meter) i samband med avsmältningen. SKB har genomfört omfattande studier av detta i norra Sverige, se t ex /4-14/ som visar att rörelser i berggrunden har reaktiverat gamla svaghetszoner. Det finns också forskare /4-15/ som hävdar att dessa post-glaciala rörelser är betydligt mer omfattande än vad som tidigare antagits. Slutsatserna bygger på tolkningar och metodik som är omtvistade, vilket också framgår bl a av ett expertmöte som samlades 1991 för att just studera post-glaciala förkastningar /4-16/.

Hur kommer ett djupförvar att fungera under en kommande nedisning? Vilka krav ska ställas?

Under en nedisning finns det knappast några människor i området och markutnyttjandet är radikalt annorlunda. Inget intrång kan förutses. Grundvattnet är antingen fruset eller stagnant. Under avsmältningsfasen däremot kan en omfattande grundvattenomsättning ske. Effekterna av detta skall belysas i säkerhetsanalyserna /4-1/.

Sett i det geologiska tidsperspektivet synes ett tillslutet djupförvar på 500 meters djup vara en bättre förvarsmetod än "övervakad lagring", då speciellt som det finns indikationer på historiska klimatvariationer med radikalt ändrat klimat inom en generation.

Som framgår ur Figur 4-10 kan man förvänta regionala skillnader över var framtida nedisningar sker.

En istid kan innebära såväl fördelar som nackdelar ur säkerhetssynpunkt. Djupförvaret kommer att utformas så att det ger fullgod säkerhet för vald plats och hänsyn tas till effekter av istiden vid förvarsutformningen. Det är inte rimligt att låta lokaliseringen styras till en viss del av Sverige för att ta hänsyn till utbredning av kommande nedisningar.

4.5.4 Jordskalv

Ett jordskalv, eller en jordbävning är en förskjutning, eller brott som vanligtvis sker djupt nere i jordskorpan. Spänningsavlastningen ger upphov till dynamiska effekter som för starka skalv kan uppfattas på markytan som ljud, rörelser eller uppsprickning.

Jordskalv som ger en förkastning just vid kapselläget skulle möjligtvis kunna skada kapslarna. Jordskalv skulle också möjligtvis kunna ge upphov till ny sprickbildning som ökar grundvattenströmning, eller påverkar den kemiska miljön. I samband med spänningsavlastningen skulle det också kunna vara tänkbart att rörelser inträffar som minskar den mekaniska samverkan mellan barriärerna.

Det är först under detta sekel som grundläggande förståelse om jordskalv byggts upp. Det moderna instrumentet för att kunna registrera jordskalv, seismografen utvecklades i slutet av 1800-talet. Det var bl a lokalisering av jordskalv som hjälpte till vid framväxten av teorin om platttektoniken. Analys av mätningar gör det möjligt att bl a bestämma läget av skalven, på vilket djup de sker, hur stor energi som utlöses och hur brottytorna har rört sig relativt varandra och dess orientering. Mätresultaten kan även användas för att bestämma vilken riktning spänningen har vid skalvet.

Figur 4-11 visar hur skalven är fördelade över delar av norra halvklotet.

I samband med energiutlösningarna inträffar ett flertal fenomen:

- Seismiska vågor sprids. Dessa ger upphov till dynamiska förlopp på marken och i havet (tsunamis) för skalv under havet.
- Förskjutningar sker i förkastningsytan från några millimeter upp till flera meter (beroende på skalvets storlek).
- Spänningarna mellan blocken på ömse sidor av förkastningsytan minskar.
- Grundvattentryck och -flöden kan förändras. I samband därmed kan grundvattekemi och jordgassammansättning tillfälligtvis förändras.

Jordskalv ger upphov till dynamiska förlopp, särskilt i markytan. De seismiska konsekvenserna är dock alltid mindre nere i berget än uppe på markytan, eftersom de seismiska rörelserna är betydligt lägre i berget än på markytan. Ur seismisk synpunkt är således undermarksanläggningar betydligt säkrare än ovanjordsanläggningar. Det finns många exempel på stora jordskalv, som jordskalvet i Alaska 1964, där inga undermarksanläggningar skadades, men där förödelsen på markytan blev extrem, se vidare sammanställningarna i /4-18/.

Storleken av den förskjutning som sker och den aktiva förkastningslängden är relaterad till jordskalvets styrka, magnitud. För Fennoskandia motsvaras sålunda ett normalstort skalv (magnitud 2-3 på den regionala skalan) av en medelförskjutning på ca en halv millimeter över en längd av ca 1 km; motsvarande siffror för ett större fennoskandiskt skalv (magnitud 5) är 1 cm resp 2 km /4-19/.

För stora, globala jordbävningar motsvaras ett magnitud 8 skalv av en maximal brottytelängd av över 150 km /4-20/. Den observerade förskjutningen uppgår till mer än 10 m för de största jordbävningarna, t ex det ovannämnda Alaskaskalvet 1964.

Genom att gå igenom historiska dokument som gamla skrifter, tidningar från 1600-talet och framåt har seismologerna till viss del samlat kunskap om stora jordskalv under historisk tid. Den skandinaviska jordskalvskatalogen börjar med ett skalv som inträffade år 1375 i Danmark.

Studier av jordarter kan också påvisa historiska skalv (paleoseismicitet); exempel finns bl a från Sverige där studier av den avsmältning som skedde för ca 8000 - 10 000 år sedan visat på kraftiga jordskalv, med magnituden större än 8, i Sveriges norra delar.

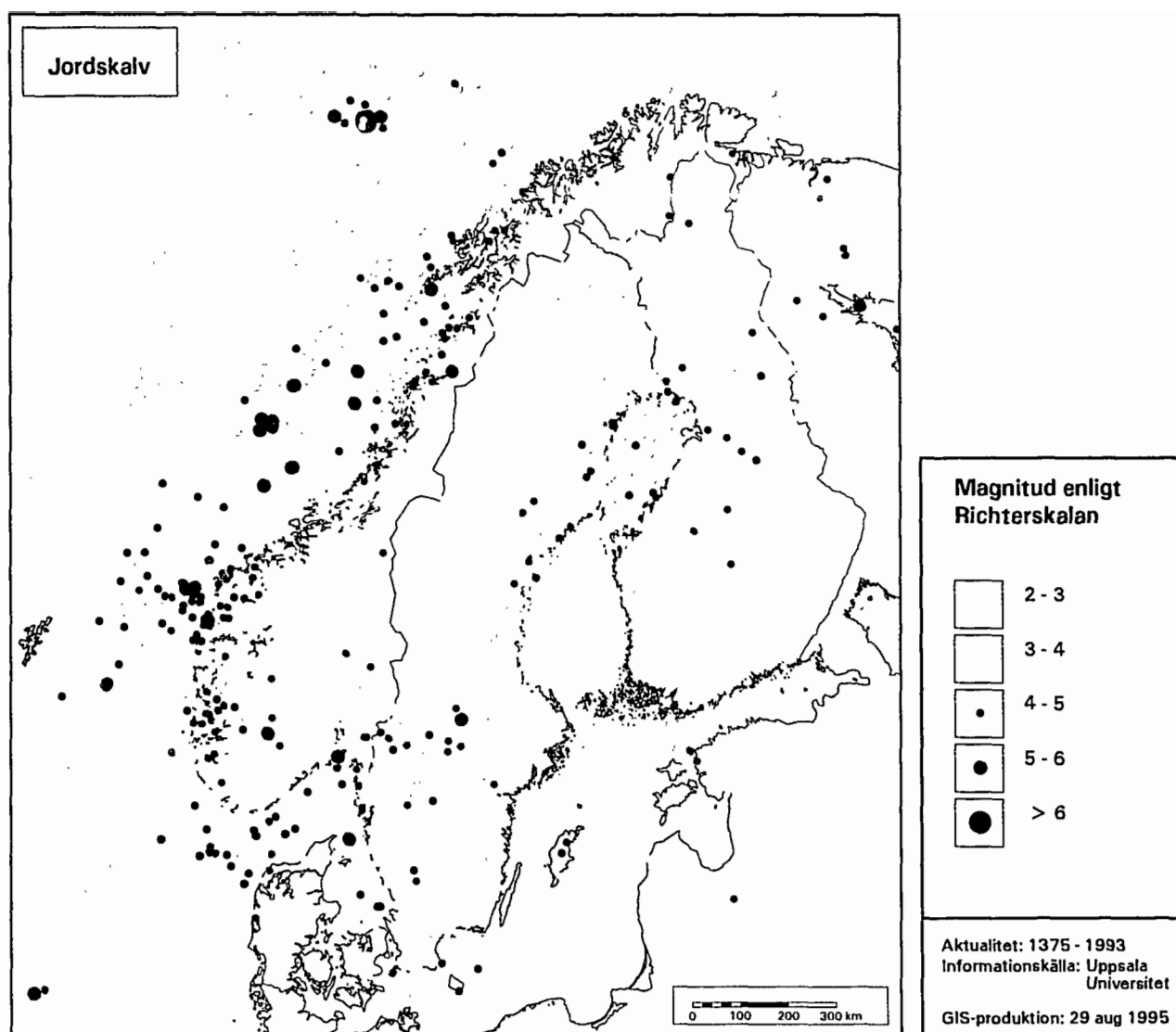


Figur 4-11. Läge av jordskalv som registrerats mellan 1979 och 1988. Efter /4-17/.

Det starkaste skallet i modern tid i Skandinavien härrör från Oslo 1904 med magnituden 5,4 på den lokala svenska magnitudskalan /4-21/. Jordskalv under magnituden 1 kan under speciella förhållanden registreras; normalt registreras jordskalv ner till ca magnituden 2. Som framgår ur Figur 4-11 är jordskalven i Sverige få. I Sverige inträffar ca 10 skalv per år med denna magnitud eller större. Figur 4-12 visar den geografiska fördelningen av skalv i Sveriges närhet under tiden 1375 - 1993 för magnitud större än 2.

I Sverige är jordskalven företrädesvis samlade längs ett band från väst-Sverige och upp mot Norrlandskusten.

Jordskalven i Sverige sker företrädesvis på djupen 5-25 km, med stora variationer, dvs vanligen på mycket större djup än ett djupförvar. Enstaka skalv finns på mindre djup, /4-23/. Ett undantag är de gruvskalv som förekommer vid gruvor med aktiv drift i samband med spänningsomfördelning i berget. Skador på undermarksan-



Figur 4-12. Lägen av jordskalv med magnitud större än 2 under åren 1375 - 1993. Bearbetad efter [4-21, 4-22]. Den geografiska fördelningen av skalven är inte grund för att ge regioner företräde eller för att utesluta regioner vid lokaliseringen.

läggningar är sällsynta och av underordnad betydelse i förhållande till skadeverkningar i markytan.

Effekterna av jordskalv på ett djupförvar bedöms vara små, eftersom kapslar avses placeras i berg av god kvalitet och man undviker de stora strukturer där jordskalv och förskjutningar företrädesvis sker. Förändringar i flödesmönster och grundvattekemi kan påräknas kortsiktigt om skalv inträffar nära förvaret, men förändrar i grunden inte bergets isolerande och/eller fördröjande förmåga.

Liksom i andra områden med få och små skalv långt från plattgränser är orsakerna till skalven inte tydligt utredda. För jordskalv i Sverige finns det två huvudsakliga processer som förs fram. Den ena är den pågående landhöjningen efter den senaste nedisningen. Den andra är platttektoniken med spänningstransport från den Nordatlantiska ryggen och det är troligt att båda processerna har betydelse.

Nuvarande statistik över jordskalv är insamlad över en kort tidsrymd, både i det geologiska tidsperspektivet bakåt och tidsperspektivet framåt, för djupförvaret. Jordskalvens läge i Sverige kan mycket väl flytta sig i framtiden. Dagens utbredning av jordskalv utgör därför ingen grund för att ge regioner företräde eller att utesluta regioner vid lokalisering av djupförvaret.

I den lokala skalan är det däremot viktigt att undvika zoner där möjliga framtida rörelser skulle kunna ske. Om man är orolig för att jordskalv skulle kunna skada avfallet – då är det säkrast att bygga ett underjordsförvar i berg med god kvalitet och försluta det. Ett väl utformat djupförvar erbjuder goda möjligheter att skydda människor och natur från spridning av kärnavfallet på grund av seismiska risker.

4.5.5 Post-glaciala förkastningar

Med post-glaciala förkastningar förstås distinkta, permanenta förskjutningar i berggrunden som har skett efter eller i anslutning till sista istiden.

Under 70-talet identifierades för första gången s k post-glaciala förkastningar i Sverige. Det påvisades att rörelser har skett i befintliga zoner, i samband med isavsmältningen vid sista istiden. Rörelserna har ställvis varit mer än 10 m och de har skett över flera tiotal km långa sträckor.

De post-glaciala rörelsezonerna som med säkerhet har identifierats finns f n företrädesvis lokaliserade till Nordkalotten, Figur 4-13.

Vid utvärderingen av den post-glaciala rörelsezonerna i Lansjärv /4-14/ menade de deltagande forskarna att kombinationen av platt-tektioniska krafter, zonernas riktning i förhållande till dessa och en snabb isavsmältning underlättat de post-glaciala rörelserna i Nordkalotten.

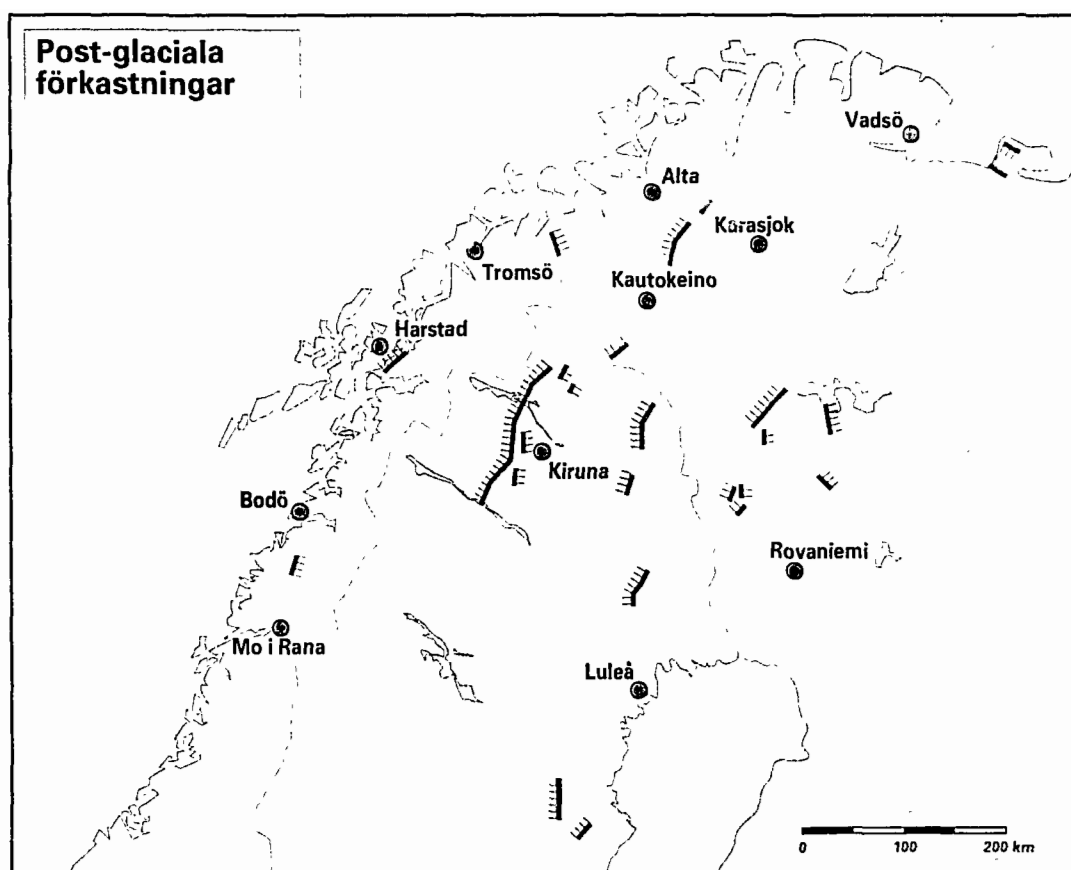
Vid bergundersökningarna för djupförvaret lokaliseras bergets möjliga rörelsezonerna. Regionala zoner med bredder från 50-100 m identifieras tidigt i undersökningarna och efter mer omfattande platsundersökningar identifieras zoner av storleksordningen 5-50 m. Identifiering av lägen och karaktär av smalare zoner kan ske i anslutning till detaljundersökningarna för ett djupförvar. SKB:s utformningsfilosofi är att se alla, framförallt uthålliga zoner, som möjliga rörelsezonerna som ska undvikas vid förvarsutformning och kapselplacering.

Den skillnad som finns i observerad frekvens av post-glaciala förkastningar mellan södra och norra Sverige är inte grund för att ge vissa regioner företräde eller utesluta vissa regioner.

4.6 INTRÅNG

När ett djupförvar är förslutet – hur ska man veta att förvaret finns där, så att oavsiktliga intrång undviks? Inom ramen för Nordiska Rådets kärnsäkerhetsprogram har projekt genomförts för att upprätta genomtänkta rutiner hur sådan information ska bevaras för framtiden, /4-25/. Man kan dock inte med säkerhet veta att kommande generationer kan bevara informationen om vad som förvaras, hur förvaret är byggt eller var förvaret är beläget. Lokalisering av djupförvar ska dock ske så att kommande generationer inte i onödan riskerar oavsiktliga intrång 400 - 700 m ner i berget.

En viktig utgångspunkt i detta sammanhang är att välja en plats som till sina förhållanden inte är unik. Bergarten ska vara vanligt förekommande och inte vara intressant för prospektering av malm, industrimineral eller grundvatten. Risk för



Figur 4-13. Lägen av post-glaciala förkastningar i norra Europa. Bearbetad efter [4-24]. Den skillnad som finns i observerad frekvens av post-glaciala förkastningar mellan södra och norra Sverige är inte grund för att framhålla eller utesluta regioner vid lokaliseringen.

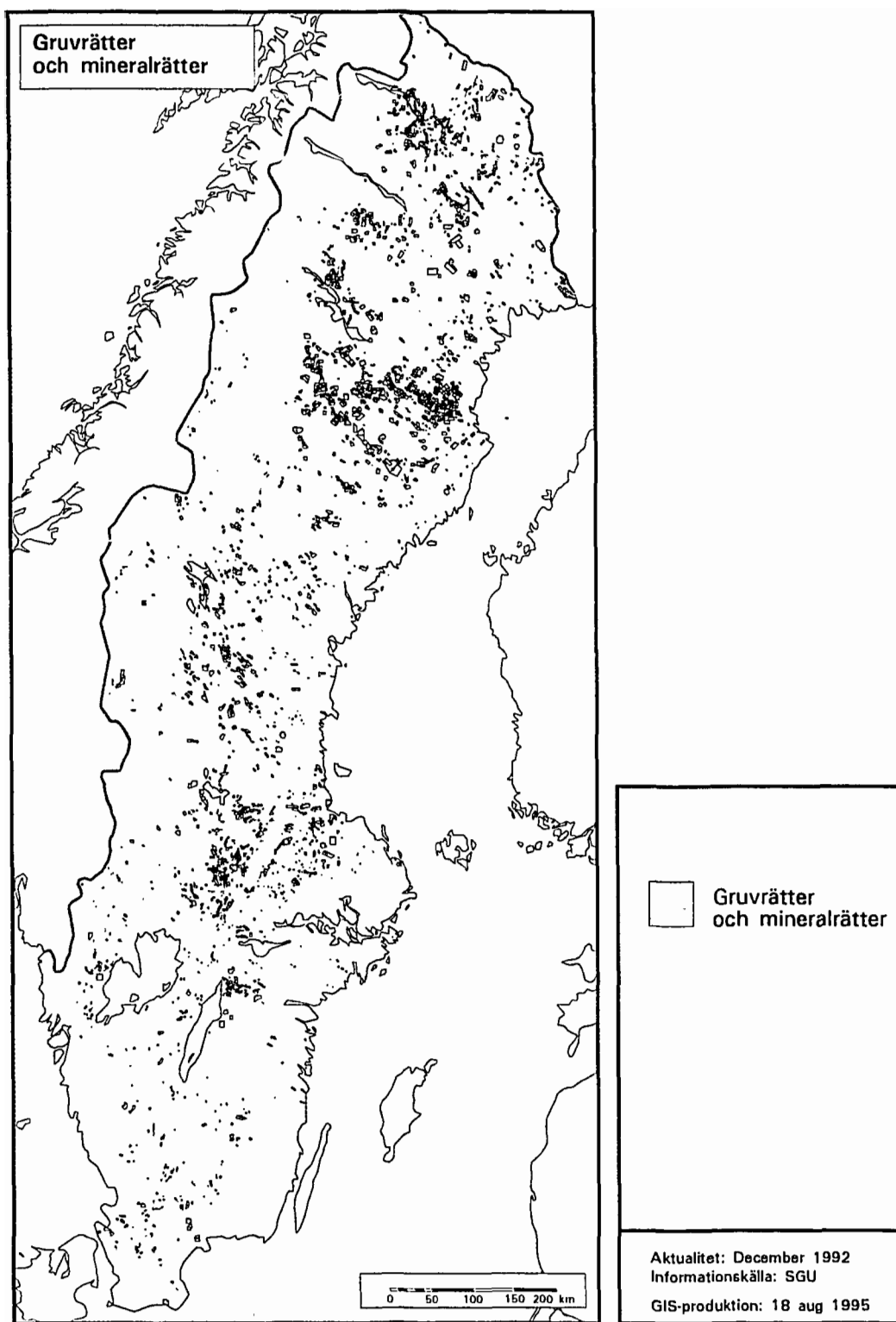
intrång p g a grundvattenprospektering kan i det korta perspektivet förhindras om djupförvaret förläggs till områden med salt grundvatten.

Figur 4-14 visar gruv- och mineralrättigheter i Sverige som därvid påvisar förekomst av befintliga eller förmodade malmmineraliseringar. Dessa är ofta knutna till sura vulkaniska bergarter som inte är aktuella för ett djupförvar.

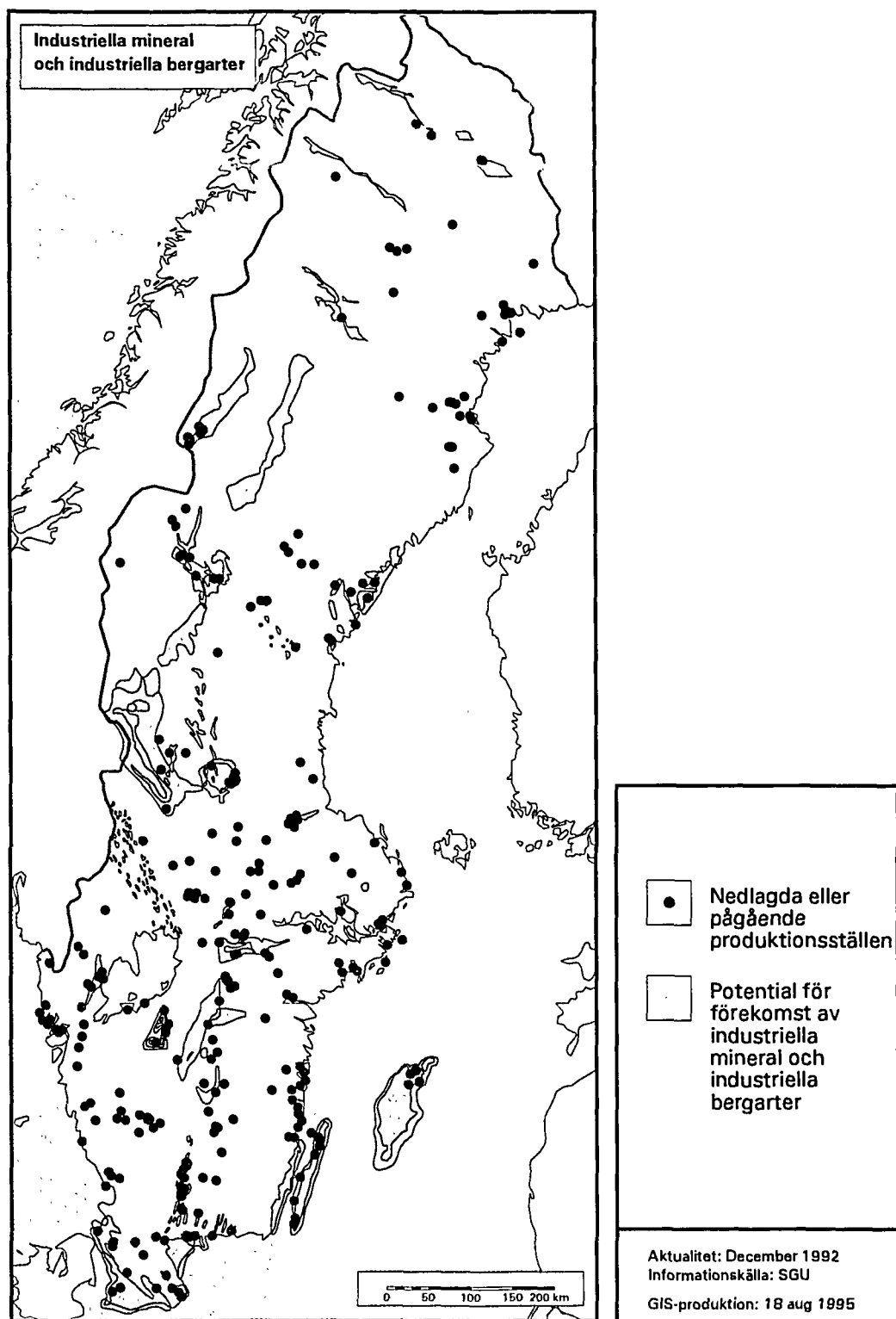
Figur 4-15 visar en motsvarande figur, men då för industriella mineral och bergarter. Detta är mineral och bergarter som utvinns i annat syfte än för deras metallhalt eller bränslevärde.

En möjlig intrångstyp i framtida samhällen är att det "goda" berget, som är av intresse för djupförvarslokaliseringen, också kan vara intressant för oss idag obekanta infrastrukturer som byggs djupt ner i berggrunden. Man måste därför se till att information om djupförvarets läge, utformning och egenskaper bevaras så effektivt som möjligt för framtiden. Om framtida generationer har förmåga att bygga avancerade undermarksanläggningar har framtida generationer sannolikt också kunskap om radioaktivitet och om hur man skyddar sig mot skadlig strålning.

När det gäller prospektering av grundvatten, bör denna bedömas i en mer lokal skala.



Figur 4-14. Förekomst av gruv- och mineralrätter i Sverige. I de regioner där omfattande mineraliseringar förekommer är sannolikheten för intrång en fråga som särskilt måste beaktas.



Figur 4-15. Förekomst av industriella mineral- och bergarter i Sverige. Bearbetad efter [4-2]. I de regioner där omfattande mineraliseringar förekommer är sannolikheten för intrång en fråga som särskilt måste beaktas.

Som tidigare framhållits i Kapitel 3 kan utredningar i lokal skala ge en annan bild än i nationell skala. Detta gäller såväl malm- och industrimineraliseringar som grundvattentillgångar. Genom att utesluta berggrund med t ex malmpotential, då i första hand sura vulkaniter, kan det finnas många bra platser, även i regioner med omfattande mineraliseringar.

Områden med omfattande mineraliseringar eller grundvattentillgångar skall undvikas vid lokaliseringen av ett djupförvar. Regioner som i nationell skala visar omfattande mineraliseringar eller grundvattentillgångar kan inom sig rymma områden som är fria från detta och regionen i sin helhet behöver därför inte uteslutas från lokaliseringsstudier. Sannolikheten för intrång är en faktor som särskilt måste beaktas vid fortsatta, mer detaljerade studier.

4.7 RECIPIENT

Det finns tre principiella lägen för ett djupförvar: inland, kust eller under hav. Varje läge har sina för- och nackdelar ur transportsynpunkt, genomförande av platsundersökningar, säkerhetsanalys, projektering och byggande. Ur långsiktig radiologisk synpunkt blir det naturligtvis delvis annorlunda scenarier om förvaret ligger på land eller under hav.

Den grundvattenkemiska miljön kan skilja sig. Det är större sannolikhet för salt grundvatten nära, eller under kusten, än i inlandet.

En förläggning under havet minskar sannolikheten för vissa spridningsvägar för radionuklider i ekosystemet som i andra fall ofta är dominerande, t ex tidig kapselskada i kombination med ett "brunnsfall", dvs det antas att en brunn förser näringskedjan med vatten som passerat förvaret och som innehåller radioaktiva ämnen.

När det gäller var det framtida havet ligger finns det klara regionala skillnader. I Norrland är fortfarande landhöjningen betydande, upp till 9 mm per år. I södra Sverige, vid Blekinge, sjunker landet. Dessa förändringar är dock relativt små i förhållande till de storskaliga havsnivåförändringar som inträffar i samband med istider; det som är hav nu, kan vara land om några tusentals år och det som är land kan vara hav.

De fördelar som en kust- eller under-havet-förläggning kan medföra i extra isolerande, fördröjande eller utspädande förmåga, ska ställas i relation till möjliga problem vid genomförandet. Fördelar är en teoretiskt sett högre radiologisk säkerhet, ingen grundvattenavsänkning samt färre reella mark- eller miljökonflikter. Nackdelar är mer osäkra undersökningar, vilket också kan påverka säkerheten genom sämre förvarsutformning. Geologiska ytundersökningar ska ersättas med geofysiska undersökningar som reflexionsseismik som kan vara svår att tolka för små vattendjup. Eftersom ingen grundvattenytavsänkning sker under havet kommer anläggningsarbeten och detaljundersökningar att genomföras under högre vattentryck än för en inlandsförläggning, vilket kräver utvecklad teknik i sina detaljer. Skillnaderna mellan lokalisering i inland och under hav är dock små och kan kompenseras genom att förlägga förvaret kanske hundra meter djupare.

I övrigt hänvisas till uttalandet i regeringsbeslutet om FoU-program 89, /4-26/ där det sägs: "*Regeringen vill framhålla att de alternativ med djupa borrhål och långa deponeringstunnlar under Östersjöns botten, som SKB studerar, enligt regeringens bedömning framstår som mindre lämpliga.*" Efter detta uttalande av regeringen har SKB inte fortsatt med studier av förvar under havet.

En allmän slutsats är att det inte finns anledning att särskilt söka sig till, men ej heller särskilt undvika en lokalisering under havet.

4.8 SAMMANFATTANDE VÄRDERING

Sverige har på många platser en berggrund som väl lämpar sig för att anlägga ett djupförvar. En helhetsbedömning av framför allt den långsiktiga radiologiska säkerheten kräver dock tillgång till platsspecifika data om berggrundsförhållanden. Sådana data kan endast 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 industrilokaliseringar (ovanjordsanläggningar) där kunskap om alla viktiga faktorer är förhållandevis lättillgänglig.

Den översikt och värdering av processer och fenomen som redovisats pekar på att tillräckligt detaljerad information framförallt kommer fram inom ramen för förstudier och platsundersökningar.

Den genomgång som skett i detta kapitel rörande vissa geovetenskapliga faktorer visar att:

- Stora delar av Sveriges urberg är intressant för vidare lokalisering.
- Förekomster av gabbro och urberg med överlagrad sedimentär berggrund kan också vara intressanta för lokalisering. Det finns dock ingen anledning att särskilt söka sig till denna typ av berggrund.
- Fjällkedjan, Skåne, och Gotland består av sedimentär berggrund som inte är intressant för lokalisering.
- Sura vulkaniter, och vissa övriga typer av sparsamt förekommande bergarter, är inte intressanta med hänsyn till intrång eller hushållning med naturresurser.
- Det finns inte skäl att utesluta regioner på grund av regionala skillnader i topografi.
- Regioner där brunnskapaciteten är låg kan ha många intressanta områden i fråga om låg grundvattenströmning i berggrunden. Regioner där brunnskapaciteten är hög i kristallin berggrund, kan dock inte uteslutas, eftersom höga värden kan bero på lokal istidsinverkan i berggrundens övre delar. Variationerna är dessutom stora, vilket gör det möjligt att finna områden med låg grundvattenströmning i en region med allmän hög brunnskapacitet och vice versa.
- Läget av Högsta Kustlinjen utgör ingen gräns mellan lämpliga eller mindre lämpliga regioner i Sverige.
- Komplexa deformationszoner är av betydelse ur lokaliseringssynpunkt. De bör inte vara områden för ett förstahandsval, men områden som ligger vid eller nära deformationszoner kan dock inte avföras utan att fältstudier genomförts.
- En istid kan innebära såväl fördelar som nackdelar ur säkerhetssynpunkt. Det är inte rimligt att låta lokaliseringen styras till en viss del av Sverige för att ta hänsyn till utbredning av kommande nedisningar.

- Den kända geografiska fördelningen av historiskt kända jordskalv utgör ingen grund för att ge regioner företräde eller för att utesluta regioner vid lokalisering av djupförvaret.
- Den skillnad som finns i observerad frekvens av post-glaciala förkastningar mellan södra och norra Sverige är inte grund för att ge vissa regioner företräde eller utesluta vissa andra regioner.
- Områden med omfattande mineraliseringar eller grundvattentillgångar skall undvikas vid lokaliseringen av ett djupförvar. Regioner som i nationell skala visar omfattande mineraliseringar eller grundvattentillgångar kan inom sig rymma områden som är fria från detta och regionen i sin helhet behöver därför inte uteslutas från lokaliseringsstudier. Sannolikheten för intrång är en faktor som särskilt måste beaktas vid fortsatta, mer detaljerade studier.
- En allmän slutsats är att det inte finns anledning att särskilt söka sig till, men ej heller särskilt undvika en lokalisering under havet.

5 **TEKNIK – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA**

Detta kapitel belyser frågor av betydelse framförallt för teknisk genomförbarhet. En del av denna genomförbarhet är upprätthållande av radiologisk säkerhet under transport och drift av djupförvaret.

Platsens egenskaper påverkar möjligheten att tolka platsundersökningar, att genomföra tillförlitlig funktions- och säkerhetsanalys och att genomföra förvarsutformning och byggande. Teknikfaktorn kan inte frikopplas från frågan om förvarets långsiktiga säkerhet.

Vid lokalisering av djupförvaret strävar man efter att finna en plats där den tekniska genomförbarheten är relativt enkel och där resultat av platsundersökningar är enkla att tolka. För en mer komplicerad plats, kan dock ofta samma nivå av tillförlitlighet uppnås, dock med längre genomförandetider och till högre kostnader. Tekniken är flexibel och kan anpassas till skilda krav. Optimering av tekniken sker med beaktande av funktionskrav, miljö och ekonomi.

I denna studie diskuteras inte hur val av lokalisering påverkar kostnaden för djupförvaret, eftersom kostnaden är komplext sammansatt av ett flertal faktorer som inte kan värderas i denna översiktsstudie.

5.1 **ALLMÄNT**

Djupförvarets långsiktiga säkerhet bestäms av:

- val av tekniskt system av barriärer,
- val av plats,
- val av sätt att placera in och bygga förvaret i berget,
- val av teknik och kvalité för att genomföra arbetet.

Vald teknik har en självklar koppling till säkerhetsanalysen; denna ska ju analysera den långsiktiga säkerheten för förvaret som det i praktiken kommer att bli byggt. Samordning mellan säkerhetsanalys och teknik kan således innebära att teknik väljs som är lättare att utvärdera, eller att teknik eller metoder undviks som gör det svårt att genomföra analysen.

Det är väsentligt att känd och utprovad teknik används så att genomförbarheten av den valda tekniken är prognostiserbar. Vid bl a Äspölaboratoriet provas och utvecklas den teknik som kommer att behövas för djupförvaret.

Översiktsstudierna värderar specifika teknikfrågor rörande transporter, industriområde och själva djupförvaret, där så är möjligt. Vilka faktorer gynnar eller försvårar arbetet med projektering, byggande och drift av djupförvaret? Vilka faktorer kan påverka djupförvarets funktion?

5.2 TRANSPORTER

Transportsystemet skall hantera två huvudsakliga typer av gods, nämligen tunga enheter med inkapslat bränsle och annat långlivat avfall, samt massgods i form av sand och bentonitlera som behövs för förslutning av förvaret.

De tunga enheterna är specialkonstruerade transportbehållare för inkapslat bränsle, samt liknande behållare för kokiller med annat avfall. Totala antalet enheter till förvaret beräknas bli drygt 300 stycken per år. De transportbehållare som idag används för transporter mellan kärnkraftverken och CLAB är dimensionerade för transporter av använt bränsle som lagrats ett antal månader efter uttag ur reaktorn. Transporterna till djupförvaret avser 30-40 år gammalt bränsle, vars radioaktivitet är ca 10% av den radioaktivitet bränslet hade när det anlände till CLAB. Vid transporterna till djupförvaret är det dessutom inneslutet i en kapsel. Sammantaget innebär detta en lägre strålningsnivå och lägre värmeavgivning jämfört med de transporter som sker idag, varför transportbehållarnas utformning anpassas till detta. En transportbehållare med kopparkapsel beräknas väga ca 55 ton.

Från driften och rivningen av kärnkraftverken, inkapslingsanläggningen och forskningsreaktorena vid Studsvik finns det hårdkomponenter och annat avfall med långlivad radioaktivitet som placeras i djupförvaret. Merparten är ingjutet i betongkokiller. Även denna avfallstyp kräver viss strålskärning varför de transporteras i transportbehållare av stål, med vikten 65 ton, inklusive avfall. Den totala mängden annat långlivat avfall som skall deponeras i djupförvaret beräknas till ca 20 000 m³.

Mängden återfyllnadsmaterial som ska transporteras till djupförvaret blir maximalt ca 45 000 ton sand och 15 000 ton bentonitlera per år. För närvarande studeras också möjligheten att återanvända det bergkross som uppstår i samband med tunneldrivningen i förvaret, vilket minskar eller eliminerar behovet av långa sandtransporter och markbehov för bergdeponering. Bentonitlera kan importeras från många länder bland annat från USA och Medelhavsområdet. Behovet motsvarar cirka 18 containrar per vecka i genomsnitt, under 40 veckor per år. Vanliga bulkfartyg kan utföra transporten av sand och bentonit till lokal hamn, cirka 10 fartygst transporter per år. Eftersom återfyllnadsmaterialen skeppas i stora partier behövs buffertlager vid hamnen.

Hur transporter av radioaktivt material får ske, bestäms idag av främst tre lagar, Lagen om transport av farligt gods, Lagen om kärnteknisk verksamhet (kärntekniklagen) och Strålskyddslagen. Till dessa lagar är ett stort antal föreskrifter kopplade. Där framgår vilka tillstånd som krävs och vilka säkerhetskrav som måste uppfyllas. Föreskrifterna bygger i stor utsträckning på internationellt utarbetade och överenskomna regler.

Det system för planering och genomförande av transporterna som används idag har visat sig fungera bra, och det är därför naturligt att anta att transporterna till djupförvaret kommer att organiseras på ett likartat sätt. Det har därvid mindre betydelse om djupförvarstransporterna innefattar en längre landtransport än dagens transporter, eftersom de säkerhetsmässigt viktiga faktorerna, både vad gäller organisation av transporterna och deras tekniska utförande, är desamma oavsett transportsätt. Även om radioaktivt gods inte i någon större omfattning i Sverige idag transporteras på landsväg eller järnväg, förekommer transporter av annat farligt gods, och detta är således inget nytt för vare sig järnvägs- eller landsvägstrafik.

När det gäller vägtransporter finns det idag begränsningar i vikter. Större vägar är klassade för maximalt 60 ton. De tyngder som blir transporterade till djupförvaret är upp till storleksordningen 110 ton; vägtransport kräver således dispens eller förstärkning av vägar eller broar.

Sjö- eller järnvägstransport är ett huvudalternativ för långa transporter.

Figur 5-1 visar järnvägsnätet i Sverige 1994. Figuren illustrerar dessutom 20 och 70 km avstånd till järnvägsnätet. Inom en zon på 70 km täcks i praktiken hela Sveriges yta. Inom ett avstånd av 20 km finns det delar, framförallt i Norrlands inland som inte täcks. Anslutning från befintligt järnvägsnät till djupförvaret kan antingen ske på väg som klassas för aktuella tyngder, eller med kompletterande utbyggnad av järnvägen.

Transport från en inkapslingsanläggning till djupförvaret kan också ske sjövägen. Figur 5-2 visar hamnar i Sverige med ett djupgående med mer än 6 m. Bilden visar att det finns lämpliga hamnar längs stora delar av Sveriges kust.

Sammanfattningsvis:

- **Transporterna skall genomföras så att säkerhetskraven uppfylls. Tillstånd för transporter kommer att föregås av detaljerad redovisning av säkerhet och miljökonsekvens för föreslagen lokalisering.**
- **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.**
- **Nuvarande järnvägsnät och befintliga hamnar ger inga väsentliga begränsningar i nationell skala för lokaliseringen av djupförvaret. Konsekvenser av smärre utbyggnader av hamnar, järnväg, vägar kan inte bedömas i nationell skala. Varje enskilt utbyggnadsobjekt kan bidra till samhällsutveckling i ett område, och denna utbyggnad ska ställas mot miljökonsekvenser och alternativ markanvändning.**

5.3 INDUSTRIOMRÅDE, BERGUPPLAG

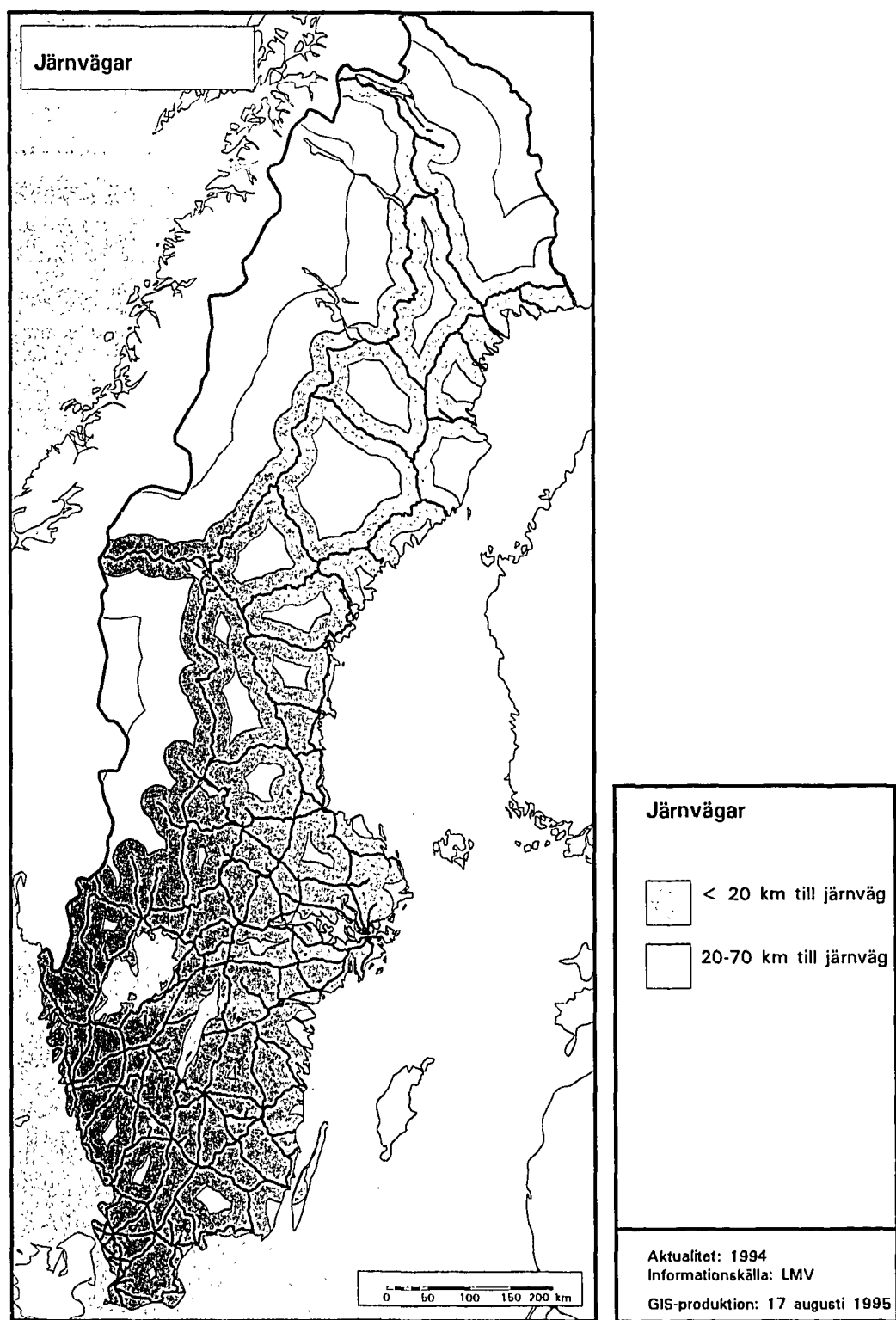
Den allmänna beskrivningen av djupförvarets anläggningsdelar återfinns i avsnitt 2.2.

Figur 2-2 visar den principiella utformningen av industriområdet vid djupförvaret.

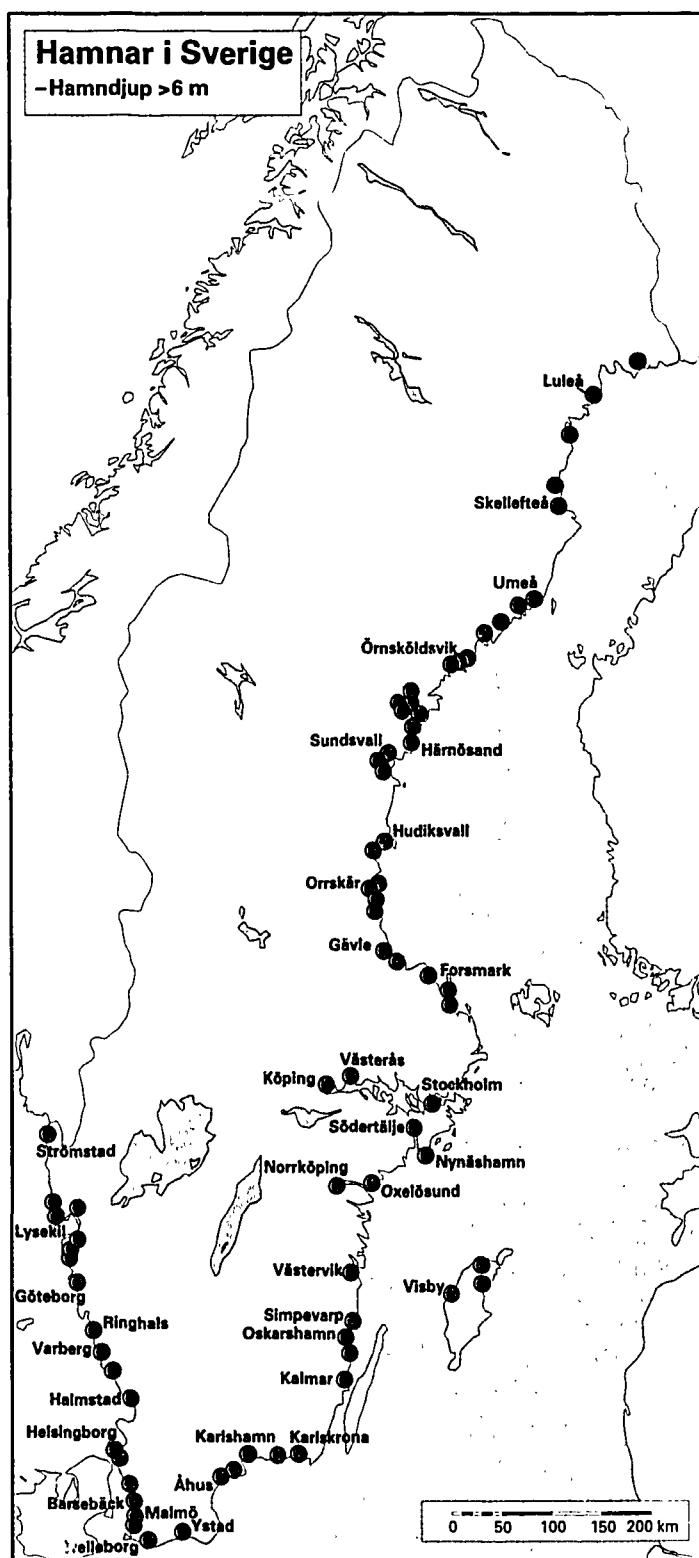
Den detaljerade lokaliseringen och utformningen av industriområde och bergupplag sker i samband med förstudier och platsundersökningar. Specifika önskemål ur teknisk synpunkt är plan och bärig mark. Ingen värdering är möjlig i nationell skala.

5.4 UNDERMARKSANLÄGGNING

Förvarets underjordsanläggningar består av en centraldel med ventilationsbyggnad, verkstäder, personalrum, omlastningshall för transportbehållare, tunnlar för transport och deponering av kapslar med använt kärnbränsle samt bergrum och tunnlar för annat långlivat avfall.



Figur 5-1. Järnvägsnätet i Sverige år 1994. På vissa linjer är trafiken nedlagd. Bilden visar även vilka områden som kan nås inom ett avstånd av 20 och 70 km från järnvägsnätet. Järnvägsnätet ger i nationell skala ingen väsentlig begränsning för lokaliseringen.



Figur 5-2. Hamnar i Sverige med mer än 6 m djupgående. Bearbetad efter 15-11. Förekomsten av hamnar är god och medför, i nationell skala, ingen egentlig begränsning.

Säkerhetsanalys och förvarsutformning sker interaktivt med undersökningar av platsens berggrund. Både ur säkerhetssynpunkt och genomförandesynpunkt är det bra om berget är relativt tätt. Bergets vattengenomsläpplighet diskuteras i avsnitt 4.4.2 och de slutsatser som återfinns där kan också vara tillämpliga vid teknikbedömningar.

Under utförande och drift är det viktigt att berget är mekaniskt stabilt. Denna faktor kan inte bedömas i nationell skala, eftersom stabilitetsbedömningar kräver plats-specifika data om spänningar och berghållfasthet. Aggressivt vatten påverkar materialval för installationer och är framförallt en kostnadsfråga.

Genomförandet av platsundersökningar, detaljundersökningar, förvarsutformning, funktions- och säkerhetsanalys underlättas om bergundersökningar på platsen är lätta att tolka. Nästa avsnitt avser att belysa om det kan finnas regionala skillnader i tolkbarhet mellan olika regioner för några egenskaper.

5.4.1 Bergundersökningar

Utformningen av förvaret och genomförandet av säkerhetsanalysen är bl a beroende av att data om platsens egenskaper insamlas och tolkas korrekt.

Generellt kan man tänka sig platser som snabbt leder till säkra tolkningar, eller platser som kräver mycket omfattande undersökningar för att uppnå motsvarande tillförlitlighet i tolkningarna. Man strävar efter att finna en plats där tolkningen av data och den tekniska genomförbarheten är enkel, men även mer komplexa platser kan accepteras. Oavsett omfattningen av undersökningarna kommer det alltid att finnas egenskaper i berget som inte är möjliga att bestämma deterministiskt; här måste man bestämma olika statistiska fördelningar av hur egenskaperna i berget varierar.

Undersökningar av en plats genomförs i flera steg, från inledande undersökningar av markytan, till omfattande borrh- och borrhålsmättningsprogram som också genomförs i steg. Efter det att en grundläggande förståelse för platsen skapats kommer SKB, om man finner platsen lämplig, att ansöka om att genomföra detaljerade undersökningar. Dessa genomförs i samband med att tunnel eller schakt anläggs ner till det tänkta förvarsdjupet.

Allt efter som undersökningarna fortskrider sker stegvis mer detaljerad förvarsutformning baserad på de data som erhålls från bergundersökningarna. Detsamma gäller för säkerhetsanalysen som successivt analyserar alltmer detaljerade modeller av platsens egenskaper och förhållanden.

Om platsen är komplex, eller svår att undersöka och tolka, ökar möjligheten för att tillkommande data förändrar tolkningarna. Detta återverkar på förvarsutformning och säkerhetsanalys som till viss del då kan behöva revideras.

Filosofin bör vara att i första hand söka sig till platser som är lätta att undersöka och tolka.

Det som underlättar säkra tolkningar i ett tidigt skede är bl a att:

- berggrunden inte är täckt av jord eller sediment,
- berggrundens egenskapsvariationer inom förvarsområdet är små,
- frekvensen av diskontinuiteter som styr förvarsutformning, dvs möjliga rörelse-zoner, sprick- och krosszoner m m, är låg,
- tolkningar av markytan ska vara möjliga att extrapolera ner mot förvarsdjupet.

Dessa faktorer behandlas i det följande:

Jordtäck och jorddjup

Figur 5-3 visar en förenklad bild av var berggrunden i Sverige är kal, eller där jordtäck är tunt eller ej sammanhängande. Stora lokala skillnader finns och även inom områden som har låg blottningsgrad kan det lokalt finnas områden med väl blottad berggrund.

Figur 5-4 är en kompletterande bild som visar brunnar med större jorddjup än 20 m i nationell skala. De stora jorddjupen återfinns framförallt i åsar och i älvdalar. För stora jorddjup blir det praktiska problem vid undersökningsboring och vid anordnande av tunnelpåslag. Områden med stora jorddjup är mindre intressanta för förvarslokalisering, vilket kan tas hänsyn till vid förstudier.

Områden med god blottning av berggrunden kan vara fördelaktiga. Det går dock inte att utesluta områden med låg grad av blottning på grund av stora lokala variationer.

Berggrundens homogenitet

Som tidigare berörts i Kapitel 3 finns det stora begränsningar i möjligheten att i nationell skala bedöma homogenitet i den lokala skalan. Det kan ju vara så att variationerna inom ett område är större än skillnaden mellan områden. Trots denna begränsning illustreras variationer för några tillgängliga datatyper. De ska i första hand ses som illustrationer, men de bedöms ändå ha visst intresse i sammanhanget.

Bergarter

En berggrundskarta i nationell skala visar på regionala skillnader i t ex antalet bergarter inom olika regioner, Figur 5-5. Ett djupförvar som upptar endast någon kvadratkilometers yta kan säkerligen lokaliseras så att förvaret placeras i en, och inte flera olika huvudbergarter. I den lokala skalan kan det sedan naturligtvis finnas stora egenskapsvariationer inom huvudbergarten som närmare undersöks i samband med platsundersökningarna.

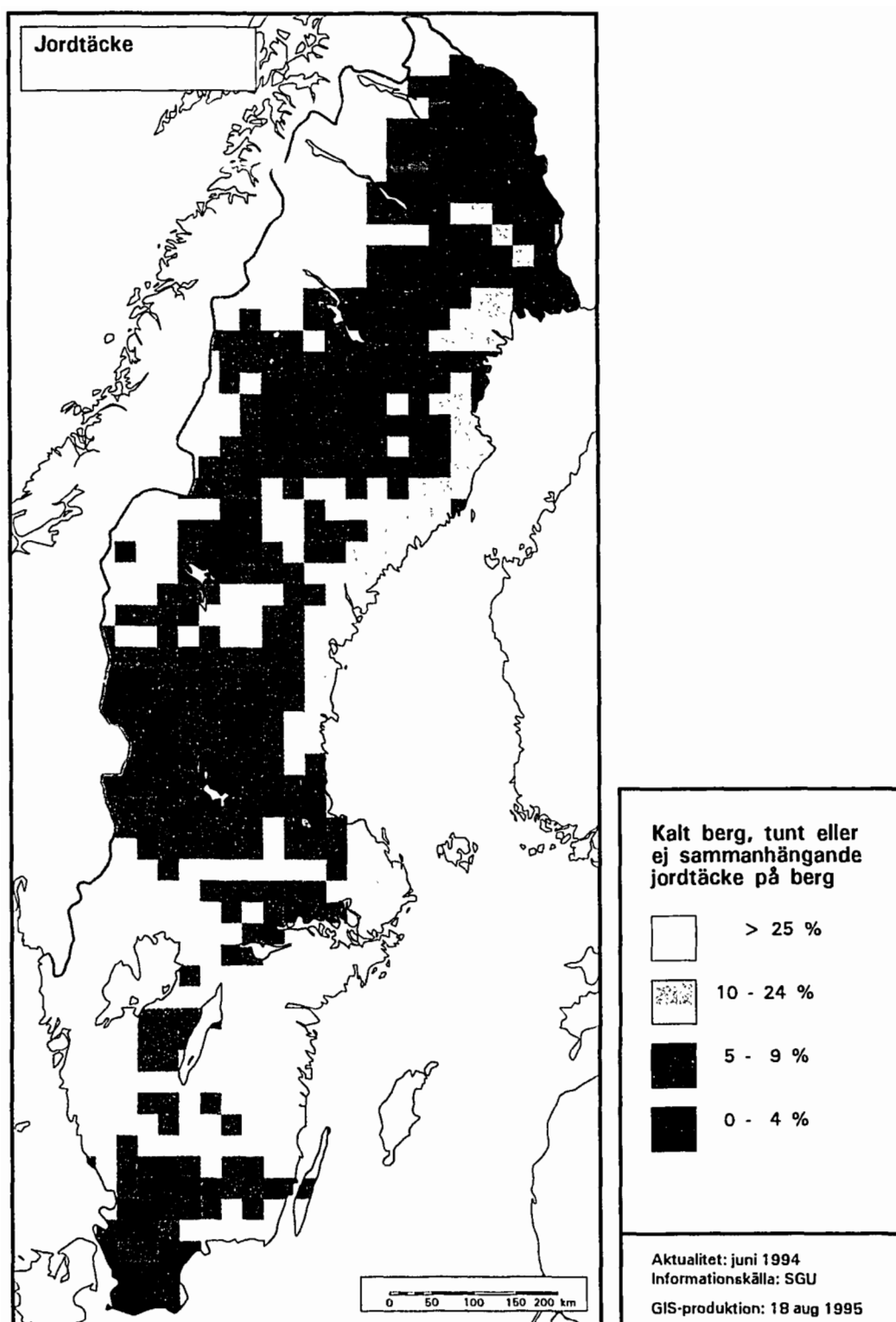
Det finns inte i nationell skala anledning att utesluta områden med många olika huvudbergarter inom en region.

Flygmagnetiska kartan

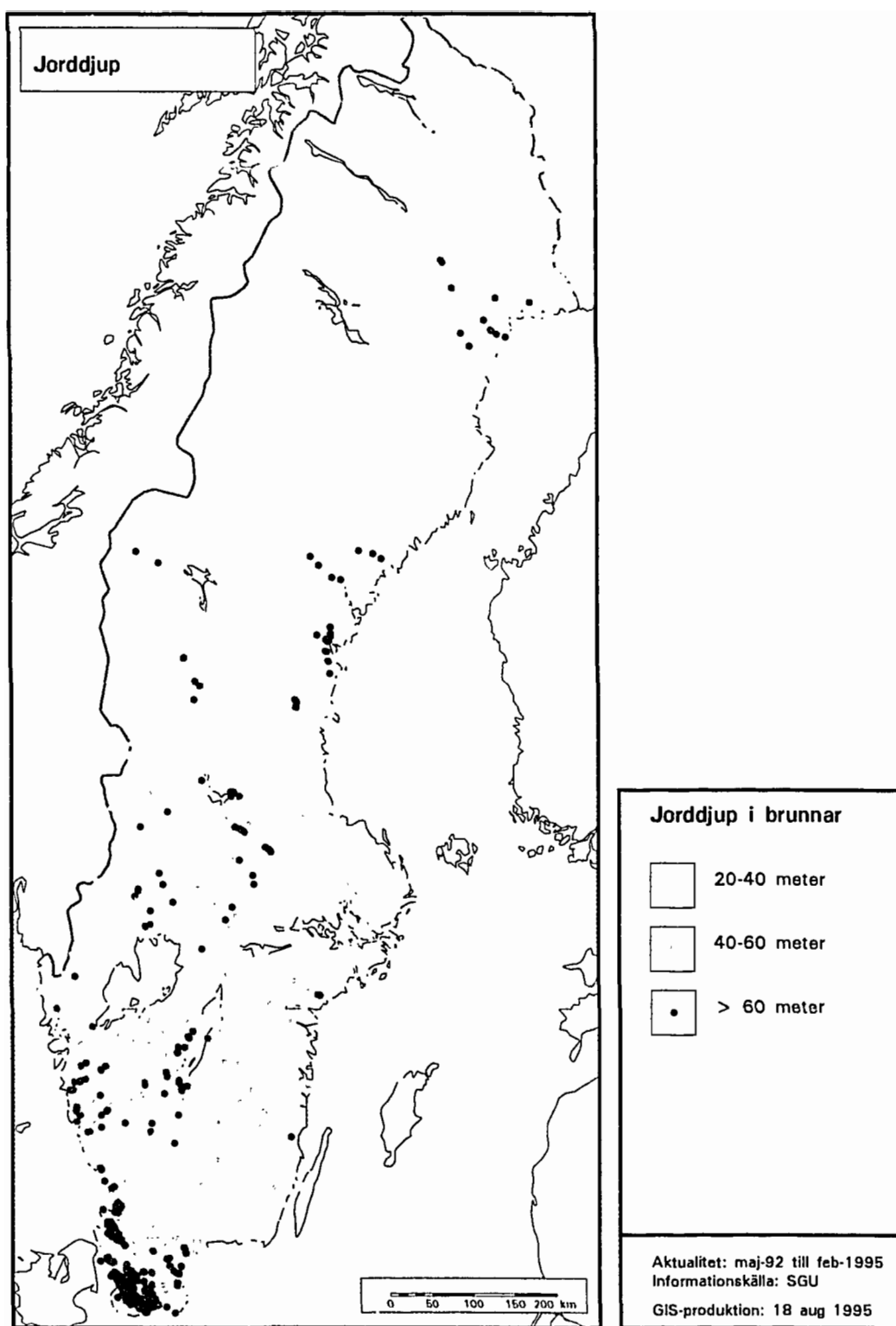
Genom flygmätningar har en relativt fullständig bild av magnetiska variationer orsakade av berggrunden erhållits. De magnetiska variationerna visar ofta både litologiska variationer och variationer beroende av sprickzoner i berggrunden; det är ofta så att zonerna är lågmagnetiska i förhållande till sin omgivning.

Den flygmagnetiska kartan består i huvudsak av datapunkter med pixelstorleken 40 m · 200 m. Kartan har därefter bearbetats så att "homogenitet" beräknats med hjälp av särskilda texturfilter, /5-3/, Figur 5-6. Den har sedan bearbetats så att medelvärde av homogenitet beräknats för varje topografiskt kartblad, Figur 5-7.

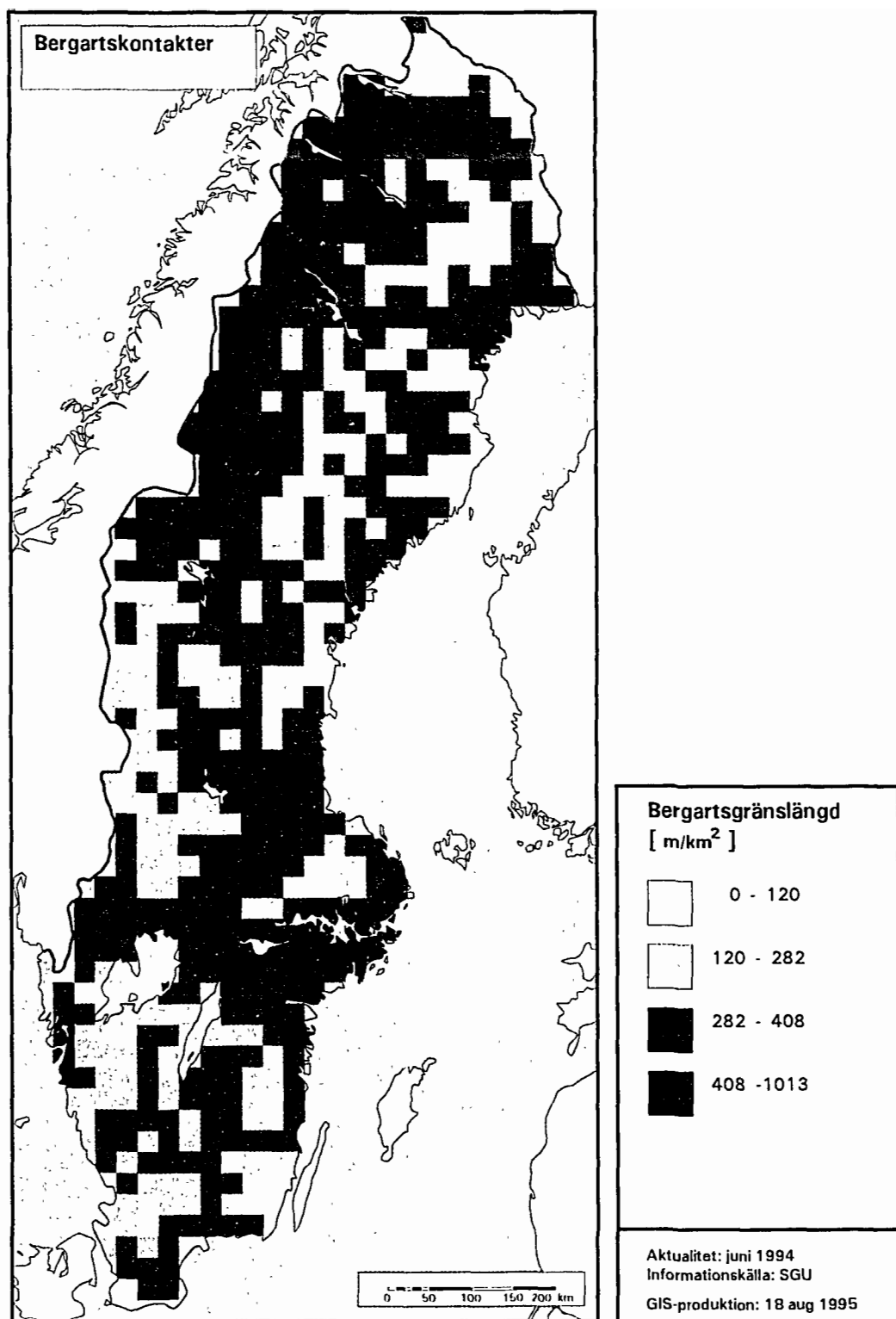
Det finns regionala skillnader i magnetisk homogenitet med låg homogenitet i bl a nordligaste Sverige och delar av Småland och Halland. Ett djupförvar som upptar endast någon kvadratkilometers yta kan säkerligen lokaliseras så att förvaret placeras i en relativt homogen formation. Berggrundens magnetiska förhållanden utreds närmare i samband med platsundersökningar.



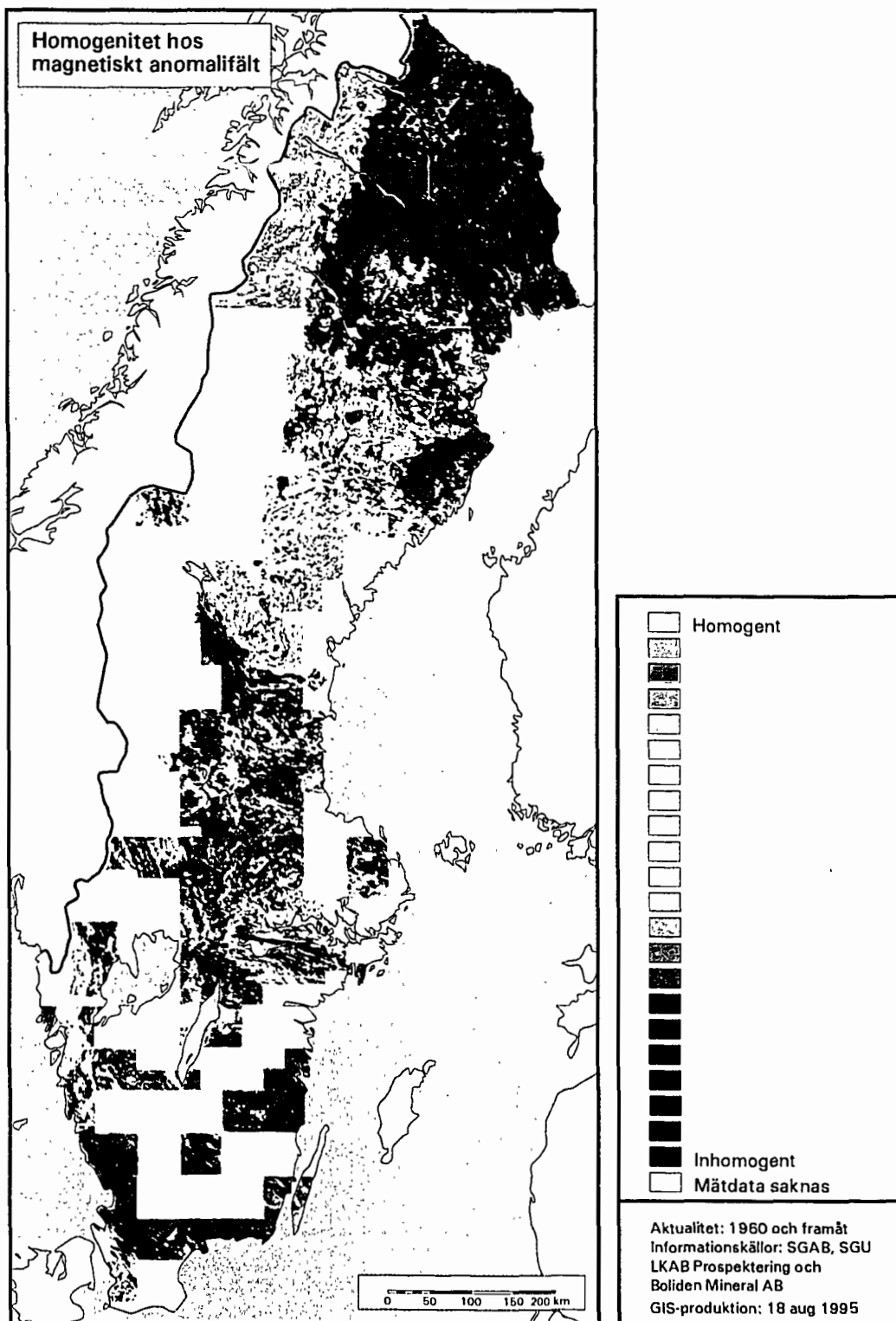
Figur 5-3. Bilden visar omfattning av områden med kalt berg, tunt eller ej sammanhängande jordtäck. Bearbetad efter 15-21. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. De lokala variationerna är betydande. Det går därför inte att utesluta områden för lokalisering där jordtäckt berggrund är vanlig.



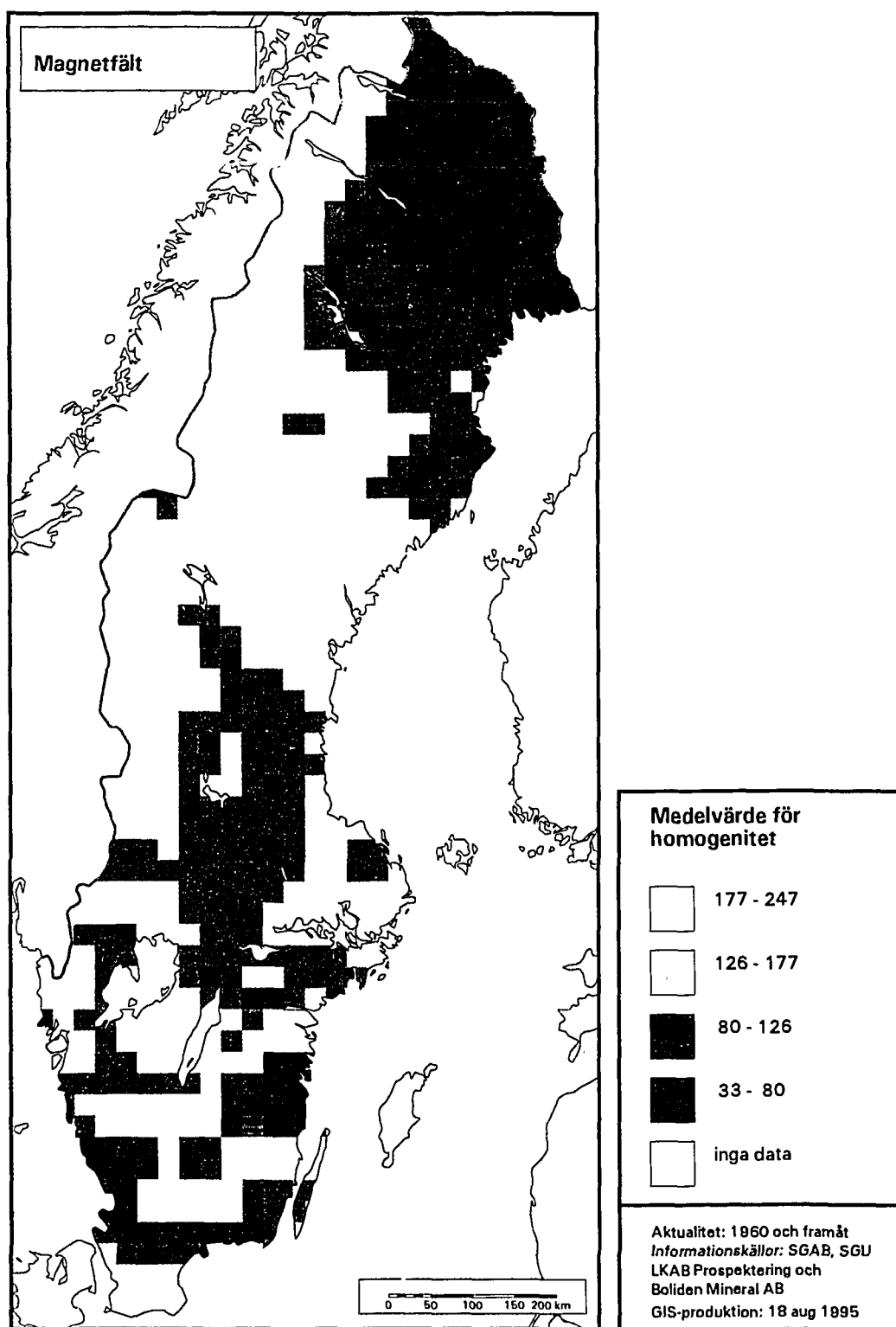
Figur 5-4. Bilden visar lägen för brunnar med jorrdjup större än 20 m. Bearbetning av SGU:s brunnsarkiv.



Figur 5-5. Karta som visar längden av gräns mellan olika bergarter per topografiskt blad 25x25 km. Bearbetad efter [5-2]. Regioner som i nationell skala har många olika huvudbergarter behöver inte uteslutas.



Figur 5-6. Bilden visar "homogenitet" på basis av den flygmagnetiska kartan. Delar av fjällkedjan framstår som homogen, dock beroende på hög flyghöjd över terrängen. Efter 15-31.



Figur 5-7. Medelvärden av homogenitet baserade på flygmagnetiska kartan. Enheten för den magnetiska homogeniteten är omvänt proportionell mot nano Tesla. Låga värden indikerar låg homogenitet, dvs liten variation i berggrundens magnetiska egenskaper. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Det finns ingen anledning att framhålla eller utesluta områden beroende på den magnetiska homogeniteten i nationell skala. Efter [5-3].

Det finns inte i nationell skala anledning att framhålla eller utesluta områden beroende på den magnetiska homogeniteten.

Brunnsdata

Som tidigare nämnts är bergets konduktivitet mycket varierande och variationerna är av flera storleksordningar inom en plats. Figur 5-8 illustrerar hur standardavvikelsen ($^{10}\log$) för den specifika brunnskapaciteten varierar över Sverige.

Det finns i nationell skala regionala skillnader i standardavvikelsen av specifika brunnskapaciteten.

Det finns inte i nationell skala anledning att framhålla eller utesluta områden beroende på brunnsdatas variation i spridning.

Deformationszoner, lineament

Ur förvarssynpunkt är det bra att undvika områden med många zoner. Om lineamenttäthet är ett mått på antal zoner i berggrunden i olika skalor kan det i nationell skala vara relevant att jämföra fördelningen av lineament i Sverige. Lineamentkartan som återfinns i Figur 4-9, har därför bearbetats så att längden av lineament per topografiskt kartblad har beräknats. Som framgår ur Figur 5-9 är lineamenttätheten varierande mellan olika regioner. Det bör därvid noteras att områden med stora jorddjup och flack terräng kan vara underrepresenterade, som t ex i delar av övre Norrland.

Den skillnad som finns i nationell skala i lineamenttäthet är inte grund för att utesluta regioner med hög lineamenttäthet eller att ange regioner med låg lineamenttäthet som intressanta.

Projicering av information från markytan

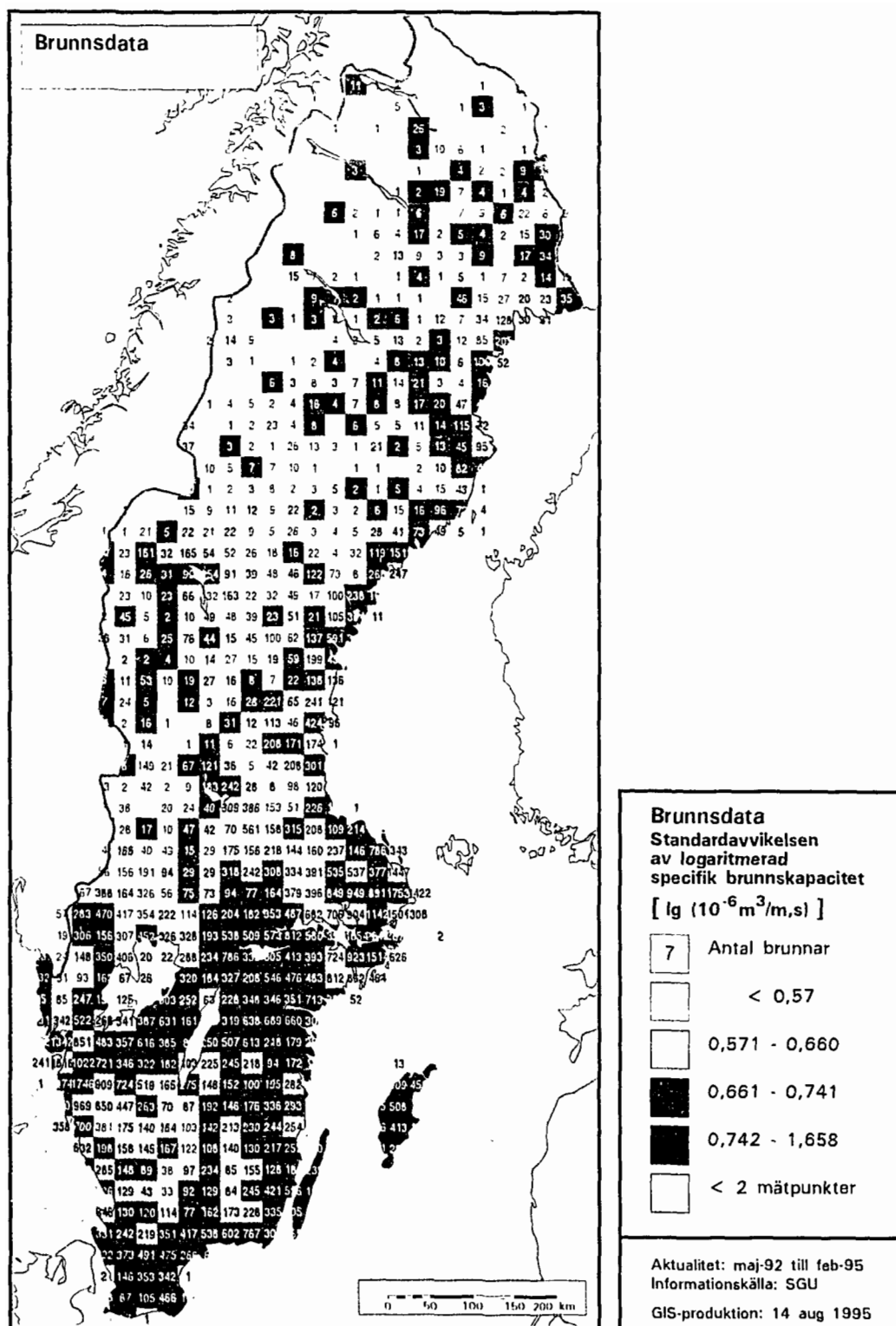
Tolkning av platsundersökningar underlättas om det man ser på markytan kan extrapoleras ner mot förvarsdjup. Mer eller mindre vertikalt orienterade zoner, berggrund där litologiska strukturer är vertikala, är exempel på faktorer som underlättar tillförlitlighet i projicering mot djupet.

I en platsundersökning genomförs många olika typer av undersökningar. En viktig del i dessa undersökningar är att påvisa förekomst av, eller avsaknad av både branta och flacka zoner m m. I vilken mån det är möjligt att från ytan projicera information mot förvarsdjup är således en fråga som beaktas i förstudier och platsundersökningar.

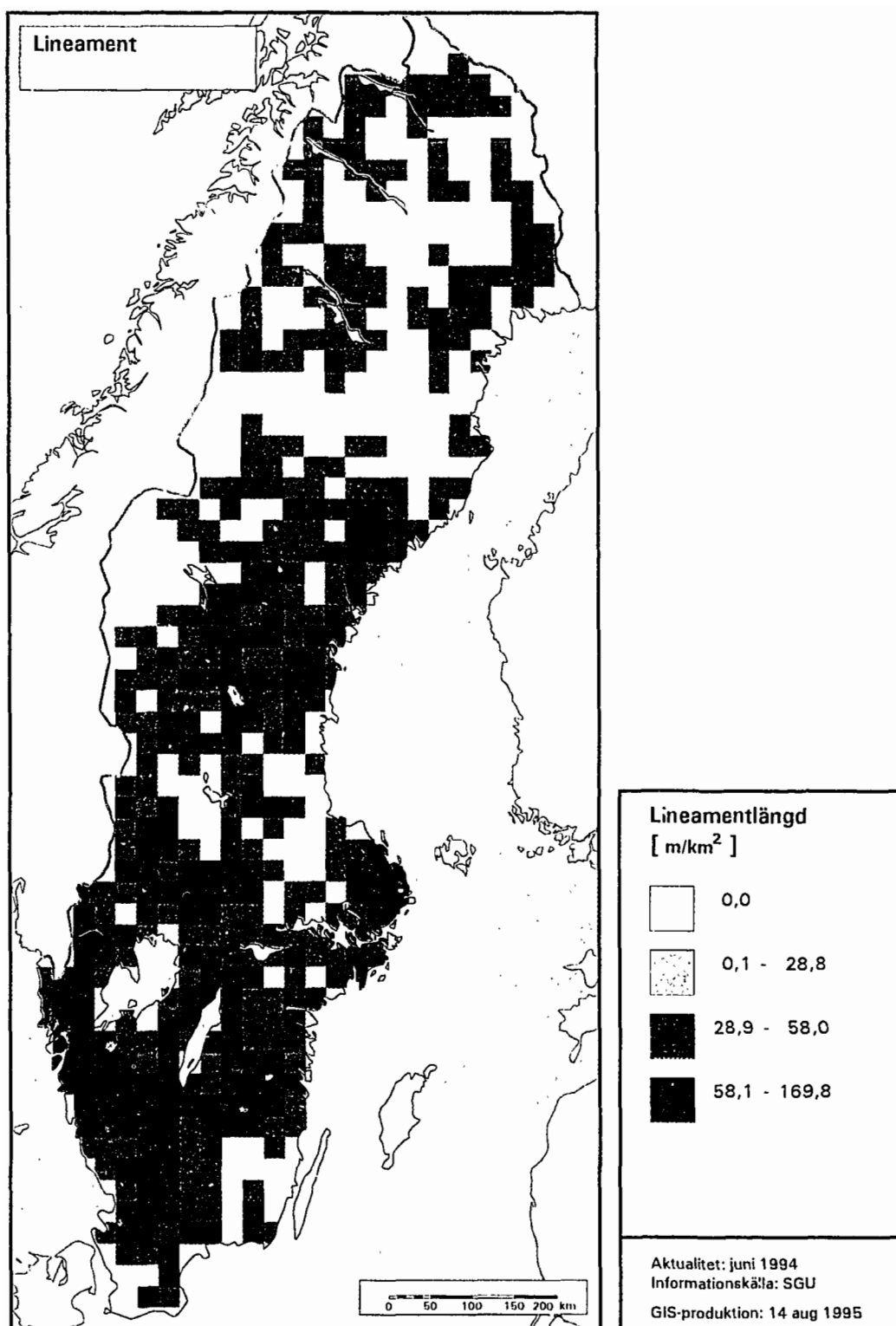
Det finns i nationell skala ingen lämplig databas för att projicera information från markytan mot djupet.

5.4.2 Förvarsutformning

Genom val av förvarsdjup (platsspecifikt) och utsträckning i planet finns det för varje plats stor frihet att utforma förvaret. Få större zoner på platsen är härvidlag gynnsamt. Förvaret utformas dessutom så att den maximala temperaturen i förvaret blir under 100°C i bentonitbufferten. Detta villkor uppfylls genom att i första hand anpassa mängden bränsle i varje kapsel och i andra hand genom att placera kapslarna tillräckligt långt från varandra. Om berget har låg värmeledningsförmåga, behöver kapslarna flyttas längre isär, vilket i första hand blir en ekonomisk fråga; ett större förvar tar längre tid och kostar mer att bryta ut och återfylla.



Figur 5-8. Standardavvikelsen ($^{10}\log$) av den specifika brunnkapaciteten. Bearbetning av SGU:s brunnarsarkiv. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Det finns inte i nationell skala anledning att framhålla eller utesluta regioner beroende på brunnssdatas variation i spridning.



Figur 5-9. Lineamenttätthet. Bearbetad efter 15-41. Se också Figur 4-9. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Den variation som visas i nationell skala är inte grund för att framhålla eller utesluta regioner vid lokaliseringen.

SKB har genomfört en studie av värmeledningsförmåga m i den svenska berggrunden /5-4/. Låga värden på värmekonduktivitet finns i basiska bergarter, 2,6 W/m,°C, upp till 3,7 W/m,°C i vissa typer av gnejser. Vid beräkningar av förvarsvolym utgår SKB från 3 W/m,°C. Med låg värmekonduktivitet skulle förvarsvoly-men behöva öka något.

En annan fråga är den initiella temperaturen i berggrunden. Temperaturen i berggrunden bestäms av årsmedeltemperaturen på markytan samt den temperaturökning som sker i berggrunden mot större djup (temperaturgradienten). Årsmedeltemperaturen varierar mellan 7°C i Blekinge och -1°C i Lappland.

En sammanställning av temperaturen i SKB:s typområden /5-9/ visar att i dessa områden är den initiella temperaturen på 500 meters djup (innan någon uppvärmning har skett) ca 5-6°C högre i södra jämfört med norra Sverige. För att kompensera en sådan temperaturskillnad behöver ett sydligt beläget förvar vara ca 5-10% större än ett nordligt för samma värmeledning.

Den skillnad som finns i värmeledningsförmåga och initiell temperatur mellan olika berggrund och olika landdelar är inte tillräckliga skäl för att framhålla regioner eller utesluta regioner från lokalisering av djupförvaret.

5.4.3 Genomförande och erfarenheter från bergarbeten i Sverige

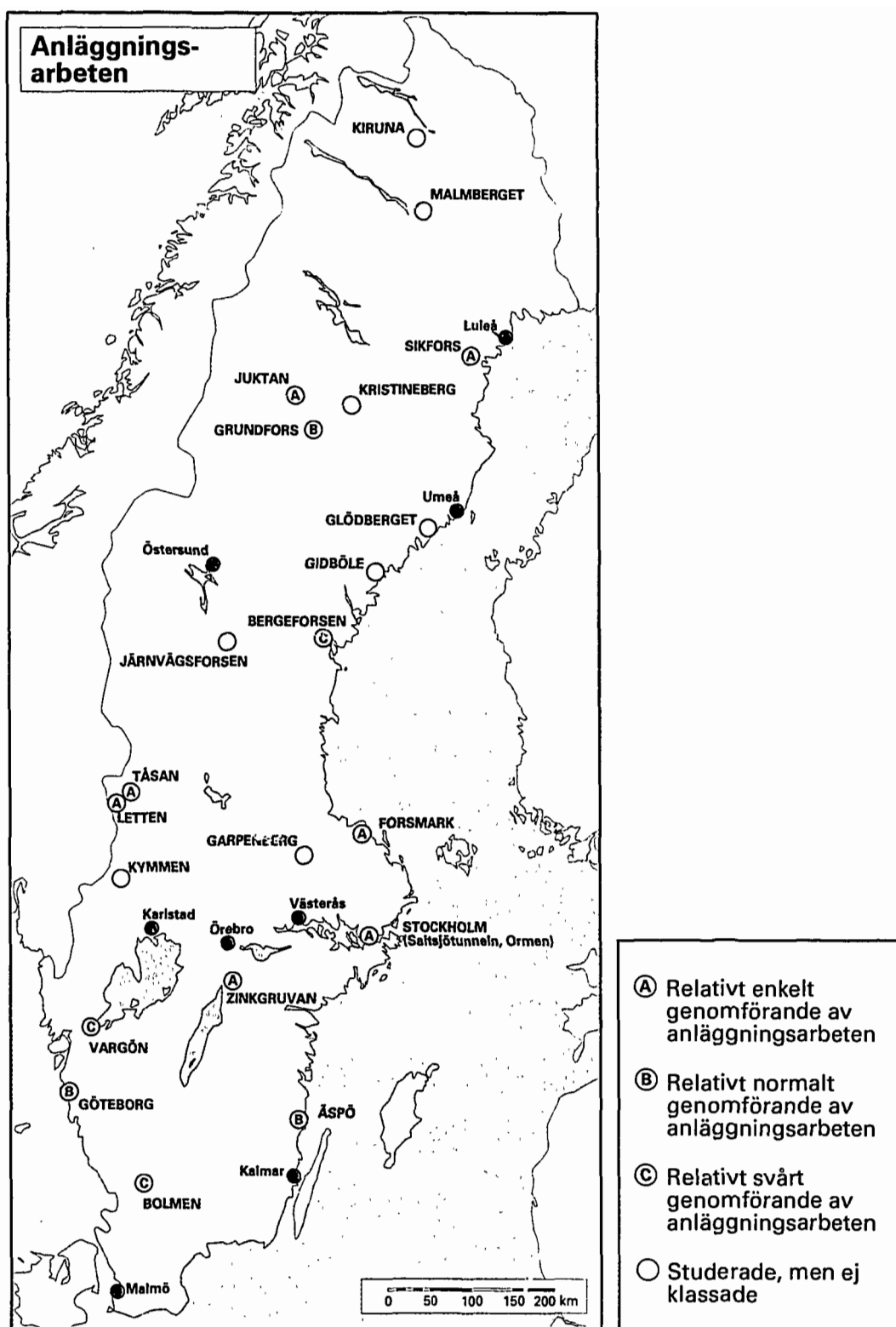
Anläggningen av djupförvaret är ett stort och långvarigt undermarksbygge. Sverige har en lång och gedigen tradition av att genomföra anläggningsarbeten i berg. Gruvor, kraftverk, väg- och järnvägstunnlar, försörjningstunnlar, lager och många andra typer av anläggningar har byggts under decennier. Betydande kunskap och erfarenhet har byggts upp och förvaltats. Genom särskilda branschorganisationer har även särskild forskning bedrivits rörande undermarksanläggningar. En del av denna forskning har rört möjligheter att prognostisera bergförhållanden före det att utbyggnad genomförts. Rekommendationer har även upprättats rörande bergundersökningar /5-5/ för anläggningsarbeten.

De krav som kan ställas på djupförvarsanläggningen rörande teknisk genomförbarhet är de som normalt önskas för en undermarksanläggning. "Bra berg" som inte kräver tätnings- eller förstärkningsinsatser är fördelaktigt för allt undermarksbyggande. "Bra berg" med låg grundvattenströmning och mekanisk stabilitet är också önskvärt med hänsyn till förvarets funktion; det finns således ingen grundläggande konflikt mellan de krav som teknisk genomförbarhet ställer och de krav som funktion och säkerhet ställer.

För att i möjlig mån bedöma om det finns regionala skillnader i teknisk genomförbarhet har erfarenheter från genomförande av undermarksbyggen dokumenterats i en nyligen redovisad utredning /5-6/.

Slutsatsen från studien är att variationen i anläggningens byggbarhet inom en viss region, eller t o m inom samma anläggning, kan vara betydligt större än skillnaden i "medelbyggbarhet" mellan olika regioner. De anläggningar som bedömts i Figur 5-10 representerar således en viss geologisk-tektionisk miljö, som kan variera i den lokala skalan. De anläggningar som värderats är inte fritt lokaliserade. Gruvor finns där malmen finns, ofta i omvandlad miljö. Vattenkraftverk finns längs dalstråk, där tunnlar ofta byggs i anslutning till sprickzoner.

Frågan om byggbarhet är en genomförandefråga, där bedömningen framförallt kan ske i samband med förstudier och platsundersökningar.



Figur 5-10. Undermarksanläggningar som är bedömda efter byggbarhet. Bearbetad efter 15-61. Genomförande av undermarkshyggan styrs av lokala faktorer som utreds i förstudier och platsundersökningar.

5.4.4 Drift av anläggningen

När det gäller driften av den utbyggda djupförvarsanläggningen är det gynnsamt om deponering kan ske med små praktiska problem. Problem kan undvikas genom att välja kapselplacering där berget är torrt, eller genom att täta (injektera) deponeringshålet så att det är torrt.

Om förvaret läggs i salt grundvatten är miljön aggressiv mot installationer m m, vilket kan åtgärdas med ökat korrosionsskydd.

För vissa typer av berggrund kan man påräkna höga radonhalter från berggrunden, vilket kan leda till krav på omfattande ventilation under byggnads- och drifttiden. Figur 5-11 visar berggrund som är särskilt radioaktiv och där radon skulle kunna vara ett problem vid genomförandet. Denna fråga bör särskilt utredas i samband med förstudier och platsundersökningar.

För utbyggnad och drift är det viktigt att berget är mekaniskt stabilt.

Data om bergspänningar i Sverige har sammanställts, /5-8/. Det finns 145 data från mätpunkter på större djup än 400 m, framförallt från gruvor, några typområden, vid SFR och Äspö. De horisontella huvudspänningarna är i allmänhet dubbelt så stora som de vertikala spänningarna men med stora variationer. Riktningen av den största huvudspänningen är ofta NW-lig. För att bedöma den mekaniska stabiliteten krävs också platsspecifika data som bergets hållfasthet, vilket medför att det inte är möjligt att i nationell eller regional skala bedöma om olika områden har skilda förutsättningar för mekanisk stabilitet.

Sammantaget är det en fördel om platser som också medger gynnsam drift väljs. Detta innebär bl a att berget ska vara relativt tätt och mekaniskt stabilt. Radonhalten ska inte vara hög. Lämpligheten av en plats studeras företrädesvis i samband med förstudier och platsundersökningar.

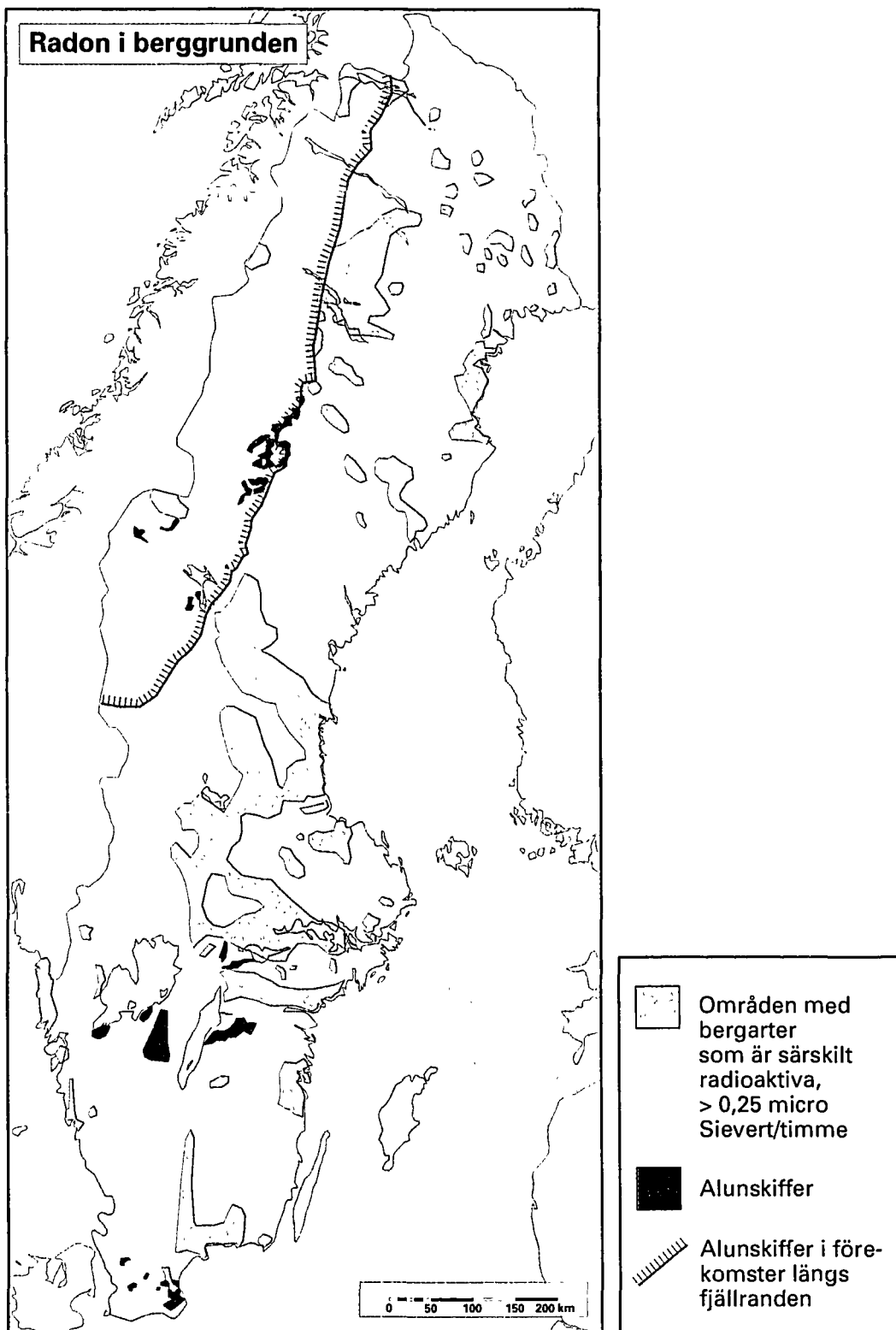
5.5 SAMMANFATTANDE VÄRDERING

Det är fördelaktigt med en plats där den tekniska genomförbarheten är relativt enkel. Det finns i allmänhet heller ingen konflikt mellan de faktorer som gynnar dels den långsiktiga säkerheten och dels ett enkelt genomförande av tekniken.

Om det blir aktuellt med längre transporter av kärnavfall från en inkapslingsanläggning till djupförvaret, finns det goda utsikter att befintligt järnvägsnät och befintliga hamnar kan utnyttjas utan stora kompletterande investeringar.

Det finns i nationell skala inga tekniska begränsningar för placering av industriområde och bergupplag. I samband med mer detaljerade studier, sker utformning av industriområde och bergupplag, så att denna motsvarar högt ställda krav på miljöanpassning.

Genomförande av platsundersökningar, projektering, funktions- och säkerhetsanalys underlättas om tolkningarna av bergundersökningarna är tillförlitliga.



Figur 5-11. Karta över berggrund som är särskilt radioaktiv. Bearbetad efter 15-71.

Sammanfattningsvis:

- **Områden med god blottning av berggrunden kan vara fördelaktiga för tolkning och genomförande. Det går dock inte att utesluta områden med låg grad av blottning i nationell skala, eftersom de lokala variationerna kan vara betydande.**
- **Det finns inte anledning att utesluta områden med många olika huvudbergarter inom en region.**
- **Det finns inte anledning att framhålla eller utesluta regioner som i nationell skala visar variationer i brunnsdatas spridning, lineamenttäthet eller magnetisk homogenitet. Faktorerna kan beaktas och utredas vid förstudier och platsundersökningar.**
- **Den skillnad som i nationell skala finns i värmeledningsförmåga och initiell temperatur mellan olika berggrund och olika landsdelar är inte tillräckliga skäl för att framhålla regioner eller utesluta regioner från lokalisering av djupförvaret.**
- **När det gäller driften av djupförvaret är det en fördel om platser som medger gynnsam drift väljs. Detta innebär bl a att berget ska vara relativt tätt och mekaniskt stabilt. Radonhalten ska inte vara hög.**

6 MARK OCH MILJÖ – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA

I detta kapitel behandlas grundläggande förutsättningar, faktorer och andra viktiga aspekter rörande en djupförvarsanläggning ur mark- och miljösynpunkt. Framförallt beskrivs och analyseras sådana faktorer som kan bedömas i nationell skala. I lag skyddade områden samt samhällets krav på hushållning med naturresurser är exempel på sådana faktorer. Dessutom behandlas översiktligt de stora möjligheterna som finns att anpassa anläggningen till en aktuell plats och dess omgivande miljö och markanvändning.

6.1 ALLMÄNT

6.1.1 Lagstiftning och regelsystem

Djupförvaret är en unik anläggning men anses inte kräva någon särskild lagstiftning utan prövas på samma sätt som övriga kärntekniska anläggningar i det befintliga regelsystemet. Det krävs tillståndsprövning enligt en rad lagar. Särskilt viktiga är naturresurslagen (NRL), kärntekniklagen (KTL), miljöskyddslagen (ML), plan- och bygglagen (PBL) och vattenlagen (VL). Det är vid tillämpning av dessa lagar som de grundläggande kraven på verksamheten fastställs.

De delar av den nuvarande svenska lagstiftningen som berör lokaliseringen av en djupförvarsanläggning med avseende på mark- och miljöaspekter kan delas in i tre olika grupper av lagar.

- 1 Skyddslagar, såsom exempelvis naturvårdslagen, miljöskyddslagen, strålskyddslagen, lagen om kärnteknisk verksamhet.
- 2 Lagar om hushållning med eller utnyttjande av naturresurser, såsom exempelvis naturresurslagen, vattenlagen, skogsvårdslagen, lagen om skötsel av jordbruksmark.
- 3 Plan- och marklagstiftningen, såsom exempelvis plan- och bygglagen.

Kärntekniklagen och strålskyddslagen är naturligtvis av central betydelse i detta sammanhang men eftersom de främst behandlar själva verksamheten vid djupförvarsanläggningen och endast i mindre utsträckning lokalisering och platsval kommenteras de inte närmare i detta kapitel. Noteras bör dock att strålskyddslagen kräver en helhetssyn på djupförvarssystemet med en optimering av strålskyddet för hela kedjan inkapsling, transport, hantering vid djupförvaret och långsiktig förvaring, vilket måste beaktas vid utformningen av system inklusive platsval.

Naturresurslagen innehåller övergripande riktlinjer för användningen av mark- och vattenområden i Sverige för olika ändamål. Den är en så kallad paraplylag och verkar egentligen främst genom att den skall tillämpas vid beslut i frågor som rör ändrad markanvändning enligt andra speciallagar. Det kan till exempel röra sig om prövning av mål och ärenden enligt plan- och bygglagen, vattenlagen, miljöskyddslagen, naturvårdslagen, väglagen eller minerallagen, se Figur 6-1.

NRL



Figur 6-1. Naturresurslagen utgör en paraplylag för en rad olika speciallagar.

6.1.2 Lokalisering av ett djupförvar

Regeringen måste ge sitt tillstånd till valet av plats, s k lokaliseringstillstånd enligt naturresurslagen (NRL 4:1) och kärntekniklagen (KTL), vilket normalt förutsätter att berörd kommun tillstyrkt. Med hänvisning till att anläggningens tillkomst är synnerligen angelägen ur nationell synpunkt, samt om ingen annan lämplig kommun är beredd att ta emot den finns dock under speciella omständigheter vissa möjligheter för regeringen att medge undantag från den s k kommunala vetorätten (NRL 4:3). Detta är en komplicerad, svårframkomlig och icke önskvärd väg för lokaliseringen av djupförvaret. Uppläggningsarbetet är därför baserat på att man söker en samförståndslösning som uppfyller höga miljö- och säkerhetskrav, /6-1/.

Platsval och utformning av anläggningarna skall baseras på intentionerna om en god hushållning med naturresurser som anges i naturresurslagen (NRL) så att konflikter med konkurrerande intressen minimeras. Hänsyn skall därvid tas till värdefulla natur- och kulturmiljöer, områden för turism, rekreation, jakt, fiske och övrigt friluftsliv, jord- och skogsbruk, befintlig och planerad markanvändning samt andra viktiga naturtillgångar. Särskilt värdefulla eller känsliga områden undviks. Anläggningsdelar och kommunikationer utformas och anpassas sedan efter de lokala förhållandena så att de kan inpassas i terrängen och den omgivande miljön på ett skonsamt sätt.

Lagstiftningens krav på en heltäckande miljökonsekvensbeskrivning av anläggningsprojekt medför också att anläggningens miljöpåverkan redan i lokaliseringsarbetet måste vägas mot de specifika miljöförutsättningarna i olika landsde-

lar och områden vilka vart och ett innehåller högst varierande terräng, landskapstyp osv.

Slutsatsen är således att lokaliseringen ska ske så att det finns:

- **Få konkurrerande intressen för markanvändning eller bevarande.**
- **Goda möjligheter att uppföra och driva anläggningarna med uppfyllande av alla miljöskydds krav.**

Befintlig markanvändning, värdefulla områden och konkurrerande intressen av större tyngd finns oftast sammanställda på riks- eller åtminstone länsnivå genom respektive sektorsorgan och länsstyrelse och redovisade i allmänt tillgängliga kartor och statistik. Underlagsmaterialet är många gånger omfattande, mer eller mindre överskådligt men ändå relativt heltäckande och enhetligt. Därutöver finns många områden och objekt av lägre dignitet, begränsad utsträckning eller av sådan karaktär att de kan beaktas först i ett senare skede vid jämförelser i den lokala skalan. Möjligheterna att då ändå ta hänsyn till dessa är vanligen goda genom anpassning av platsval och anläggningsutformning. En mer detaljerad redovisning av den planerade framtida markanvändningen ges också i de kommunala översiktsplanerna, vilka trots sin heterogenitet utgör ett mycket omfattande och ambitiöst underlagsmaterial av stort värde inför senare analyser på läns-, kommun- och lokalnivå.

Boverket har på regeringens uppdrag tillsammans med NUTEK och Statens Naturvårdsverk under 1993-94 genomfört första delen i ett arbete för att sätta in svensk planering i ett internationellt framtidsperspektiv /6-2/. I betydande delar av landet förväntas inte några genomgripande förändringar av den nuvarande markanvändningen. De största och snabbaste förändringarna har i ett historiskt perspektiv huvudsakligen skett i de redan relativt tätbebyggda och tätbefolkade delarna av landet. Det finns idag ingenting som tyder på att något revolutionerande trendbrott skulle vara på väg i denna bemärkelse.

Man kan således anta att förändringarna även i framtiden kommer att i första hand ske i och omkring de lands-, läns- och kommundelar där exploateringstrycket redan tidigare är störst.

Terräng och topografi, markägarförhållanden, tillgänglig mark för samhällsbyggnad och industri och den lokala miljösituationen i stort är några exempel på andra mark- och miljöfaktorer som har betydelse vid lokaliseringen av ett djupförvar. De lokala variationerna är dock så stora att det endast går att dra enstaka kraftigt förenklade slutsatser vid en översiktlig analys i nationell skala.

6.1.3 Anläggningens effekter på mark och miljö

Ett djupförvar är en anläggning som ger en liten miljöpåverkan jämfört med vad som normalt kan förekomma i industriella sammanhang. Någon industriprocess förekommer inte, kemikalier förekommer sparsamt, hanteringen av bergmassor förväntas inte medföra några särskilda problem, återfyllnadsmaterial innehåller inga miljöstörande ämnen och själva avfallet är väl inkapslat och isolerat. Anläggningen kan jämföras med en medelstor industri och även om miljöeffekterna är förhållandevis små, kommer dessa att påverka miljön.

Undersökningarna och anläggningarna kommer att kräva markutrymme. De påverkar också i viss mån miljön genom transporter, borrhningar, utsprängning av berg och byggnation. Alla dessa aspekter måste beskrivas och diskuteras med kommunen, berörda människor och myndigheter.

Arealbehovet för undermarksanläggningen är någon kvadratkilometer och för industriområdet ovanjord ca 0,3 km² eller 30 hektar. Eventuella nya väg- och järnvägssträckningar är också viktiga ur planeringssynpunkt. De ger upphov till synliga anspråk på markutrymme och kan förändra landskapsbilden.

En miljökonsekvensbeskrivning (MKB-dokument) presenteras i samband med ansökan om tillstånd enligt naturresurslagen och kärntekniklagen för att påbörja en detaljundersökning på en plats. MKB-dokumentet innehåller bland annat en analys av förvarets långtidssäkerhet på den aktuella platsen. Miljökonsekvensbeskrivningen tas fram under medverkan av berörda kommuner, myndigheter m fl (MKB-process). Inför och under arbetet med platsval, tillståndsansökan, anläggningsutformning och utbyggnad sker samråd med de närmast berörda, dvs närboende, markägare samt företrädare för eventuella andra intressen som kan finnas på den aktuella platsen.

Djupförvarets behov av mark utgör en möjlig källa till konflikt med annan markanvändning. Det finns dock relativt stora frihetsgrader vid detaljlokaliseringen av industriområdet, järnväg och väganslutningar efter det att underjordsdelen lokaliserats. Onödiga markkonflikter kan därmed undvikas.

Konflikter med friluftsintrassen bör till stor del kunna förebyggas genom speciella hänsyn och åtgärder vid anläggningsutformning och drift av djupförvaret. Inverkan på friluftsliv torde i huvudsak begränsa sig till de områden som ligger i omedelbar närhet till ovanjordsanläggningen. Värdefulla kulturmiljöer och kulturminnen är oftast så geografiskt avgränsade eller belägna att de bedöms kunna undvikas vid lokaliseringen. Anläggningen torde därmed inte behöva medföra någon oacceptabel inverkan på kulturmiljöer.

Verksamheten vid djupförvaret och transporter till och från detta leder till viss inverkan på luft och vatten. Driften av djupförvaret medför utsläpp till luften av bilavgaser till följd av transporter. Det beräknade tillskottet både runt djupförvaret och längs transportsträckorna måste anses vara av liten betydelse. Under detaljundersökning och drift kommer grundvattnet att avsänkas i närheten av förvaret. Detta kan medföra att närliggande brunnar torrläggs eller får lägre kapacitet. Vidare kommer det uppumpade grundvattnet att avledas efter avskiljning av föroreningar. Brunnar och vattendrag i förvarets närhet kan övervakas med avseende på eventuella föroreningar.

Byggnaderna vid djupförvaret kan betraktas som konventionella industrilokaler. De torde i samband med en eventuell rivning inte skilja sig från vanligt industribyggnadsavfall. Stora möjligheter finns till återvinning av byggnadsmaterial.

Bergmassorna måste planmässigt hanteras så att de på ett tillfredsställande sätt anpassas till det befintliga landskapet. Bäst är om överblivna massor kan användas för andra ändamål, t ex vägbyggen, hamnanläggningar etc. Åtgärder styrs av lokala förutsättningar.

Djupförvarets miljöpåverkan kan bli mycket liten genom en redan från början omsorgsfull och hänsynstagande lokaliseringsprocess samt genom lokal miljöanpassning av anläggningar, kommunikationer och själva verksamheten.

6.2 I LAG SKYDDADE OMRÅDEN

Detta avsnitt redovisar områden som är skyddade enligt lag.

6.2.1 Naturvård

Naturskyddade områden finns i Sverige i form av

- nationalparker,
- naturreservat,
- naturvårdsområden,
- naturminnen,
- djurskyddsområden,
- domänreservat,
- strandskydd,
- våtmarker,
- skyddsvärda biotoper,
- skyddsvärd skog,
- privata reservat.

Enligt Naturvårdslagen skall etableringar som väsentligt förändrar naturmiljön diskuteras med länsstyrelsen. Det kan gälla t ex nya vägar, större schaktningar eller nya kraftledning. Länsstyrelsen kan begära åtgärder för att begränsa ingreppet i naturen.

Andelen skyddad natur i form av nationalparker, naturreservat, naturvårdsområden, naturminnen, djurskyddsområden och domänreservat utgör nästan 10% av Sveriges yta, se Figur 6-2.

Nationalparker är opåverkade naturlandskap med unik natur. Dessa har det starkaste skyddet. Endast riksdagen kan tillåta exploatering, vilket skett i samband med vattenkraftutbyggnad. För närvarande finns 24 nationalparker med en sammanlagd areal om drygt 6 000 km².

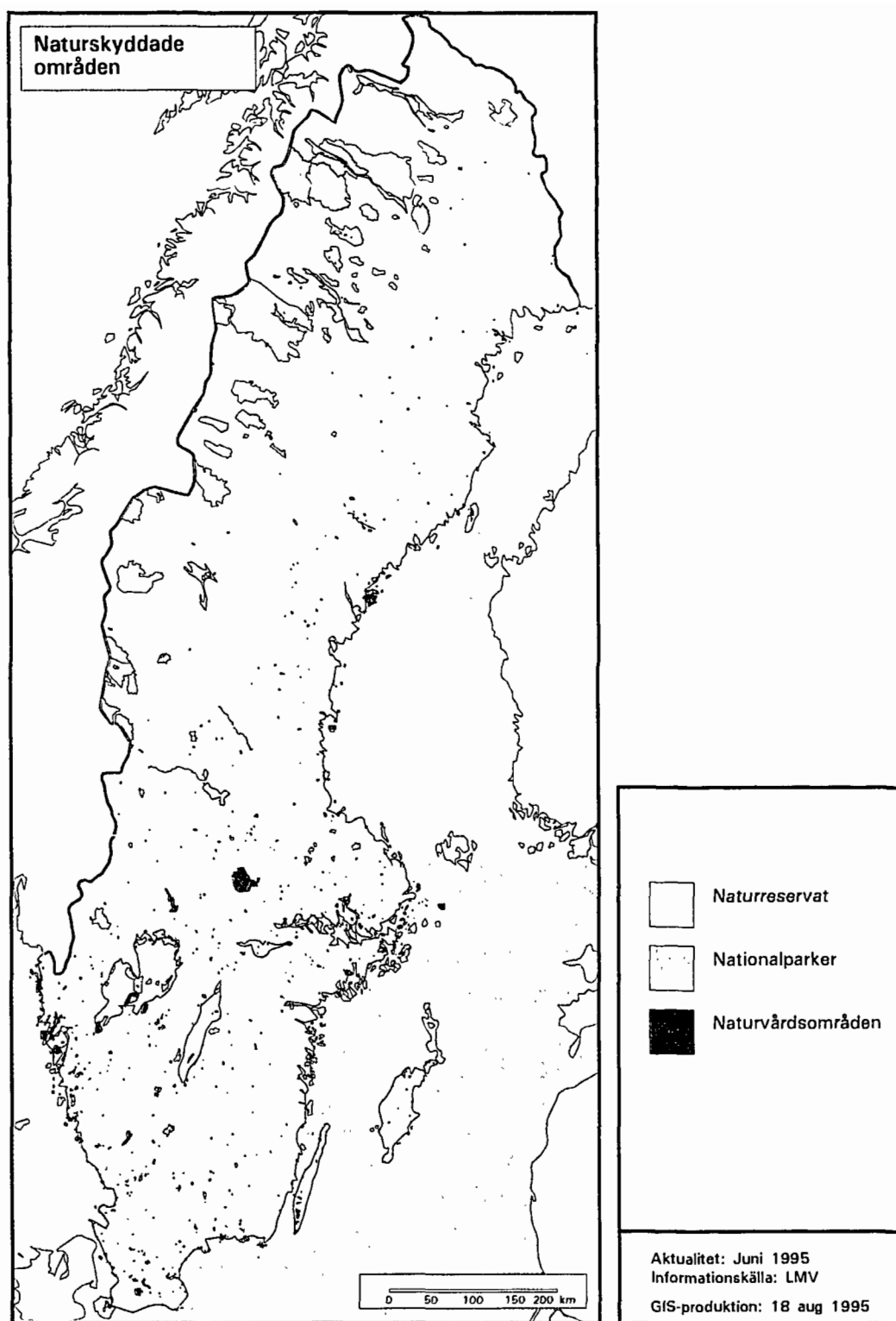
Naturreservat beslutas av länsstyrelse. Bestämmelserna skräddarsys. I vissa reservat är all ekonomisk markanvändning förbjuden, i andra kan det vara tillåtet att bedriva jord och skogsbruk. Cirka 1 400 reservat finns med en sammanlagd areal av 23 000 km².

Naturvårdsområden beslutas av länsstyrelse eller kommun. Skyddet är relativt svagt. Det finns ett 100-tal områden med en sammanlagd areal av knappt 2 000 km².

Naturminnen utgörs av enskilda föremål eller mycket små områden och beslutas av länsstyrelserna. Det finns ungefär 1 400 naturminnen, varav de flesta är botaniska minnesmärken.

Djurskyddsområden är till för skydd av faunan, men inte av marken eller vattnet. De flesta av de cirka 900 områdena ligger i sjöar eller skärgårdar.

Domänreservat är områden i vilka domänverket (nuvarande AssiDomän) frivilligt avstått från skogsbruk. Även andra skogsbolag har avsatt motsvarande reservat. De kan dock omprövas när som helst eftersom de inte är rättsligt bindande. Sammanlagd areal runt 12 000 km².



Figur 6-2. De viktigaste i lag skyddade naturområdena är nationalparker, naturreservat och naturvårdsområden (6% av Sveriges landareal). I lag skyddade områden ska kunna undvikas vid lokaliseringen.

Strandskydd finns för att inte begränsa möjligheten att röra sig längs kuster, insjöar och vattendrag. Strandskyddet innebär förbud mot nya byggnader eller anordningar inom 100 meter, eller i vissa fall upp till 300 meter, från strandlinjen. Ekonomiska byggnader för jord och skogsbruk, fiske och renskötsel berörs inte av bestämmelserna om strandskydd.

Våtmarker (kärr, myrar, mossar m m). Ungefär en femtedel av Sveriges yta utgörs av våtmarker. Naturvårdslagen och naturvårdsförordningen har ändrats för att ge vissa våtmarker skydd mot markavvattnings. Förbud mot markavvattnings råder helt eller delvis i ett antal län och kommuner. Länsstyrelsen kan dock medge undantag i det enskilda fallet. Dessutom har trettio områden markerats av Sverige i den s k Ramsarkonventionen ("Convention on Wetlands") som skyddade (berör i första hand våtmarker av betydelse för fågelbeståndet). De trettio områdena upptar en total yta av 3 800 km². Av den ytan är ca 60% (24 av områdena) skyddade som nationalpark, naturreservat eller naturvårdsområde.

Skyddsvärda biotoper. Skyddet ges på olika nivåer och kan utfärdas av olika instanser. Vissa typer av biotoper är generellt skyddade. Inga geografiska områden pekats ut i lagen, endast olika typer av skyddsvärda biotoper.

Skyddsvärd skog är svårföryngrad skog eller skyddsskog där avverkning inte får ske utan skogsvårdsstyrelsens tillstånd. Regeringen eller myndighet för vissa områden kan besluta att sådan avverkning inte får ske. Avverkning i fjällnära skog får inte heller ske om den är oförenlig med naturvårds- och kulturmiljöintressen. Ädellövskogslagen avskaffades 1993 och skyddet finns nu i skogsvårdslagen. Skyddsvärd skog skyddas även på annat sätt i nationalparker, naturreservat, naturskyddsområden, riksintressanta områden, domänreservat, urskogsobjekt, privata reservat etc.

Information om skyddade områden finns hos naturvårdsverket, länsstyrelserna, kommunerna samt olika organisationer. Lantmäteriverkets databaser och de kommunala översiktsplanerna kan exempelvis ge ett gott underlag.

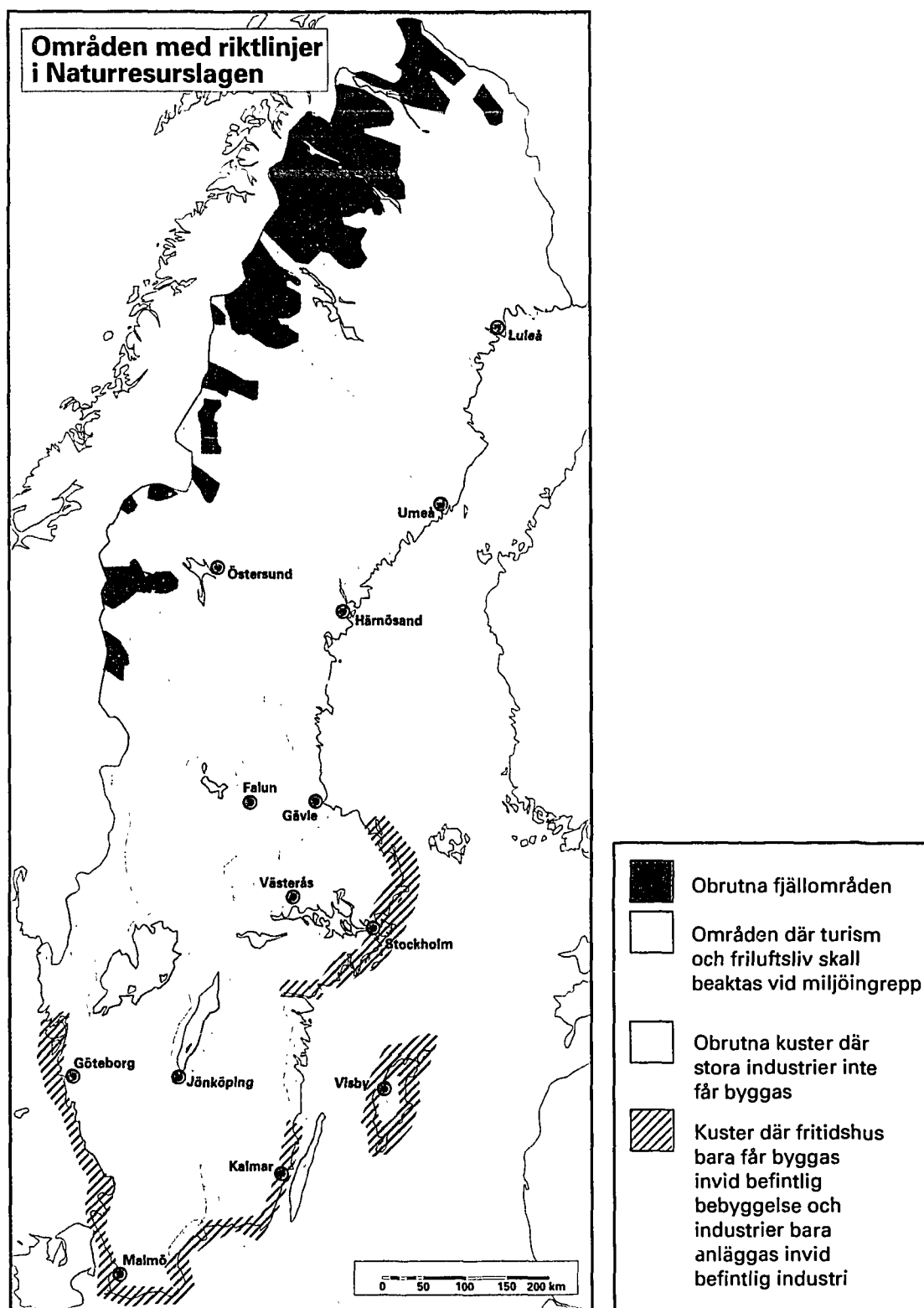
I en översiktlig studie i nationell skala kan främst förekomsten av större sammanhängande områden bestående av en eller flera nationalparker och naturreservat i vissa landsdelar beaktas, se Figur 6-2.

Det är viktigt att undvika de områden som åtnjuter formellt skydd. Några exempel är delar av fjällkedjan, delar av kust- och skärgårdsområden, områden kring vissa större sjöar och vattendrag samt särskilt värdefulla naturområden i nära anslutning till större tätorter och befolkningscentra.

Se vidare avsnitt 6.3 samt Figuren 6-2 och 6-3.

6.2.2 Kulturvård

Det formella skyddet avseende kulturvårdens intressen berör främst enskilda objekt eller grupper av objekt såsom fornminnen och byggnader som förklarats vara byggnadsminnen. Sammanhängande kulturmiljöer vilka betraktas som särskilt värdefulla har i vissa fall utpekats som riksintressen enligt naturresurslagen men behöver därmed inte åtnjuta något formellt skydd, i varje fall inte i nationell skala. Däremot kan de kringgärdas av restriktioner och skyddsbestämmelser i den regionala eller lokala skalan genom rekommendationer eller bestämmelser i anslutning till marklagstiftning och planerad markanvändning.



Figur 6-3. Områden som omfattas av särskilda riktlinjer "geografiska hushållningsbestämmelser" enligt Naturresurslagen.

Byggnadsminnen, fornminnen, kulturmiljöer m m. Lokaliseringsförslag som helt eller delvis berör existerande skyddsområden för kulturvård bör undvikas. Storleken på de områden som är skyddade som riksintresse eller lokalt/regionalt intresse för kulturvård är dock oftast begränsad. Möjligheterna att beakta dessa aspekter på ett tillfredsställande sätt i de senare skedena av lokaliseringsprocessen, dvs i samband med förstudier och platsundersökningar, är därmed goda. Befintliga skydd skall finnas angivna i de kommunala översiktsplanerna.

Byggnadsminnen, fornminnen och kulturmiljöer beaktas i samband med förstudier och platsundersökningar.

6.3 HUSHÅLLNING MED NATURRESURSER

6.3.1 Bakgrund

Detta avsnitt behandlar främst vissa grundläggande regler och riktlinjer i naturresurslagen. Områden vilka åtnjuter särskilt skydd eller betraktas som särskilt värdefulla eller skyddsvärda enligt naturvårdslagen och naturresurslagen redovisas. Dessutom kommenteras kortfattat innebörden av skyddsbestämmelserna i lagen om skydd för kulturminnen och i byggnadsminneslagen.

Natur- och kulturvården har sedan länge själva pekat ut ett stort antal tillsammans tämligen omfattande områden som skyddade eller särskilt skyddsvärda.

Den svenska lagstiftningen inom natur- och kulturvården arbetar traditionellt för att tillvarata, bevara och skydda på två olika sätt:

- Rent bevarande, genom avsättning av särskilda, oftast relativt begränsade områden vilka ges formellt skydd i lag eller som områdesskydd. Framförallt rör det sig om att skydda naturvårdens eller friluftslivets intressen genom nationalparker, naturreservat, naturvårdsområden, fågelskyddsområden eller fridlysning etc. enligt naturvårdslagen, se avsnitt 6.2.
- Planering av utnyttjande och hushållning med landets naturresurser genom övergripande riktlinjer i naturresurslagen samt utpekande av vissa särskilt viktiga geografiska områden (särskilda hushållningsbestämmelser) och områden med sådana värden som gör att de betraktas vara av riksintresse. Dessa områden åtnjuter, även om de många gånger saknar preciserat eller formellt skydd, därmed indirekt en form av skydd. Man skulle kunna säga att de betraktas som skyddsvärda men saknar formellt skydd. Denna typ av områden behandlas i detta avsnitt, 6.3.

6.3.2 Naturresurslagen

I naturresurslagens grundläggande hushållningsbestämmelser, kap. 2 anges bl a att *"Mark- och vattenområden skall användas för det eller de ändamål för vilka de är bäst lämpade med hänsyn till beskaffenhet och läge samt föreliggande behov. Företrädare skall ges sådan användning som medför en från allmän synpunkt god hushållning"*.

Naturresurslagens 2:a kapitel innehåller också allmänna skydds- och hänsynsregler rörande bl a ekologiskt känsliga områden eller stora opåverkade områden, jord- och skogsbruksmark av särskild betydelse, rennäringen, natur- och kulturvården, friluftsliv, totalförsvaret, områden som innehåller värdefulla ämnen eller material samt områden som är särskilt lämpliga för vissa anläggningar som exempelvis en djupförvarsanläggning (NRL 2:2-10).

I naturresurslagen anges vidare:

- riksintressen inom olika samhällssektorer,
- skydd för riksintressen,
- geografiska hushållningsbestämmelser,
- krav på regeringsprövning av lokalisering av större s k miljöstörande anläggningar, såsom exempelvis en djupförvarsanläggning.

Vilka områden i landet som är av riksintresse definieras närmare av respektive sektorsmyndigheter, t ex naturvårdsverket, riksantikvarieämbetet och Närings- och teknikutvecklingsverket (NUTEK) tillsammans med Boverket.

Regeringen anger /6-3/ att kärnkraftinspektionen (SKI) bör få ansvaret att efter samråd med strålskyddsinstitutet (SSI), naturvårdsverket och berörda länsstyrelser få ansvaret för att till länsstyrelserna lämna uppgifter om sådana områden som myndigheterna bedömer vara av riksintresse för slutförvaring av kärnbränsle och kärnavfall.

Kommunerna skall i sina översiktsplaner redovisa, tolka och avgränsa samtliga riksintressen samt ge ramar för hur de skall skyddas mot oacceptabla ingrepp. Områden av riksintresse ska så långt som möjligt skyddas mot ingrepp som påtagligt försvårar eller motverkar bevarandet eller utnyttjandet för angivet ändamål men ett riksintresse innebär inte ett förbud mot förändringar.

De särskilda hushållningsbestämmelserna som gäller i landet enligt NRL 3 kap. namnger och avgränsar i grova drag ett antal områden som, med hänsyn till sina natur- och kulturvärden, i sin helhet är av riksintresse, se Figur 6-3.

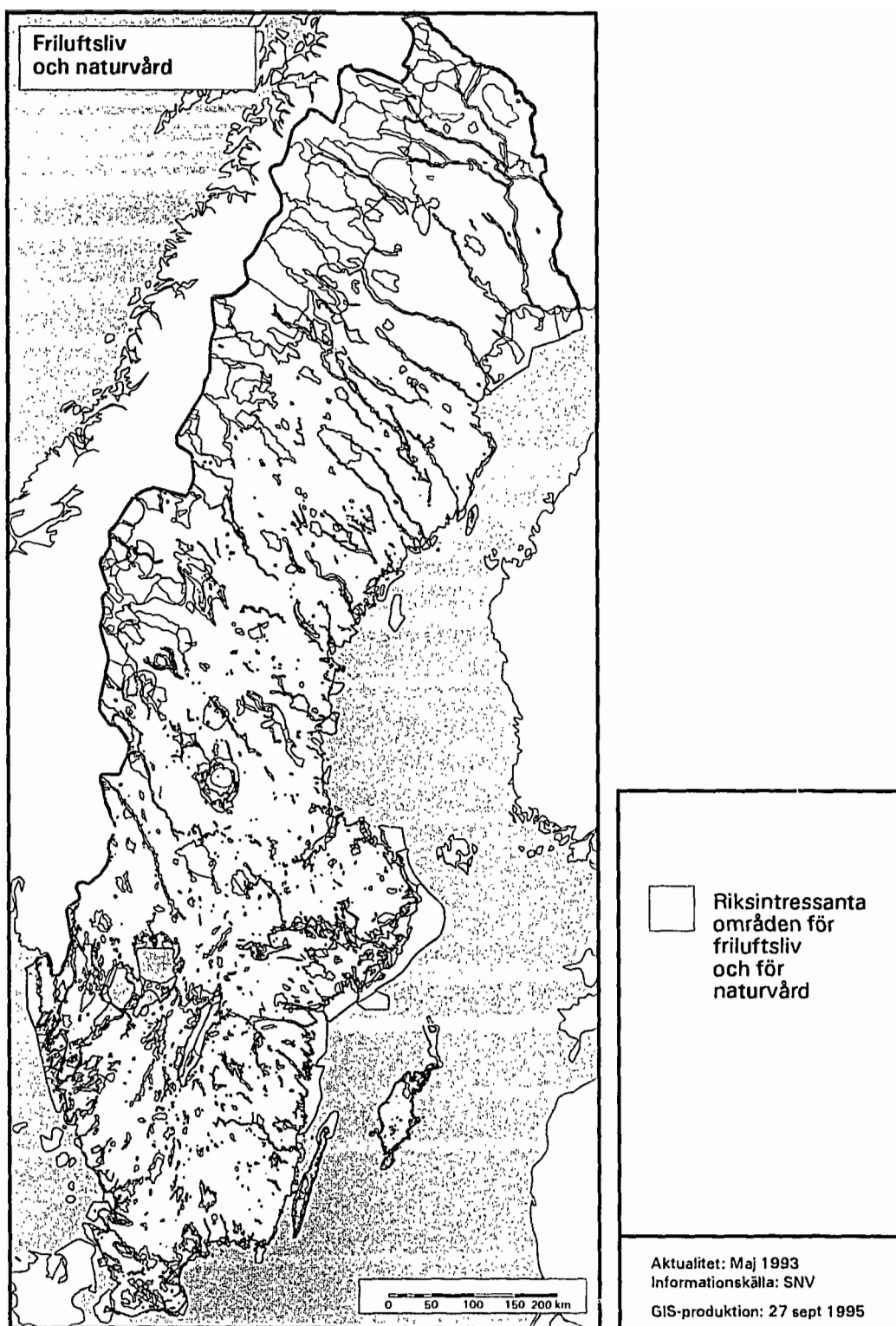
Andra områden som av naturvårdsverket och riksantikvarieämbetet utpekats vara av riksintresse för naturvård och/eller friluftsliv framgår av Figur 6-4.

Möjligheterna att utan konflikter med hänsyn till hushållningen med naturresurser finna lämpliga lokaliseringar för nya exploateringsföretag av typen större s k miljöstörande anläggningar, vilka kräver regeringens lokaliseringstillstånd begränsas således på många olika sätt, inte minst i följande delar av landet:

- längs kusterna, särskilt i skärgårdsområdena,
- i fjällområdena,
- på Öland och Gotland,
- runt de stora insjöarna,
- längs de fyra outbyggda Norrlandsälvarna,
- samt kring ett antal särskilt angivna älvsträckor, vattendrag- och vattenområden.

De så kallade riksintresseområdena enligt naturresurslagen, omfattar betydande delar av landet och ger en form av indirekt skydd men innebär inget förbud mot exploatering. Ett områdes betydelse ur exempelvis naturvårdssynpunkt måste vägas mot värdet av att på lämpligast sätt ta hand om kärnavfallet, vilket också betraktas som ett riksintresse. De i lag skyddade naturområdena är något mer begränsade men kan förväntas öka i antal och utsträckning i framtiden.

I lag skyddade områden skall undvikas i lokaliseringsarbetet. Även riksintresseområden bör om möjligt undvikas.



Figur 6-4. Områden av riksintresse för naturvård och friluftsliv. Riksintresseområden bör om möjligt undvikas.

6.3.3 Djupförvarets effekter på hushållning med naturresurser

Djupförvarets eventuella påverkan på hushållningen med naturresurser kan bedömas ur två aspekter. Naturresurser kan komma att förbrukas alternativt blockeras.

Djupförvaret förutsätter inte utnyttjande av några naturresurser (ämnen, material etc) för vilka de regionala eller globala tillgångarna kan förväntas vara knappa. Lokalisering av ett djupförvar kan påverka hushållningen av de naturresurser som finns inom kommunen och regionen, genom att tillgångarna blockeras för alternativ användning. Sådana naturresurser är främst naturmiljö, mineraltillgångar, grundvatten och torv. Om lokalisering sker till ett område som ej åtnjuter något formellt skydd eller utpekats som särskilt skyddsvärt kommer påverkan att ske i en naturtyp som är vanlig och ej speciellt skyddsvärd. I det fallet kan djupförvaret inte anses påverka hushållningen av naturresursen naturmiljö.

Om lokalisering av industriområdet däremot sker till område med speciella värden för exempelvis naturmiljö, kulturmiljö, framtida bebyggelse, friluftsliv eller rennäring innebär detta i sig en konflikt med resurshushållningen. Konflikten torde kunna begränsas genom speciella hänsyn vid den detaljerade lokaliseringen och anläggningsutformningen. I vissa fall – t ex då områdets värde ligger i att det är orört – innebär ett djupförvar en konflikt med resurshushållningen.

Lokaliseringen av djupförvaret kommer att undvika områden med malmer eller mineral som kan vara av intresse för brytning i framtiden (se avsnitt 4.6 samt Figur 4-14 och 4-15). Detta medför att djupförvaret inte kommer inkräkta på möjligheterna att utvinna malmer och mineral. Därmed har djupförvaret i detta hänseende inga effekter på hushållningen med dessa naturresurser.

En översiktlig studie i nationell skala ger en första bild av var i landet som man kan befara konflikter med hushållningen med naturresurser, framförallt avseende formellt skyddade områden, riksintresseområden och förekomst av malmer och industrimineral.

Områden där särskilda intressen för hushållning av naturresurser finns bör undvikas. Det finns inte skäl för att i detta skede generellt utesluta alla, eller delar av dem. Möjligheterna till plats- och miljöanpassning av djupförvarsanläggningen, så att eventuella ingrepp i områdena ej behöver bli oacceptabla, bedöms goda.

6.4 MARKANVÄNDNING OCH SAMHÄLLSPLANERING

Vid lokaliseringen är det naturligtvis önskvärt att om möjligt försöka undvika konflikter inte bara med naturmiljö- och kulturintressen utan också med såväl nuvarande eller pågående markanvändning som med planerad eller annan tänkbar framtida markanvändning.

6.4.1 Nuvarande markanvändning

Hur olika mark- och vattenområden används idag är relativt lätt att fastställa. Redan de allmänt tillgängliga översiktskartorna över landet eller länen ger en stor informationsmängd vad gäller naturtyp, topografi, befolkning, infrastruktur och kommunikationer. Dessutom är tillgången på olika tematiska Sverigekartor god, /6-4, 6-5/.

Det är framför allt de storskaliga allmänna kartorna över landet och länen som tillsammans med kartor över exempelvis befolkningstäthet ger en grov bild av demografi och infrastruktur.

Ett visst avstånd till tätorter, samlad bebyggelse och detaljplanlagda områden torde vara önskvärt för att undvika onödiga konflikter i form av expropriation och markinlösen eller andra störningar som t ex blockering av framtida expansionsmöjligheter. I tätorternas randområden finns dessutom ofta så kallade tätortsnära rekreationsområden som tillmätts allt högre värde. Denna fråga behandlas med fördel i samband med förstudier och platsundersökningar.

Hälsa och säkerhet samt omgivningspåverkan är centrala begrepp i bland annat plan- och bygglagen, miljöskyddslagen och lagen om hushållning med naturresurser. Risker för hälsa, säkerhet och omgivningspåverkan vid industrietablering har behandlats i /6-6/. Där redovisas miljöproblem och rekommenderade skyddsavstånd för olika typer av anläggningar. De innebär exempelvis normala skyddsavstånd om 200-1000 m beroende på anläggningens typ och de lokala förutsättningarna. I praktiken har det visat sig svårt att tillämpa de rekommenderade skyddsavstånden såväl för befintliga industrier som vid nylokalisering /6-7/. Eventuellt skyddsavstånd för ett djupförvar är inte fastställt.

Uppgifter om markägare finns bl a i det centrala fastighetsdataregistret (CFD) och i markägardatabas. Det sistnämnda materialet är framtaget i skalan 1:1 miljon och kan möjligen i någon mån användas till mycket översiktliga bedömningar. Tillgång till statlig mark, kommunal mark eller bolagsmark kan förenkla inlösandet av erforderligt markområde. Uppgifter om fastighetsindelning och typ av ägarform för berörda markområden kan också ge en indikation på möjliga konflikter. Extremt splittrad fastighetsindelning och ägandeförhållanden såsom exempelvis i Dalarna och delar av Värmland skulle kunna medföra att genomförandet försvåras. Detta har dock inte med ett områdes lämplighet att göra och är inte heller någon avgörande lokaliseringsfaktor, varken i detta skede eller senare när aspekten möjligen kan beaktas.

Andra tematiska kartor som kan vara intressanta är t ex läget av bra åker- och skogsmark. Kartorna i nationell skala är dock alltför grova för någon djupgående analys. Det tema de representerar bör inte heller vara av avgörande betydelse vid lokaliseringen av ett djupförvar. De största möjligheterna att beakta även dessa aspekter ges rimligen genom miljöanpassning av platsval och anläggningsutformning.

6.4.2 Planerad eller tänkbar framtida markanvändning

En djupförvarsetablering innebär i första hand ungefär en 50-årsperiod för etablering, drift och förslutning. Efter de 50 åren är tanken att djupförvaret ska kunna förslutas och industriområdet kunna rivas, så att platsen återställs i ett så ursprungligt skick som möjligt. Då inga restriktioner för markanvändningen, med undantag av förbud mot djupbörning, egentligen behövs efter återställandet kan påverkan på den långsiktiga framtida markanvändningen på platsen och i dess omgivning bli mycket begränsad.

Att utnyttja områden i anslutning till befintliga eller nedlagda industrier eller områden som i de kommunala planerna utpekats som markreserver för tung eller sk miljöstörande industri är en möjlighet som bör beaktas. Det skulle kunna bidra till att reducera och minimera de olika typer av störningar som en djupförvarsetablering kan medföra, samt eventuellt ge tekniska och infrastrukturella samordningsfördelar. De enda industrianläggningar, där vid en översiktlig bedömning i nationell skala, någon form av samlokalisering, exempelvis till samma kommun, skulle kunna innebära vissa uppenbara och väsentliga fördelar är redan befintliga kärntekniska anläggningar. Konkreta gynnsamma förutsättningar är korta transportvägar samt särskild tillgång till kompetent och erfaren personal i kommunen.

6.5 SAMMANFATTANDE VÄRDERING

Möjligheterna att lokalisera nya anläggningar begränsas på flera olika sätt av samhällets ramar och regler. I vissa fall innebär det restriktioner som inte går att påverka även om detta inte alltid behöver betyda ett absolut förbud mot nya etableringar.

Lokalisering till sådana områden som är direkt skyddade i lag är inte vare sig nödvändig eller önskvärd och skall undvikas.

Allmänna hushållnings-, skydds- och hänsynsregler i bland annat naturresurslagen, naturvårdslagen och skogsvårdslagen m fl lagar utgör också restriktioner även om de inte innebär något direkt skydd. Riksintresseområden skall så långt som möjligt skyddas mot ingrepp som påtagligt försvårar eller motverkar bevarandet eller utnyttjandet för angivet ändamål men innebär inget förbud mot förändringar. Flera riksintressen kan samsas eller konkurrera med varandra i ett och samma område. Att finna en lämplig plats för djupförvarsanläggningen utgör i sig ett riksintresse.

Områden som är av riksintresse i andra sammanhang kan inte utan vidare uteslutas. Lokaliseringsarbetet bör emellertid inriktas mot att undvika att lokalisera djupförvarets industriområde till sådana områden, eller att åtminstone placera och utforma anläggningen på ett sådant sätt att inte ändamålet med riksintresset påverkas negativt. Förbrukning eller blockering av naturresurser som ej är nödvändig skall om möjligt undvikas.

Aspekter rörande markanvändning och samhällsplanering i övrigt studeras närmare i samband med förstudier och platsundersökningar.

Det är vid lokaliseringen av djupförvaret önskvärt, att undvika konflikter med såväl nuvarande eller pågående markanvändning som med planerad eller annan tänkbar framtida markanvändning.

7 SAMHÄLLE – VÄRDERINGAR I NATIONELL SKALA

I detta kapitel behandlas ett antal för lokaliseringen viktiga faktorer eller aspekter av samhällsvetenskaplig eller social karaktär. De utgör tillsammans ett underlag för att beskriva ett samhälles eller en kommuns allmänna förutsättningar och tänkbara konsekvenser av en lokalisering. I nationell skala är antalet faktorer och aspekter som kan studeras och bedömas på ett meningsfullt sätt begränsat. De faktorer som beskrivs är administrativa gränser, demografi, näringsliv och arbetsmarknad, infrastruktur, kommunservice och -ekonomi, godtagande och hälsa. I förstudier behövs en mer ingående utvärdering av olika samhällsaspekter.

7.1 ALLMÄNT

Etablering och drift av ett djupförvar kommer att på olika sätt påverka orten och regionen. Det gäller t ex inverkan på sysselsättning, näringsliv, lokal service och befolkningsutveckling samt miljön och förhållandena i övrigt. Den detaljerade miljökonsekvensbeskrivning som under det fortsatta lokaliseringsarbetet kommer att tas fram i en öppen s k MKB-process under medverkan av kommuner, myndigheter och andra berörda utgör en central del för att beskriva påverkan på mark och miljö, se Kapitel 6.

Lokaliseringen av ett djupförvar skall genomföras så att /7-1/:

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

Förutom SKB, myndigheter och politiker berörs ett antal olika aktörer med skilda roller och på skilda sätt av lokaliseringsprocessen. En central roll spelar naturligtvis kommunen, dess invånare och inte minst närboende och andra närmast berörda. Plan- och bygglagen ger kommunen det primära ansvaret för information till närboende och andra berörda. Det är också vanligt att olika intresseorganisationer både på riks- och lokalplanet agerar i kontroversiella frågor. Ibland bildas särskilda opinions- eller aktionsgrupper mot en etablering och i vissa fall också för en etablering. Eftersom en kommuns utveckling i hög grad påverkas av bl a politik och konjunkturer så blir orsakssambanden svåröverskådliga och beroende av valt tidsperspektiv.

7.2 VIKTIGA FÖRUTSÄTTNINGAR OCH UTVECKLINGSTENDENSER

Att i en översiktlig lokaliseringsstudie i nationell skala bedöma och jämföra konsekvenserna av en eventuell djupförvarsetablering i olika landsdelar, regioner, län eller kommuner är svårt. Man kan endast identifiera vissa markanta särdrag, vilka dessutom i många fall tenderar att vara föränderliga och beroende av den aktuella

konjunkturen, politiken osv. Dessa frågor studeras lämpligen i lokal skala i förstudier.

I en översiktsstudie i nationell skala måste man begränsa antalet faktorer och göra en del generaliseringar och förenklingar. De lokaliseringsfaktorer som diskuteras i det följande är:

- administrativa gränser,
- demografi,
- näringsliv och arbetsmarknad,
- infrastruktur,
- kommunservice och -ekonomi,
- godtagande,
- hälsa.

7.2.1 Administrativa gränser

Den socioekonomiska inverkan slutar inte vid kommungränsen. Grannkommuner och regionen i stort kommer också att påverkas i viss grad.

Områden i närheten av nationsgränser eller som går över kommun- och länsgränser kan förutses bli svårare att hantera planeringsmässigt än andra områden, se vidare Figur 7-1.

Områden i omedelbar närhet av administrativa gränser kan kräva särskilda överväganden, särskilt vad avser riksgränsen.

7.2.2 Demografi

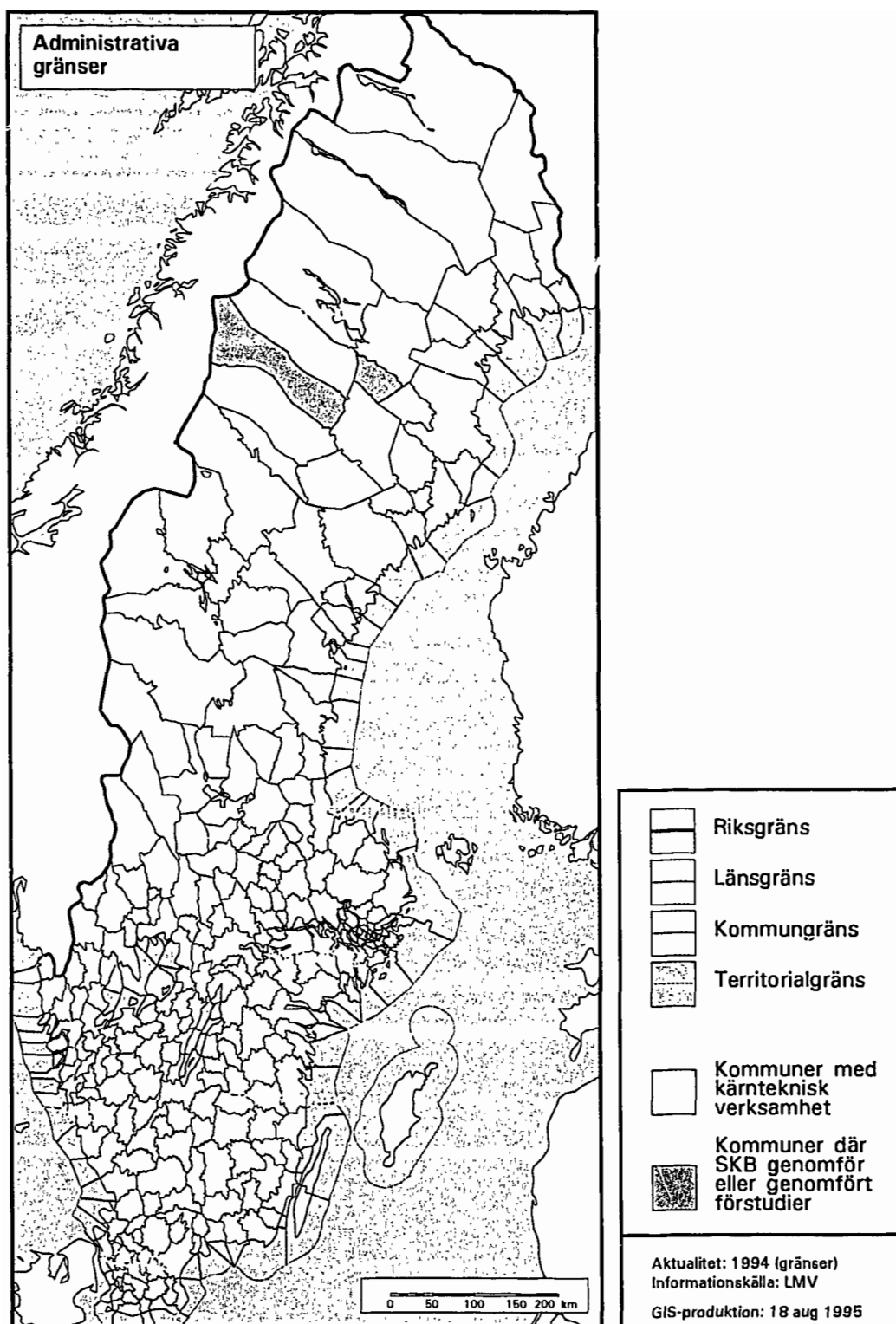
Ett djupförvar är inte förknippat med sådana risker, krav eller villkor att det är nödvändigt med lokalisering till avlägsna eller glest befolkade områden. Däremot kan låg befolkningstäthet minska risken för konflikter med konkurrerande markanvändningsintressen. Risken för konflikter med andra markanvändnings- och bevarandebestånden gör sig ofta gällande i särskilt hög grad omkring lite större samhällen. Här finns behov av mark för expansion av bebyggelse såväl som för lätt tillgänglig rekreation, se även Figur 7-2.

I ett historiskt perspektiv förändras befolkningens och därmed även bebyggelsens fördelning och lokalisering i landet mycket långsamt. Bindningarna till de ursprungliga jordbruks- och kustområdena samt befintliga orter och infrastruktur är stark. Förändringar sker främst i utkanten av de nuvarande orterna och inget tyder på att detta kommer att förändras i någon högre grad i framtiden.

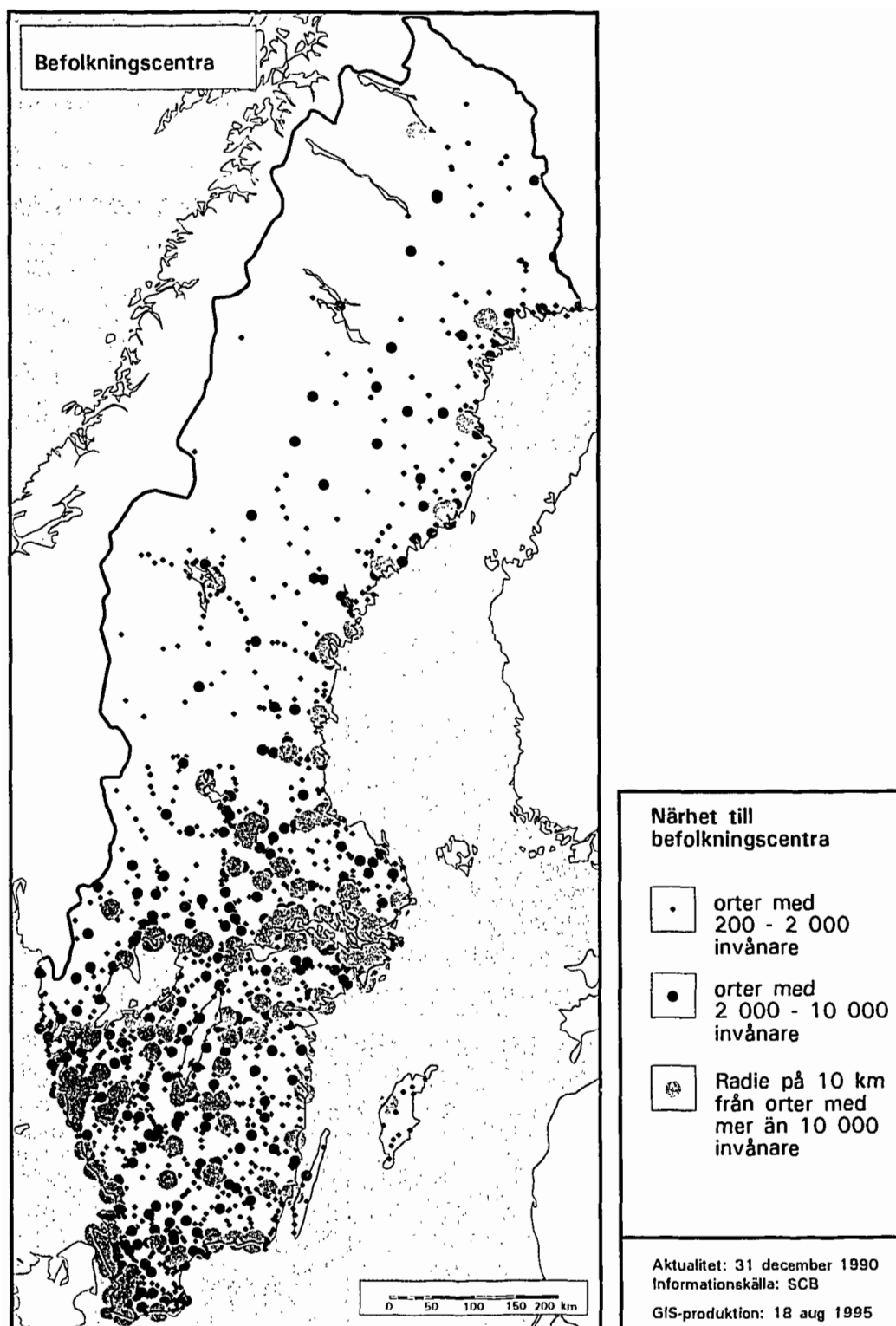
Anläggning av ett djupförvar är en samhällsnytta både ur nationellt och lokalt perspektiv. Om denna nytta ska kunna tillgodogöras i den lokala skalan, bör djupförvaret lokaliseras i anslutning till ett befintligt samhälle. Om detta samhälle eller bygd är expansivt, kan å andra sidan ett djupförvar blockera markanvändningen m m.

Frågan om platsvalet inom en kommun utreds i samband med förstudier och platsundersökningar.

Utredningar /7-2/ /7-3/ som genomförts inom ramen för de två pågående förstudierna i Storuman respektive Malå visar att 400-500 personer fler kan förväntas komma att bo i kommunen med en djupförvarsanläggning än utan. Bedömningen



Figur 7-1. Administrativa gränser samt kommuner som har kärntekniska anläggningar och kommuner där SKB genomför eller genomfört förstudier.



Figur 7-2. Befolkningscentra. Figuren illustrerar befolkningens fördelning och en zon med 10 km utsträckning runt orter med mer än 10 000 invånare.

har gjorts mot bakgrund av ett referensscenario utan djupförvar som innebär en fortsatt negativ befolkningsutveckling för dessa kommuner samt baserats på såväl direkta som indirekta sysselsättningseffekter orsakade av djupförvaret. Befolkningseffekten antas avklinga efter att anläggningen förslutits och avvecklats men kommer sannolikt att kunna spåras under betydligt längre tid än den 50-årsperiod som ger direkta sysselsättningseffekter. Effekterna på befolkningsutvecklingen kan därmed bli betydelsefulla i mindre kommuner men är troligen marginella i större kommuner.

7.2.3 Näringsliv och arbetsmarknad

Det finns fördelar med en lokalisering till områden där likartad verksamhet redan bedrivs. Fördelarna är förknippade dels med att det finns yrkesmässig erfarenhet som bl a bör underlätta rekrytering av drift- och underhållspersonal, tillgång till relevanta kunskaper och erfarenheter hos allmänhet och politiker, samt samordningsfördelar.

Djupförvarsverksamheten har, förutom att den är av kärnteknisk karaktär, flera viktiga beståndsdelar som kan liknas vid vad som förekommer vid gruvor, bergbyggande och kraftverksanläggningar samt tunga transporter. Orter och regioner med erfarenheter och kunnande från sådana verksamheter skulle därför kunna antas påverkas i mindre utsträckning än orter av annan karaktär.

Kommunens vilja att bredda näringslivsstrukturen kan också vara en betydelsefull faktor för en lokalisering. Näringslivsstrukturen ger indikationer om karaktären på kommunen och om möjligheten att hitta kompetent arbetskraft.

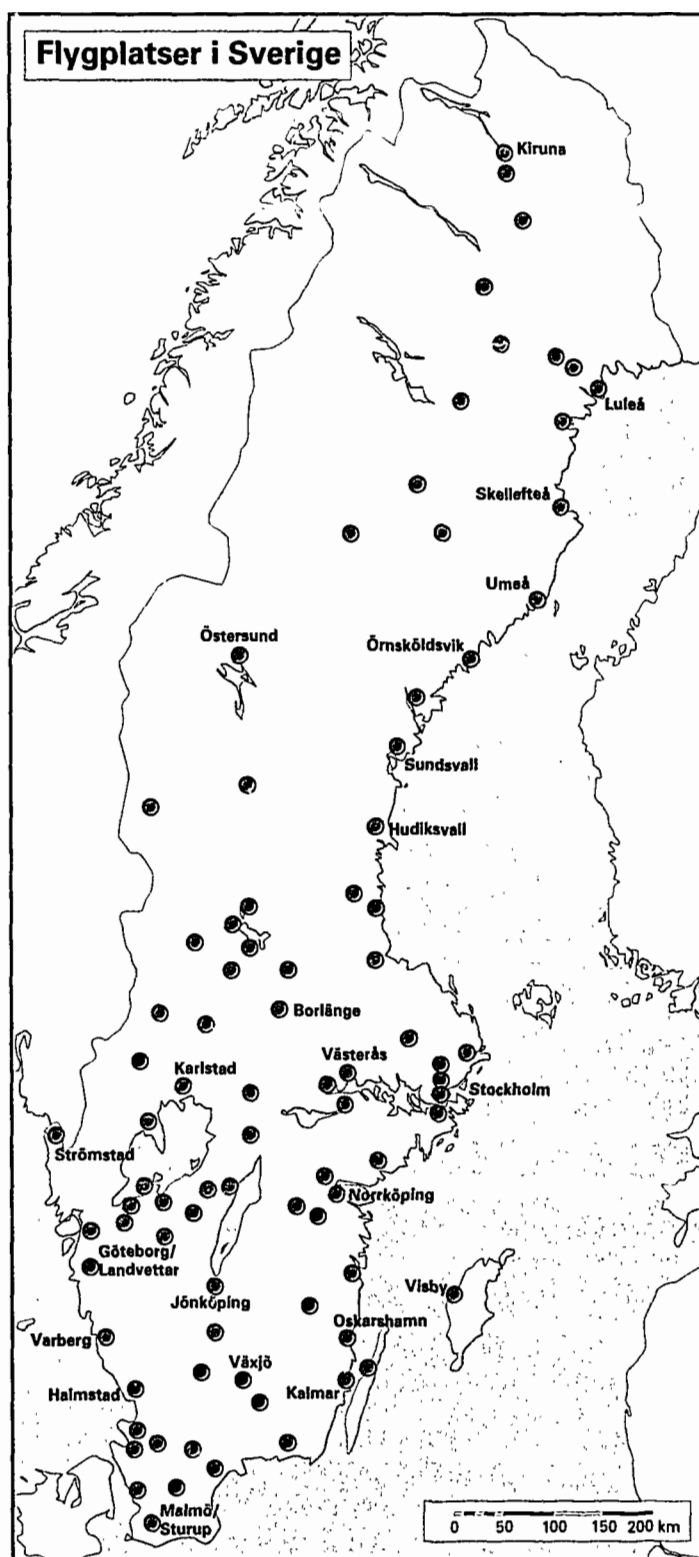
Personalbehovet kommer att variera under den 50-årsperiod då djupförvaret ger direkta sysselsättningseffekter. Den största sysselsättningseffekten förväntas några år under perioden år 2005-2009, dvs i det inledande bygg- och anläggningsskedet och kan innebära storleksordningen 500-600 arbetstillfällen. Under driftskedet, dvs större delen av 50-årsperioden beräknas djupförvarsanläggningen sysselsätta 150-220 personer.

Den direkta sysselsättning, i genomsnitt ca 200 personer per år i 50 år, med åtföljande effekter på folkmängden som djupförvaret medför, ger dessutom upphov till ett antal indirekta arbetstillfällen i handel, servicenäringar m m. De indirekta effekternas storlek beror i hög grad på de lokala förutsättningarna rörande näringsliv och arbetsmarknad. Förstudierna i Storuman och Malå har pekat på 100 indirekta årsarbeten i genomsnitt under 50 år /7-2/ och /7-3/.

7.2.4 Infrastruktur

Anknytning till befolknings-, näringslivs- och kulturcentra samt till erforderlig infrastruktur kan vara värdefullt både ur för djupförvaret rent funktionell synpunkt och genom att det ger möjlighet att skapa en attraktiv arbetsplats samt rekrytera kvalificerad personal m m. Väg- och järnväg finns i princip alltid inom rimligt avstånd liksom flygplatser, se Figur 7-3. Kartan visar flygplatser som har eller skulle kunna ha reguljär passagerartrafik. Som synes är möjligheterna att nå en flygplats inom en timmas bilresa goda över i stort sett hela landet.

Beroende på lokala förutsättningar kan djupförvarsverksamheten i varierande grad bidra till att bibehålla, förbättra eller t o m skapa (t ex genom eventuell ny järnväg eller passagerarunderlag till flyget) den tekniska infrastrukturen, kommunikationerna samt därmed förutsättningarna för transporter och resande. Sådana effekter kan, om de tas till vara, vara positiva för det lokala näringslivet inklusive turismen. Motsvarande effekter erhålls även i de "mjukare" delarna av samhällets infrastruktur.



Figur 7-3. Av luftfartsverket godkända flygplatser. Efter 17-41.

tur genom ökat underlag för skolor, utbildning, barn- och äldreomsorg, sjukvård, handel och övrig lokal service.

7.2.5 Kommunservice och -ekonomi

En kommuns ekonomiska situation och serviceutbud såsom bostadsförsörjning, utbildningsmöjligheter, sjukvård, barn- och äldreomsorg ger tillsammans med förhållandena vad gäller befolkning, näringsliv, arbetsmarknad och infrastruktur i övrigt indikationer om kommunens karaktär och möjliga framtida utveckling. Kommunservice och -ekonomi och deras betydelse ut lokaliseringsynpunkt låter sig dock svårigen utvärderas på en översiktlig nivå i nationell skala utan är av intresse främst i förstudier på kommunnivå.

7.2.6 Godtagande

Vad som utgör positiva respektive negativa konsekvenser av ett djupförvar är i viss utsträckning en fråga om bedömningar och värderingar. Förenklat och lite tillspetsat finns två markant skilda synsätt på djupförvaret.

- I ett perspektiv är djupförvaret en för nationen viktig miljöskyddsanläggning i vilken kärnavfallet isoleras så att framtidens människor skyddas. Det bygger på långsiktig planering och höga kvalitetskrav, ger bra jobb med avancerad teknik, väcker intresse såväl i Sverige som internationellt och kommer att bidra på ett positivt sätt till kommunens och regionens ekonomi och samhällsliv.
- I ett annat perspektiv är djupförvaret en atomsoptipp och ett hot mot miljön och framtiden. Det leder till oro hos befolkningen och kommer att skrämja bort turister och besökare.

För att belysa alla aspekter begränsas därför inte arbetet till geovetenskapliga och tekniska frågeställningar utan behandlar t ex frågor om turism, kommunens framtidsutsikter, näringsliv och ekonomi. Här krävs såväl faktasammanställningar, analyser och prognoser som synpunkter från näringsidkare och kommuninvånare med olika perspektiv på frågan. Sådana har genomförts bl a i Storuman, där t ex socioekonomiska effekter analyseras /7-5/.

Allmänhetens och beslutsfattareshållning, dvs att den planerade anläggningen och verksamheten godtas lokalt, är en viktig faktor. I en översiktsstudie är den kanske ej särdeles relevant men den bör dock beaktas vid en mer ingående jämförelse mellan olika lokaliseringalternativ.

7.2.7 Hälsoaspekter

Vikten av att både medicinska och psykosociala aspekter vägs in och beaktas på ett relevant sätt har understrukits av bl a Naturvårdsverket och Boverket /7-6/ och /7-7/.

Liksom varje annan större industrietablering innebär djupförvaret en viss miljöpåverkan vid den plats där det uppförs. Miljöstudier konstaterar att påverkan är liten jämfört med vad som är vanligt i industriella sammanhang. Det beror på att ingen egentlig industriprocess förekommer och att kemikalier används sparsamt. Förutom det inneslutna avfallet är mängden miljöstörande ämnen låg.

Miljön vid ett djupförvar måste uppfylla höga krav. Underjordsverksamheten vid djupförvaret är sannolikt det som uppmärksammas mest. Vid det inledande utbyggnadsskedet kan arbetsmiljön jämföras med en gruva.

Den radiologiska arbetsmiljön kommer att följa den standard och de krav som gäller för kärnteknisk verksamhet. Baserat på den erfarenhet som finns vid SKB:s anläggningar kan transporterna och hanteringen vid djupförvaret utformas så att personaldoserna hålls långt under gällande normer.

Människans synpunkter och föreställningar i samband med slutförvaring av radioaktivt avfall präglas ofta av oro. Människors oro och psykosociala aspekter, som av vissa sägs kunna leda till försämrad livskvalité, måste tas på stort allvar i samband med förstudier. Det går dock inte att se att detta är en lokaliseringsfaktor som kan ligga till grund för jämförelser av lokaliseringsalternativ i nationell skala.

7.3 SAMMANFATTANDE VÄRDERING

Samhällsaspekterna i form av lokala och i någon mån regionala förutsättningar och utvecklingstendenser utgör inte alltid lokaliseringsfaktorer i egentlig mening men är ändå en viktig del av lokaliseringsprocessen för att åstadkomma den eftersträva- de helhetsbedömningen. Många av de samhälleliga aspekterna är av sådan karaktär att de kan beaktas först i lokal, eller möjligen regional, skala i samband med förstudier.

- **Områden i omedelbar närhet av administrativa gränser kan kräva särskilda överväganden, särskilt vad avser riksgränser.**
- **Effekter på näringsliv, arbetsmarknad, infrastruktur, kommunservice och -ekonomi, liksom godtagande och hälsa, utreds särskilt i anslutning till förstudier och platsundersökningar.**

8 SLUTSATSER

I Översiktsstudie 95 har viktiga lokaliseringsfaktorer beskrivits och tillämpats i nationell skala. För varje sådan lokaliseringsfaktor har särskilda slutsatser redovisats i sina detaljer.

Lokaliseringen av djupförvaret måste ta hänsyn till samtliga faktorer, där den långsiktiga radiologiska säkerheten är den centrala faktorn. En helhetsbedömning av denna faktor kräver dock tillgång till platsspecifika data om berggrunden. Sådana data kan endast 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 industrilokaliseringar där kunskap om alla viktiga faktorer är förhållandevis lättillgänglig.

En viktig del i arbetet med Översiktsstudie 95 har varit att belysa de möjligheter och begränsningar som finns i en översiktsstudie i nationell skala.

En översiktsstudie i nationell skala kan inte redovisa vetenskapliga, tekniska, och samhällseliga faktorer med den detaljering som är nödvändig för djupförvarets lokalisering. Informationen som redovisas i denna studie omfattar i allmänhet också förhållanden på markytan och inte på de djup som är aktuella för djupförvaret, 400 - 700 m under markytan. Lämpligheten av ett område bedöms därför med fördel i samband med förstudier och platsundersökningar och därtill hörande myndighetsprövningar.

Översiktsstudie 95 ger dock framförallt möjligheten att peka ut områden som är mindre lämpade, eller mindre intressanta. Områden som i nationell skala framstår som mindre intressanta, kan dock inte uteslutas, eftersom det i den lokala skalan finns många intressanta platser som vid generaliseringen i nationell skala kan falla ifrån. Översiktsstudien belyser också ett flertal vetenskapliga, tekniska, och samhällseliga förutsättningar i olika delar av landet. Dessa redovisade förutsättningar ger en utgångspunkt vid bedömning av intresset för och genomförandet av mer detaljerade lokaliseringsstudier (förstudier).

Målen för Översiktsstudie 95 har redovisats samband med kompletteringen till FUD-Program 92 /1-1/ där det anges att översiktsstudien ska:

- *"I nationell skala belysa förhållanden av intresse för att bedöma olämpliga, intressanta, respektive lämpliga delar av landet för lokalisering av ett djupförvar.*
- *Ge underlag för att bedöma intresset för SKB:s del av förstudier i olika regioner eller kommuner.*
- *Ge indikationer på vad som särskilt måste beaktas och utredas vid fortsatta mer detaljerade studier.*
- *Ge underlag för att sätta in kommande platsval i sitt nationella och regionala sammanhang."*

Slutsatserna från detta arbete relateras nu i förhållande till de ovan uppsatta målen.

”Belysa förhållanden av intresse för att bedöma olämpliga, intressanta respektive lämpliga delar av landet.”

Vid sammanvägningen av de tillämpade lokaliseringsfaktorerna bedöms det vara olämpligt att lokalisera djupförvaret till Fjällkedjan, Skåne, Gotland med hänvisning, i första hand, till geologiska skäl. Fjällkedjan är dessutom ett riksintresse för naturskydd och friluftsliv. Lokalisering till urberget under Öland bedöms vara tekniskt möjlig, men olämplig med hänsyn till naturresurslagens hushållningsbestämmelser.

Lokalisering till sådana områden som är direkt skyddade i lag är vare sig nödvändig eller önskvärd och skall undvikas.

Områden som är av riksintresse i andra sammanhang, kan inte utan vidare uteslutas. Lokaliseringen bör emellertid inte inriktas mot att lokalisera djupförvaret till sådana områden, eller att åtminstone placera och utforma djupförvaret så att ändamålet med riksintresset inte påverkas negativt.

Förbrukning eller blockering av naturresurser som ej är nödvändig ska om möjligt undvikas. Områden som ligger i ovanliga bergarter, eller där möjligheten till malm finnes, då företrädesvis berggrund bestående av sura vulkaniska bergarter är därvid av mindre intresse. Genom att undvika dessa bergarter, minskar också möjligheten till framtida, oavsiktligt intrång i djupförvaret.

SKB:s tidigare slutsats att det finns många områden i Sverige som synes vara lämpliga för ett djupförvar är inte ändrad i och med Översiktsstudie 95. Lokaliseringen bör även fortsättningsvis vara inriktad mot i Sverige vanligt förekommande berggrund, då företrädesvis mer eller mindre omvandlade granitliknande bergarter, eller mycket omvandlade sedimentär äldre berggrund. Denna typ av ”intressant” berggrund återfinns i stora delar av landet.

Områden med gabbro, eller områden där urberget överlagras av sedimentärt berg behöver inte uteslutas vid lokaliseringen. Dessa områden bedöms särskilt om det skulle visa sig att förstudier blir aktuella i kommuner med denna typ av berggrund. Det är tekniskt möjligt att lokalisera förvaret under stora sjöar eller under havet. Det finns dock ingen särskild anledning att vare sig söka eller undvika en sådan lokalisering.

Lokaliseringen av djupförvaret tar inte endast hänsyn till den långsiktiga radiologiska säkerheten utan även till det praktiska genomförandet av arbetet. Härvid är det t ex intressant med berggrund som är lätt att tolka, samt där berget är relativt tätt. Det finns i allmänhet ingen konflikt mellan de faktorer som gynnar långsiktig säkerhet och ett enkelt tekniskt genomförande av arbetet. Frågan om berggrundens variation och övriga egenskaper bedöms lämpligen i anslutning till mer detaljerade studier.

När det gäller transporter, kommunikationer, kan det konstateras att tillgången på hamnar, järnväg eller flygplatser är god. Det finns således, i nationell skala, ingen egentlig begränsningar av möjliga orter med hänsyn till dessa faktorer.

”Intresset för SKB:s del av förstudier i olika regioner eller kommuner.”

De lokaliseringsfaktorer som redovisas i denna rapport har i sina huvuddrag redan använts i den avslutade förstudien i Storuman och i den (oktober 1995) pågående förstudien i Malå. De har även tillämpats för kommuner som har visat intresse för att påbörja förstudier, men där SKB funnit det vara mindre intressant.

Översiktsstudie 95 understryker att många av lokaliseringsfaktorerna framförallt bör tillämpas i lokal skala i samband med förstudier och platsundersökningar. Studien är ett av de underlag som kan användas i samband med planering av insatser för att lokalisera förvaret.

Med hänsyn till allmänna tekniska och samhälleliga skäl, är det av intresse att genomföra förstudier i kommuner med kärnteknisk verksamhet. Nyköping, Oskarshamn, Varberg och Östhammar kommun, vilket redovisats tidigare.

Förutom de redan avslutade, pågående eller planerade förstudierna, är det lämpligt med ytterligare någon, eller några förstudier. Det bör vara en fördel i det fortsatta arbetet och vid diskussioner med olika kommuner att det nu finns denna samlade redovisning av översiktsstudierna. Det ger en bättre möjlighet än tidigare för alla berörda att sätta sig in i bakgrund och allmänna förutsättningar på olika håll i landet för lokaliseringsarbetet.

Som ett underlag för konkreta diskussioner med olika kommuner om förstudier avser SKB att använda regionala översikter baserade bl a på denna studie. I sådana regionala översikter är det av särskilt intresse att preliminärt identifiera områden i en region vilka bedöms kunna erbjuda lämpliga förhållanden med avseende på industriefarenhet, tillgång till industrimark och närhet till hamn eller järnväg samt inom vilka det kan förväntas finnas berggrund med god potential att fylla tekniska och säkerhetsmässiga krav.

”Indikationer på vad som särskilt måste beaktas och utredas vid fortsatta mer detaljerade studier”.

Översiktsstudie 95 ger sådana indikationer i flera avseenden. Sådana faktorer är t ex möjliga intressekonflikter vid markanvändning i expansiva regioner i Sverige, förekomst av malmmineraliseringar m m.

”Underlag för att sätta in kommande platsval i sitt nationella och regionala sammanhang.”

Översiktsstudie 95 innehåller bakgrundsmaterial och redovisning av allmänna förutsättningar på olika håll i landet som gör det möjligt att vid en lokaliseringsprövning (baserad på 5-10 förstudier och 2 platsundersökningar) bedöma om föreslaget platsval ur olika aspekter är acceptabelt och bygger på tillräckligt brett underlag.

Bakgrundsmaterialet är ofta av den arten att det finns stora geografiska variationer i den lokala skalan, vilket inte kan redovisas i nationell skala. Man kan således med stor sannolikhet finna lämpliga områden både i regioner som i nationell skala framstår som mer intressanta, liksom i regioner som i nationell skala framstår som mindre intressanta. Detta allmänna synsätt kan tillämpas på ett flertal av de databaser eller omständigheter som redovisas i denna rapport.

Regionala och lokala förhållanden kommer att behöva utredas närmare i förstudier och platsundersökningar för varje aktuellt fall.

REFERENSER

Kapitel 1

- 1-1 SKB, 1992.** FUD-program 92. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Program för forskning, utveckling, demonstration och övriga åtgärder.
- 1-2 SKB, 1992.** FUD-program 92. Kompletterande redovisning. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Komplettering till 1992 års program sammanställd med anledning av regeringsbeslut 1993-12-16.
- 1-3 Miljödepartementet, 1995.** Regeringsbeslut 11, 1995-05-18 Komplettering av program för forskning m m angående kärnkraftsavfallets behandling och slutförvaring m m.
- 1-4 SKB, 1995.** Förstudie Storuman. Slutrapport.
- 1-5 SKB, 1995.** FUD-program 95. Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring. Program för inkapsling, geologisk djupförvaring, samt forskning, utveckling och demonstration.

Kapitel 2

- 2-1 Allan C J, McMurry J, 1995.** Disposal concepts and disposal alternatives. IAEA-SR-191/15, Wien.
- 2-2 OECD/NEA, 1995.** The environmental and ethical basis of geological disposal. A collective opinion of the NEA Radioactive Waste management Committee. OECD, Paris.
- 2-3 SKB, 1992.** Projekt AlternativStudier för Slutförvar (PASS). Slutrapport, SKB, Stockholm.
- 2-4 SKI, 1993.** SKIs utvärdering av SKBs FUD-Program 92. SKI Teknisk Rapport 93:13, SKI, Stockholm.
- 2-5 SKB, 1992.** Underlagsrapport till FUD-Program 92. Lokalisering av ett djupförvar, SKB, Stockholm.
- 2-6 TVO, 1992.** Final disposal of spent nuclear fuel in the Swedish bedrock. Preliminary Site Investigations. YJT-92-32E. TVO, Helsingfors.
- 2-7 SKB, 1995.** Översiktsstudie av kommuner med kärnteknisk verksamhet. SKB Projektrapport PR D-95-002.
- 2-8 Slutförvaring av högaktivt radioaktivt avfall. Några grundkriterier, 1993.** Strålskydds- och kärnsäkerhetsmyndigheterna i Danmark, Finland, Island, Norge och Sverige.
- 2-9 Holmstrand O, 1995.** Hantering av kärnkraftavfall. Synpunkter på SKB:s komplettering till FUD-program 92. 1995-01-07.

Kapitel 3

- 3-1 Grip E, Frietsch R, 1973.** Malm i Sverige, Del 2 Norra Sverige. Almqvist & Wixell.
- 3-2 Berthelsen A, Marker M, 1986.** 1.9-1.8 Ga old strike-slip megashears in the Baltic shield, and their plate tectonic implications. *Tectonophysics* Vol. 128, pp 163-181.
- 3-3 SGU, 1994.** Karta över Sveriges berggrund. SGU Serie Ba 51.
- 3-4 Wikström A, 1995.** Muntlig uppgift.
- 3-5 Ahlbom K, Andersson J-E, Andersson P, Ittner T, Ljunggren C, Tirén S, 1992.** Kamlunge study site. Scope of activities and main results. SKB Technical Report TR 92-15, Stockholm.
- 3-6 Henkel H, 1989.** Tectonic studies in the Lansjärv region. SKB Technical Report TR 89-31, Stockholm.
- 3-7 Talbot C, Munier R, Riadh, 1989.** Reactivations of Proterozoic shearzones. SKB Technical Report TR 89-31, Stockholm.
- 3-8 Tirén S, Beckholmen M, 1987.** Structural analysis of contoured maps Kärrsvik-Bussvik, Lilla Laxemar and Glostad areas, Simpevarp area, southeastern Sweden. SKB Progress Report PR 25-87-27, Stockholm.
- 3-9 Nisca D, 1987.** Aerogeophysical interpretation bedrock and tectonic analysis. SKB Progress Report PR 25-87-04, Stockholm.
- 3-10 Wikberg P (ed), Gustafson G, Rhén I, Stanfors R, 1991.** Äspö Hard Rock Laboratory. Evaluation and conceptual modelling based on the pre-investigations. SKB Technical Report TR 91-22.
- 3-11 Kornfält K-A, Wikman H, 1987.** Description of the map of solid rocks around Simpevarp. SKB Progress Report PR 25-87-02.
- 3-12 Malmer, mineral och bergarter. Hushållning med mark och vatten.** Statens offentliga utredningar. SOU 1971:75.
- 3-13 SKB, 1995.** Förstudie Malå. Lägesrapport. SKB Projektrapport PR D-95-007.

Kapitel 4

- 4-1 SSI, 1995.** Statens strålskyddsinstituts skyddskriterier för omhändertagande av använt kärnbränsle. SSI 95-02.
- 4-2 Fredén C (ed), 1994.** Sveriges Nationalatlas, Volym Berg & Jord. SNA förlag, Stockholm.
- 4-3 TVO, 1992.** Final disposal of spent nuclear fuel in the Finnish bedrock. Preliminary site investigations. YJT 92-32-E, Helsingfors.
- 4-4 Ahlbom K, Leijon B, Liedholm M, Smellie J, 1992.** Gabbro as a host rock for a nuclear repository. SKB Technical Report TR 92-25, Stockholm.
- 4-5 SKN, 1990.** Sedimentär berggrund som hydraulisk barriär. SKN Rapport 39. Stockholm.
- 4-6 Kornfält K A, Larsson K, 1987.** Geological maps and cross-section of Southern Sweden. SKB Technical Report TR 87-24, Stockholm.

- 4-7 **Wikberg P, 1994.** Grundvattnets kemi. Styrande faktorer med hänsyn till bränsleurlakning, kapselkorrosion, bentonitbuffertens stabilitet – en inledande översikt. KASAM/SKI-seminarium om Acceptanskriterier för berggrunden vid djup geologisk slutförvaring av använt kärnbränsle. Göteborg 13 -14 september 1994. KASAM (in prep).
- 4-8 **Liedholm, M, 1992.** The hydraulic properties of different greenstone areas – a comparative study. SKB Projektrapport PR 44-92-007, Stockholm.
- 4-9 **Wladis, D, 1995.** Analys av berggrundens hydrauliska egenskaper med fjärranalys och dataintegration. CTH, Geologiska Inst, Publ B410, Göteborg.
- 4-10 **Larsson S Å, Tullborg E-L, 1994.** Tectonic regimes in the Baltic Shield during the last 1200 Ma – A review. SKB Technical Report TR 95-05, Stockholm.
- 4-11 **Bruun Å, Karis L, Lundqvist T, Müllern C-F, Persson L, Samuelsson L, Wahlgren S-H, Åkerman C, 1992.** Geologiska miljöer och faktorer sett i olika skalor att beakta vid planering av ett slutförvar för använt kärnbränsle. SKB Projektrapport 44-92-010, Stockholm.
- 4-12 **Eronen M, Olander H, 1990.** On the worlds ice ages and changing environments. Report YJT 90-13, Helsinki.
- 4-13 **Ahlbom K, Äikäs T, Ericsson L O, 1991.** SKB/TVO Ice Age Scenario. SKB Technical Report TR 91-32, Stockholm.
- 4-14 **Bäckblom G, Stanfors R (eds), 1989.** Interdisciplinary study of post-glacial faulting in the Lansjärv area, northern Sweden 1986-1988. SKB Technical Report TR 89-31, Stockholm.
- 4-15 **Mörner N-A, 1990.** The Swedish failure in defining an acceptable bedrock repository for nuclear waste deposition. GFF, Vol 112, 375-380.
- 4-16 **Stanfors R, Ericsson L O (eds), 1991.** Post-glacial faulting in the Lansjärv area, Northern Sweden. Comments from the expert group on a field visit at the Molberget post-glacial fault area. SKB Technical Report TR 93-11, Stockholm.
- 4-17 **US Geol Surveys, 1989.** World Seismicity Map 1979-1988. National Earthquake Information Center, Boulder.
- 4-18 **Röshoff K, 1989.** Seismic effects on bedrock and underground constructions. A literature survey of damage on construction; changes in groundwater levels and flow; changes in chemistry in groundwater and gases. SKB Technical Report TR 89-30, Stockholm.
- 4-19 **Kim W-Y, Wahlström R, Uski M, 1989.** Spectral scaling relations of source parameters for earthquakes in the Baltic Shield. Tectonophysics 166, 151-161.
- 4-20 **Otsuka M, 1965.** Earthquake magnitude and surface fault formation. Zisin, J Seismol Soc Japan 18 (1965), 1-8 (in Japanese).
- 4-21 **Wahlström R, 1990.** A catalogue of earthquakes in Sweden in 1375-1890. Geol. Fören. Stockholm, Förh 112 (1990), 215-225.
- 4-22 **Sundqvist S, 1995.** Maps of the Seismicity of the Fennoscandia. SKB Projektrapport PR D-95-XX (in prep).
- 4-23 **Sundqvist S, 1995.** Near-surface seismic events in Sweden 1980-1992. SKB Projektrapport PR D-95-XX (in prep).

- 4-24 **Olesen O, 1994.** Neotectonic studies in the Ranaffjorden area, northern Norway. Report 94.073, NGU.
- 4-25 **Jensen M, 1993.** Conservation and retrieval of information – elements of a strategy to inform future societies about nuclear waste repositories. Nordiska Rådet NKS 1993:596, Köpenhamn.
- 4-26 **Miljödepartementet, 1995.** Program för forskning m m angående kärnkraftsavfalls behandling och slutförvaring. Regeringsbeslut 21, 1990-12-20.
- 4-27 **Aastrup M, Bertills U, 1995.** Grundvattnets kemi i Sverige. Rapport 4415, Naturvårdsverket, Stockholm.

Kapitel 5

- 5-1 **Castensson R, Fredén C (ed), 1994.** Sveriges Nationalatlas, Volym Infrastrukturen. SNA förlag, Stockholm.
- 5-2 **Fredén C (ed), 1994.** Sveriges Nationalatlas, Volym Berg & Jord. SNA förlag, Stockholm.
- 5-3 **Eriksson P, Isaksson H, 1995.** Översiktsstudier. Texturbehandling av flygmagnetiska kartan i Sverige. SKB Projektrapport PR 95-D-95-010.
- 5-4 **Sundberg J, 1995.** Termiska egenskaper för kristallint berg i Sverige. Kartor över värmekonduktivitet, värmeflöde och temperatur på 500 m djup. SKB Projektrapport PR D-95-XX (in prep).
- 5-5 **Bergman S G A, Carlsson A, 1986.** Förundersökningar i berg. Rekommendationer för förundersökningar, prognoser och utlåanden. SveBeFo 86:1, Stockholm.
- 5-6 **Olsson T, Hansen L, Hässler L, Sturk R, Wilén P, 1995.** Byggbarhetsanalys i ett regionalt perspektiv. SKB Projektrapport PR D-95-XX (in prep).
- 5-7 **Clavensjö B, Åkerblom G, 1992.** Radonboken. BFR T5:1992, Stockholm.
- 5-8 **Ljunggren C, Persson M, 1995.** Beskrivning till databas över bergspänningsmätningar i Sverige. SKB Projektrapport PR D-95-XX (in prep).
- 5-9 **Ahlbom K, Olsson O, Sehlstedt S, 1995.** Temperature conditions in the SKB study sites. SKB Technical Report TR 95-XX (in prep).

Kapitel 6

- 6-1 **SKB, 1994.** FUD-program 92, Kompletterande redovisning – Kärnkraftavfallets behandling och slutförvaring, SKB, Stockholm.
- 6-2 **Boverket 1994.** Sverige 2009 – Förslag till vision.
- 6-3 **Miljödepartementet, 1995.** Regeringsbeslut 11, 1995-05-18 Komplettering av program för forskning m m angående kärnkraftsavfallets behandling och slutförvaring m m.
- 6-4 **Sveriges National Atlas, band 1-13 (av 17 planerade), 1990-94.**
- 6-5 **SCB, 1993.** Markanvändningen i Sverige.
- 6-6 **Socialstyrelsen, Statens naturvårdsverk, Statens Planverk, 1982.** Plats för arbete – omgivningspåverkan – miljöskydd vid planering av arbetsområden.
- 6-7 **Boverket, 1990.** Riskhänsyn – Om hälsa och säkerhet i planer och beslut, PBL/NRL underlag nr 36.

Kapitel 7

- 7-1 SKB, 1994.** FUD-program 92, Kompletterande redovisning – Kärnkraftavfallens behandling och slutförvaring, SKB, Stockholm.
- 7-2 SKB, 1995.** Förstudie i Storuman, SKB, Stockholm.
- 7-3 SKB, 1995.** Förstudie Malå – Lägesrapport, SKB PR-D-95-007, SKB, Stockholm.
- 7-4 SCB, 1993.** Markanvändningen i Sverige.
- 7-5 Holm E (red).** Socioekonomiska konsekvenser av ett djupförvar för använt kärnbränsle i Storumans kommun. Umeå Universitet. SKB PR 44-94-020, Stockholm.
- 7-6 Statens naturvårdsverk, 1995.** Yttrande över SKBs komplettering av FUD-program 92.
- 7-7 Boverket, 1994.** Yttrande över SKBs komplettering av FUD-program 92.

GEOVETENSKAPLIGT BAKGRUNDSMATERIAL SOM ANVÄNTS I ÖVERSIKTSSTUDIER

(Flertalet rapporter är skrivna på engelska 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 struktur-geologiska 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 SKB:s typområden i Sverige. SKB TR 85-11, 1985 J Smellie et al.	Rapporten är en sammanställning av det omfattande vattenkemiska arbete som genomfördes i SKB:s 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 89-28, 1989 R Slunga	Regional sammanställning av jordskalv.
Interdisciplinär studie av post-glaciala förkastningar i Lansjärvsområdets verksamhet 1986-1988. SKB TR 89-31 G Bäckblom et al.	Sammanfattning av delstudier i Lansjärvsregionen.
Karaktärisering av humussubstan- ser 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 undersöknings- platser 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 håll- parametrar och förkastnings- plan.
SKB/TVO istidsscenario. SKB TR 91-32, 1991 K Ahlbom et al.	Sammanställning av tänkbara framtida istidsutbredningar.
Gideå typområde. Aktivitetssam- manställning och resultat. SKB TR 91-51, 1991 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Gideå typ- område.
Fjällveden typområde. Aktivitets- sammanställning och resultat. SKB TR 91-52, 1991 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Fjällveden typområde.
Sternö typområde. Aktivitetssam- manställning och resultat. SKB TR 92-02, 1992 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Sternö typ- område.

Rapport	Kommentar
Kamlunge typområde. Aktivitetssammanställning och resultat. SKB TR 92-15, 1992 K Ahlbom et al.	Huvudrapport om Kamlunge typområde.
Protopinzonen – 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
Klimatförändringar och landhöjningsmönster – dåtid, nutid och framtid. SKB TR 92-38, 1992. S Björk & S-O Svensson	Rapporten redovisar de senaste 2,5 miljoner årens klimatförändringar och effekter i ett globalt och skandinaviskt perspektiv.
Post-glacial förkastning i Landsjärvsregionen. SKB TR 93-11, 1993 R Stanfors et al.	Rapporten sammanställer den andra programfasen i Landsjärvsprojektet inklusive utlåtanden för den exkursion som genomfördes 1991 med internationellt deltagande.
Möjliga strategier för geovetenskaplig klassificering för lokalisering av ett djupförvar. SKB TR 93-12, 1993 L Rosén & G Gustafson	Rapporten diskuterar och tillämpar olika klassificeringssystem med användning av geostatistiska metoder.
En sammanställning av seismoteknik i Sverige. SKB TR 93-13, 1993 R Muir-Wood	Rapporten behandlar i ett historiskt perspektiv seismologiska aspekter på tektonik i Baltiska skölden.
Simulering av en europeisk nedisning under den senaste och en framtida glaciation. SKB TR 93-14, 1993 C S Boulton & A Payne	Rapporten redovisar resultaten och uppbyggnaden av en kopplad, tidsberoende glaciationsmodell med möjlighet att simulera hydrogeologiska, termiska och bergmekaniska regionala effekter.
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.
Omtolkning av data från seismisk reflexion i Finnsjön SKB TR 94-03, 1994 Cosma, C, Juhlin, C, Olsson, O	En fältmätning i Finnsjön 1987 är omprocesserad och denna visar nu förekomsten av flacka strukturer i Finnsjön.
Tektoniska regimer i den Baltiska skölden under de senaste 1200 miljoner åren. SKB TR 94-05, 1994 S-Å Larsson & E-L Tullborg	Rapporten summerar den geologiska utvecklingen i skandinavien med tonvikt på plattetektoniska rörelser och sannolika bergspänningsriktningar.

Rapport	Kommentar
Tektonisk översikt över Hanöbukten. SKB TR 94-09, 1994 K O Wannäs, T Flodén	Hanöbuktens berggrundstektonik har tolkats med reflektionsseismiska metoder.
Borming av ett 1700 m djupt borrhål i Laxemar SKB TR 94-19 Andersson, O	Bormingsarbetena för det djupa borrhålet beskrivs.
En rekonstruktion av den tektoniska historien om Fennoskandia utifrån iakttagelser vid gränsområdena. SKB TR 95-XX, 1995 R Muir-Wood	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.
Databas för bergspänningsmätningar. SKB AR (in prep), 1995 C Ljunggren	En uppdaterad sammanställning av alla tillgängliga bergspänningsmätningar i Sverige.
Sammanställning av jordbävningar och undersökning av fokaldjup. SKB AR (in prep), 1995 R Wahlström	Databaser i GIS-format inklusive rapportering. Rapporten behandlar allt tillgängligt dataunderlag i Fennoskandien. Särskild tonvikt vid ytliga jordskalv.

PROJEKTORGANISATION FÖR ÖVERSIKTSSTUDIE 95

Denna rapport är framtagen inom Projekt Översiktsstudier inom SKB:s enhet Djupförvar.

Göran Bäckblom har varit projektledare och redaktör för rapporten. En informell referensgrupp med Claes Thegerström (ordf) och Ingela Månson (sekr), Kaj Ahlbom, Torsten Eng och Lars O Ericsson har regelbundet träffats för att ge råd och rekommendationer.

Lokaliseringsfaktorer har bearbetats i samråd med Tönis Papp, Lars O Ericsson, Christer Svemar, samtliga SKB, och Erik Setzman, Vattenfall Energisystem AB.

Hantering av databaser och produktion av GIS-material har skett under medverkan av Karin Fridstrand och Lennart Holmberg, GIS-Centrum. Analys av flygdata har också utförts av Patrik Eriksson och Hans Isaksson, Geovista.

Utredningar har genomförts av Erik Setzman (Vattenfall Energisystem AB) rörande mark och miljö. Kaj Ahlbom, Conterra AB, har studerat möjligheter och begränsningar av en översiktsstudie i nationell skala.

Jerker Tengman, (Vattenfall Energisystem AB) har fungerat som projektadministratör och Ingela Månson som projektsekreterare.

Bildbearbetning har utförts av Art-O-Matic, Inger Svendsen och Helen Ekman, och rapportframställning av Maj-Britt Danielsson, Correcta.

Bilaga 3

SCHEMAN ÖVER LOKALISERINGSFAKTORER

RADIOLOGISK LÅNGTIDSSÄKERHET

ISOLERING

Kemiskt stabil miljö

- låg halt främmande material (organiskt, byggnadsmaterial)
- låg halt av korroderande (sulfider, syre)
- ej onormala salthalter
- ej onormal pH
- stabil grundvattenkemi

Låg grundvattenströmning

- låg gradient
- låg transmissivitet

Mekanisk stabilitet

- låga deviatorspänningar
- ej stora deformationer över kapselhål
- respektavstånd (zoner, deformationszoner, lägen för stora förskjutningar, skalv)

FÖRDRÖJNING

Kemiskt stabil miljö

- låg bränsleupplösning (reducerande miljö, pH, karbonat)
- stabil buffert (kalcium, kalium, klorider)
- sorption, matrisdiffusion, diffusion (Kd, tillgänglig yta, organiskt material, kolloider, gasbubblor, reducerande miljö)
- ej onormala salthalter
- ej onormal pH
- stabil grundvattenkemi

Låg grundvattenströmning

- låg gradient
- låg transmissivitet
- termisk konvektion
- densitetsskillnader
- tvåfasflöde

Mekanisk stabilitet

- stabilt spänningsfält

RECIPIENT

Utspädning

- dispersion
- blandningsförhållanden
- flödessträcka

Brunnar

Biosfär

Kust, hav, inland

Intrång

- prospektering efter malm, industrimineral, grundvatten
- infrastrukturprojekt

TEKNIK

TRANSPORTER

Befintliga anläggningar

INDUSTRIOMRÅDE

Geoteknik

- plan mark
- bärig mark

UNDERJORDSANLÄGGNING

Låg grundvattenströmning

- låg transmissivitet

Mekanisk stabilitet

- låga deviatorspänningar
- hög mekanisk berghållfasthet
- få sprickzoner

Bergundersökningar

- homogen berggrund
- litet jorddjup

Förvarsutformning

- tunnel/schakt
- djup
- respektavstånd till zoner
- värmeledning
- pluggar
- samverkan mellan barriärer

Genomförande av bergarbeten

- få krossade partier
- ej stora vattenledare
- lättinjekterat berg
- låg transmissivitet
- mekaniskt stabil
- låg radonhalt

Drift av anläggningen

- radon
- kapselhantering
- ej aggressivt vatten

MARK & MILJÖ

I LAG SKYDDADE OMRÅDEN

- nationalparker
- naturreservat
- naturvårdsområden m m
- riksintressen
- övriga områden

HUSHÅLLNING MED NATURRESURSER

- särskilda hushållningsbestämmelser med geografiska riktlinjer (NRL)
- mark och vatten
- landskap, natur- och kulturmiljöer
- jord- och skogsbruk, jakt, fiske, rennäring
- friluftsliv och turism
- naturtillgångar (t ex malm, industri-mineral, torv, grus m m)
- mark för samhällsbyggande

ANLÄGGNINGSAUTFORMNING

Transporter

- befintliga anläggningar

Industriområde

- anpassning till lokal byggnadsutformning

Underjordsanläggning

- grundvattensänkning
- borrhålsinstallationer
- recipient
- långtidsmätningar

Bergdeponi

- tillgänglighet

SAMHÄLLE

ADMINISTRATIVA GRÄNSER

BEFOLKNING OCH BEBYGGELSE

NÄRINGS- OCH ARBETSMARKNAD

INFRASTRUKTUR

KOMMUNSERVICE OCH EKONOMI

HÄLSA

GODTAGANDE

ÖVERSIKT AV SKB:s GIS-DATABAS

Kursiv stil anger GIS-databaser som utnyttjats i rapporten. Lokala databaser som lagts in på GIS i samband med förstudierna har ej tagits med i listan.

INFRASTRUKTUR

Tätorter
Administrativa gränser
 Plandetaljer
 Kraftledning
 Skjutfält
 Miljöfarlig verksamhet
 Kyrkor

NATURGEOGRAFISKA DATA

Kust
Öar
Sjöar
 Vattendrag

HÖJDDATA

Höjddata, 500 meter

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

HYDROGEOLOGISKA DATA

Grundvattentillgångar i jord
 Grundvattentillgångar i berg
SGUs brunnarkiv

KEMISKA DATA

Grundvattnets sammansättning, – klorid och pH
 Markgeokemi
 Morängeokemi

GEOFYSISKA DATA

Flygmagnetiska data
 Tyngdkraftdata

KUSTUTVECKLINGSDATA

Högsta kustlinjen
 Baltiska issjön
 Yoldia havet
 Ancylus sjön
 Litorina havet

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

MARKANVÄNDNINGSDATA OCH MARKÄGARE

Markanvändning och ägoslag
 Stora markägare i Sverige

SOCIOEKONOMISKA DATA

Befolkningsstatistik

TRANSPORTDATA

Vägar – röda kartan
 Järnvägar – röda kartan

ANVÄNDA FÖRKORTNINGAR

AKA	AKA-utredningen, Använt kärnbränsle och radioaktivt avfall, SOU:1976:30, 31, 41
CLAB	Centralt mellanlager för använt bränsle
FUD	Forskning, Utveckling, Demonstration
GIS	Geografiskt informationssystem
KASAM	Statens råd för kärnavfallsfrågor
KTL	Kärntekniklagen
MKB	Miljökonsekvensbeskrivning
NRL	Naturresurslagen
NVL	Naturvårdslagen
PRAV	Programrådet för radioaktivt avfall
SFR	Slutförvar för radioaktivt driftavfall
SGU	Sveriges Geologiska Undersökning
SKB	Svensk Kärnbränslehantering AB
SKI	Statens Kärnkraftinspektion
SKN	Statens Kärnbränslenämnd
SSI	Statens Strålskyddsinstitut

TABELL ÖVER RAPPORTFIGURER

Förkortningar: APh = Adobe PhotoshopTM
 AI = Adobe IllustratorTM
 EPS = Postscript
 F = Färgbild
 GIS = GIS-bild
 GRAF = Grafisk bild
 QXP = QuarkXPressTM-do
 SV = Svartvit bild
 MS = Microstation

Figur nr	Figurtext	Filnamn	Filtyp (kursiv stil = Mac-filer)	Teknisk info
KAPITEL 1				
1-1	Huvudkomponenter i lokaliseringsarbetet. Efter /1-5/.	1-1. Huvudlok	<i>EPS</i>	GRAF, AI, SV
KAPITEL 2				
2-1	Principiell utformning av ett djupförvar.	gbforvl.tif	<i>TIF</i>	MS, F
2-2	Principiell utformning av industriområdet.	2-2. Ovanjords- modell	<i>EPS</i>	GRAF, QXP, F
2-3	Platser i Sverige där man inom det svenska kärnavfallsprogrammet bedrivit fältverksamhet för att få kunskap om den svenska berggrundens egenskaper och/eller för att pröva och utveckla metodik.	2-3. Fältverksamhet	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
2-4	Ettappindelning för lokalisering, bygge och idrifttagning av djupförvaret.	2-4. Tidpil	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
2-5	Schema över lokaliseringsfaktorerna.	2-5. Radiologisk/ schema	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
2-6	Principskiss över lokalisering av industriområde, berganläggning och deponi. Ej skalenlig.	2-6. Principskiss	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
KAPITEL 3				
3-1	Exempel som illustrerar att en lokaliseringsfaktor "X" kan vara gynnsam i vissa regioner och mindre gynnsam i andra. Studier i mer lokal skala kan visa att det finns intressanta områden även i regioner som i den nationella skalan framstår som mindre intressanta och vice versa.	3-1. Lokfaktor "X"	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-2	Längdprofil genom malmområdet i Laisvall. Bearbetad efter /3-1/.	3-2. Laisvall	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-3	Karta över komplexa deformationszoner i Sverige. Bearbetad efter karta av Sveriges Geologiska Undersökning /3-3/.	3-3. Deformations- zoner	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-4	Läget av typområdet Kamlunge i förhållande till Baltisk-Bottniska deformationszonen. Bearbetad efter /3-6/.	3-4. Läget av ... Kamlunge	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-5	Tolkade zoner på 450 m djup vid typområdet Kamlunge. Bearbetad efter /3-5/.	3-5. Kamlunge	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F

Figur nr	Figurtext	Filnamn	Filtyp (kursiv stil = Mac-filer)	Teknisk info
KAPITEL 3 (forts)				
3-6	Lineamenttolkning baserad på topografi. Bearbetad efter /3-8/.	3-6. Lineament- karta topo	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-7	Linemanenttolkning baserad på flyggeofysik. Bearbetad efter /3-9/.	3-7. Lineament- karta flyg	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-8	Tolkning av zoner baserad på omfattande platsundersökningar. Bearbetad efter /3-10/.	3-8. Stora sprick- zoner	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-9	Översikt av berggrunden i Simpevarps- regionen. Bearbetad efter /3-11/.	3-9. Geologisk karta Äspö	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-10	Detaljerad karta över berggrunden i Simpe- varpsområdet. Bearbetad efter /3-11/.	3-10. Bergarter Simpevarv	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-11	Detaljerad berggrundskarta över Äspö. Bearbetad efter /3-10/.	3-11. Bergarter Äspö	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-12	Karta över malmpotential i Skelleftefältet. Bearbetad efter /3-12/.	3-12. Malmpoten- tial	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
3-13	Malmgeologisk karta över Malå kommun. Bearbetad efter /3-13/.			
	karta =	os_malm.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
	teckenförklaring =	os_tmalm.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
KAPITEL 4				
4-1	Kartan visar berggrund (röd och blå färg) som är allmänt intressant för lokalisering av ett djup- förvar. Den allmänt intressanta berggrunden består av granitoida bergarter med varierande omvand- lingsgrad och äldre sedimentärt berg, vanligtvis med hög omvandlingsgrad. Bearbetad efter /4-2/.	ba_intra.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
4-2	Karta som visar berggrund (röd och blå färg) som möjligen är intressant för lokalisering av ett djup- förvar, men där speciella förhållanden råder. Kartan visar utbredning av gabbro och ställen där urberget överlagras av ett tunt lager sedimen- tärt ytberg. Även i det senare fallet skulle förvaret kunna förläggas till urberget. Bearbetad efter /4-2/.	ba_mojl.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
4-3	Öst-västlig profil genom östra Smålands sedi- mentberggrund. Bearbetad efter /4-6/.	4-3. Öst-väst Öland	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
4-4	Kartan visar berggrund (blå, gul och orange färg) som i allmänhet är mindre lämpad för vidare loka- lisering, 32% av Sveriges landyta. Den omfattar berggrunden i fjällkedjan, Skåne och Gotland. Sura vulkaniter ingår i kartan därför att de kan vara malmförande. I figuren samredovisas sura vulkaniter och vulkaniter med begränsad utbredning (basiska, intermediära) samt diverse andra vulkaniter. Under gruppen Övrigt finns berggrund som är ovanlig.	ba_ej.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
4-5	Kartan visar tidigare Högsta Kustlinjen, dvs områden som inte täckts av hav efter senaste istiden. Över Högsta Kustlinjen är grundvattnet i allmänhet sött. Läget av Högsta Kustlinjen är ingen gräns mellan lämpliga eller mindre lämpliga regioner.	hk_alt2.eps	<i>EPS</i>	GIS, F

Figur nr	Figurtext	Filnamn	Filtyp (kursiv stil = Mac-filer)	Teknisk info
KAPITEL 4 (forts)				
4-6	Bilden visar den maximala höjdskillnaden inom varje topografiskt kartblad. Klassgränserna är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Bearbetad efter Lantmäteriverkets digitala höjddatabas i 500 m punktavstånd.	hojd.eps	EPS	GIS
4-7	Bilden visar medianvärden av den specifika brunnskapaciteten. Siffran i varje topografisk ruta visar antalet brunnar som ingår i analysen. Klassgränserna är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta.	br_med.eps	EPS	GIS, F
4-8	Översikt av större deformationszoner i Sverige. Efter /4-11/. Betydelsen av deformationszoner i närheten av ett förvar utreds i förstudier och platsundersökningar.	fig4-8.tif	TIF	F
4-9	Större lineament i Sveriges urberg. Efter /4-11/. Betydelsen av lineament nära förvar utreds i förstudier och platsundersökningar.	fig4-9.tif	TIF	F
4-10	Istäckets utbredning under kommande istider. Dagens kustlinjer har bibehållits som referens, trots att de kommer att förändras på grund av variationer i havsnivån. Bearbetad efter /4-13/. Lokaliseringen bör inte ta hänsyn till regionala skillnader över var framtida nedslagningar sker.	4-10. Istäcke	EPS	GRAF, AI, F
4-11	Läge av jordskalv som registrerats mellan 1979 och 1988. Efter /4-17/.	4-11. Jordglob	EPS	GRAF, APh, F
4-12	Lägen av jordskalv med magnitud större än 2 under åren 1375 - 1993. Bearbetad efter /4-21, 4-22/. Den geografiska fördelningen av skalven är inte grund för att ge regioner företräde eller för att utesluta regioner vid lokaliseringen.	j_skalv.eps	EPS	GIS, F
4-13	Lägen av post-glaciala förkastningar i norra Europa. Bearbetad efter /4-24/. Den skillnad som finns i observerad frekvens av post-glaciala förkastningar mellan södra och norra Sverige är inte grund för att framhålla eller utesluta regioner vid lokaliseringen.	4-13. Post-glaciala	EPS	GRAF, AI, F
4-14	Förekomst av gruv- och mineralrätter i Sverige. I de regioner där omfattande mineraliseringar förekommer är sannolikheten för intrång en fråga som särskilt måste beaktas.	gruvmin.eps	EPS	GIS, F
4-15	Förekomst av industriella mineral- och bergarter i Sverige. Bearbetad efter /4-2/. I de regioner där omfattande mineraliseringar förekommer är sannolikheten för intrång en fråga som särskilt måste beaktas.	indmin.eps	EPS	GIS, F

Figur nr	Figurtext	Filnamn	Filtyp (kursiv stil = Mac-filer)	Teknisk info
KAPITEL 5				
5-1	Järnvägsnätet i Sverige år 1994. På vissa linjer är trafiken nedlagd. Bilden visar även vilka områden som kan nå inom ett avstånd av 20 och 70 km från järnvägsnätet. Järnvägsnätet ger i nationell skala ingen väsentlig begränsning för lokaliseringen.	jvg.eps	EPS	GIS, F
5-2	Hamnar i Sverige med mer än 6 m djupgående. Bearbetad efter /5-1/. Förekomsten av hamnar är god och medför, i nationell skala, ingen egentlig begränsning.	Hamnar i Sverige	EPS	GRAF, AI, F
5-3	Bilden visar omfattning av områden med kalt berg, tunt eller ej sammanhängande jordtäckte. Bearbetad efter /5-2/. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. De lokala variationerna är betydande. Det går därför inte att utesluta områden för lokalisering där jordtäckte berggrund är vanlig.	jordtack.eps	EPS	GIS, F
5-4	Bilden visar lägen för brunnar med jorddjup större än 20 m. Bearbetning av SGU:s brunnarkiv.	jorddjup.eps	EPS	GIS, F
5-5	Karta som visar längden av gräns mellan olika bergarter per topografiskt blad 25x25 km. Bearbetad efter /5-2/. Regioner som i nationell skala har många olika huvudbergarter behöver inte uteslutas.	ba_lang.eps	EPS	GIS, F
5-6	Bilden visar "homogenitet" på basis av den flygmagnetiska kartan. Delar av fjällkedjan framstår som homogen, dock beroende på hög flyghöjd över terrängen. Efter /5-3/.	magn.eps	EPS	GIS, F
5-7	Medelvärden av homogenitet baserade på flygmagnetiska kartan. Enheten för den magnetiska homogeniteten är omvänt proportionell mot nano Tesla. Låga värden indikerar låg homogenitet, dvs liten variation i berggrundens magnetiska egenskaper. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Det finns ingen anledning att framhålla eller utesluta områden beroende på den magnetiska homogeniteten i nationell skala. Efter /5-3/.	magn_mv.eps	EPS	GIS, F
5-8	Standardavvikelsen (10 log) av den specifika brunnkapaciteten. Bearbetning av SGU:s brunnarkiv. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Det finns inte i nationell skala anledning att framhålla eller utesluta regioner beroende på brunnshöjden variation i spridning.	br_std.eps	EPS	GIS, F
5-9	Lineamenttätthet. Bearbetad efter /5-4/. Se också Figur 4-9. Klassgränser är satta så att varje klass motsvarar ca 25% av Sveriges landyta. Den variation som visas i nationell skala är inte grund för att framhålla eller utesluta regioner vid lokaliseringen.	lin_lang.eps	EPS	GIS, F

Figur nr	Figurtext	Filnamn	Filtyp (kursiv stil = Mac-filer)	Teknisk info
KAPITEL 5 (forts)				
5-10	Undermarksanläggningar som är bedömda efter byggbarhet. Bearbetad efter /5-6/. Genomförande av undermarksbyggen styrs av lokala faktorer som utreds i förstudier och platsundersökningar.	5-10. Anläggnings- arbeten	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
5-11	Karta över berggrund som är särskilt radio-aktiv. Bearbetad efter /5-7/.	5-11. Radon i berggrunden	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
KAPITEL 6				
6-1	Naturresurslagen utgör en paraplylag för en rad olika speciallagar.	6-1. Naturresurs- lagen	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
6-2	De viktigaste i lag skyddade naturområdena är nationalparker, naturreservat och naturvårdsområden (6% av Sveriges landareal). I lag skyddade områden ska kunna undvikas vid lokaliseringsringen.	natur.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
6-3	Områden som omfattas av särskilda riktlinjer "geografiska hushållningsbestämmelser" enligt Naturresurslagen.	6-3. Riktlinjer natur	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F
6-4	Områden av riksintresse för naturvård och friluftsliv. Riksintresseområden bör kunna undvikas.	frionat.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
KAPITEL 7				
7-1	Administrativa gränser samt kommuner som har kärntekniska anläggningar och kommuner där SKB genomför eller genomfört förstudier.	admgr_a.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
7-2	Befolkningscentra. Figuren illustrerar befolkningens fördelning och en zon med 10 km utsträckning runt orter med mer än 10 000 invånare.	befolkn.eps	<i>EPS</i>	GIS, F
7-3	Av luftfartsverket godkända flygplatser. Efter /7-4/.	7-3. Flygplatser	<i>EPS</i>	GRAF, AI
BILAGOR				
Bilaga 3	Scheman över lokaliseringsfaktorer	Bil3. Radiol långtidssäk	<i>EPS</i>	GRAF, AI, F