

**R-05-37**

## **Platsundersökning Oskarshamn**

### **Program för fortsatta undersökningar av berggrund, mark, vatten och miljö inom delområde Laxemar**

Svensk Kärnbränslehantering AB

December 2005

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co  
Box 5864

SE-102 40 Stockholm Sweden

Tel 08-459 84 00  
+46 8 459 84 00

Fax 08-661 57 19  
+46 8 661 57 19



ISSN 1402-3091

SKB Rapport R-05-37

## **Platsundersökning Oskarshamn**

### **Program för fortsatta undersökningar av berggrund, mark, vatten och miljö inom delområde Laxemar**

Svensk Kärnbränslehantering AB

December 2005

# Förord

Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, bedriver sedan sommaren 2002 en platsundersökning vid Simpevarp och Laxemar i Oskarshamns kommun för lokalisering av ett slutförvar för använt kärnbränsle. Motsvarande undersökning pågår också i Forsmark i Östhammars kommun.

SKB:s mål är att vid årsskiftet 2008/2009 lämna in en ansökan enligt miljöbalken och kärntekniklagen för lokalisering av slutförvaret till en av dessa platser. När ansökan lämnas in ska det som är av betydelse för slutförvarets säkerhet, byggbarhet och miljöpåverkan vara undersökt och analyserat. Undersökningarna ska också ge underlag för att utforma anläggningen med hänsyn till platsens förutsättningar och egenskaper samtidigt som inverkan på miljö och samhälle begränsas.

I september 2002 redovisade SKB ett program för den inledande platsundersökningen i Oskarshamn. I mars 2003 redovisade SKB en precisering och prioritering för de fortsatta undersökningarna inom två delområden, Simpevarp och Laxemar. Hösten 2004 var de inledande platsundersökningarna genomförda för båda delområdena och SKB prioriterade preliminärt delområde Laxemar för fortsatta undersökningar. Ett ramverk för den återstående delen av platsundersökningen med fokus på undersökningar av berggrund, mark och vatten för tiden fram till sommaren 2005 presenterades. Dessa undersökningar har nu utförts och utvärderats. Det är därför dags att redovisa de undersökningar som SKB planerar för återstoden av platsundersökningen.

Inriktningen för platsundersökningen i Oskarshamn och det undersökningsprogram som presenteras i denna rapport utgår från att delområde Laxemar prioriteras för fortsatta undersökningar. Definitivt beslut om inriktningen för platsundersökningen i Oskarshamn planeras till våren 2006 när preliminära säkerhetsredovisningar presenterats för både Simpevarp och Laxemar. Om beslutet då skulle bli att delområde Simpevarp väljs kommer ett nytt undersökningsprogram och en ny tidplan att tas fram.

Programmet som redovisas i denna rapport har tagits fram i nära samverkan mellan platsorganisationen i Oskarshamn och berörda delprojekt inom SKB:s Djupförvarsprojekt, särskilt delprojekt Platsmodellering. Undersökningarna kommer, liksom tidigare, att utföras med stor hänsyn till boende, fastighetsägare samt natur- och kulturvärden så att dessa inte i onödan utsätts för påverkan eller störningar. Undersökningarna kommer, precis som hittills, att fortlopande anpassas till den kunskap om platsen som vi successivt bygger upp. Alla viktiga ändringar kommer att redovisas för de närboende, myndigheterna och övriga berörda.

Peter Wikberg  
Platschef i Oskarshamn

Karl-Erik Almén  
Undersökningsledare i Oskarshamn

# Sammanfattning

Svensk Kärnbränslehantering AB, SKB, bedriver sedan sommaren 2002 en platsundersökning vid Simpevarp och Laxemar i Oskarshamns kommun för lokalisering av ett slutförvar för använt kärnbränsle. Motsvarande undersökning pågår i Forsmark i Östhammars kommun. Hösten 2004 var den inledande delen av platsundersökningarna genomförd för både delområde Simpevarp och delområde Laxemar. Baserat på resultaten från dessa undersökningar prioriterade SKB preliminärt delområde Laxemar för fortsatta undersökningar. Ett program för en första etapp av den kompletta platsundersökningen inom delområde Laxemar samt huvuddragen för den återstående delen av platsundersökningen presenterades. Programmet omfattade undersökningar fram till sommaren 2005 och syftade särskilt till att ge svar på några väsentliga frågor så att de därefter följande undersökningarna skulle kunna fokuseras till de bergområden som bedömdes mest lämpliga för ett slutförvar. Dessa undersökningar har nu genomförts.

Denna rapport redovisar programmet för återstoden av platsundersökningen. Utgångspunkt är de generella målen för Djupförvarsprojektet under platsundersökningsskedet, analyser och utvärderingar av data från utförda undersökningar samt behoven av ytterligare data för att kunna utvärdera platsen som lokaliseringalternativ för slutförvaret. Redovisningen omfattar i huvudsak undersökningarna på platsen. Övrigt arbete – analyser, platsbeskrivande modellering, anläggningsutformning, säkerhetsanalyser samt utredningar om och bedömningar av konsekvenser för miljö, hälsa och samhälle – nämns endast i den utsträckning som behövs för att sätta in undersökningarna i sitt sammanhang.

Inriktningen för platsundersökningen i Oskarshamn och det undersökningsprogram som presenteras i denna rapport utgår från SKB:s preliminära beslut att prioritera delområde Laxemar för fortsatta undersökningar. Definitivt beslut om inriktningen för platsundersökningen i Oskarshamn planeras till våren 2006 när preliminära säkerhetsredovisningar presenterats för både Simpevarp och Laxemar. Om beslutet då skulle bli att delområde Simpevarp väljs kommer ett nytt undersökningsprogram och en ny tidplan att tas fram.

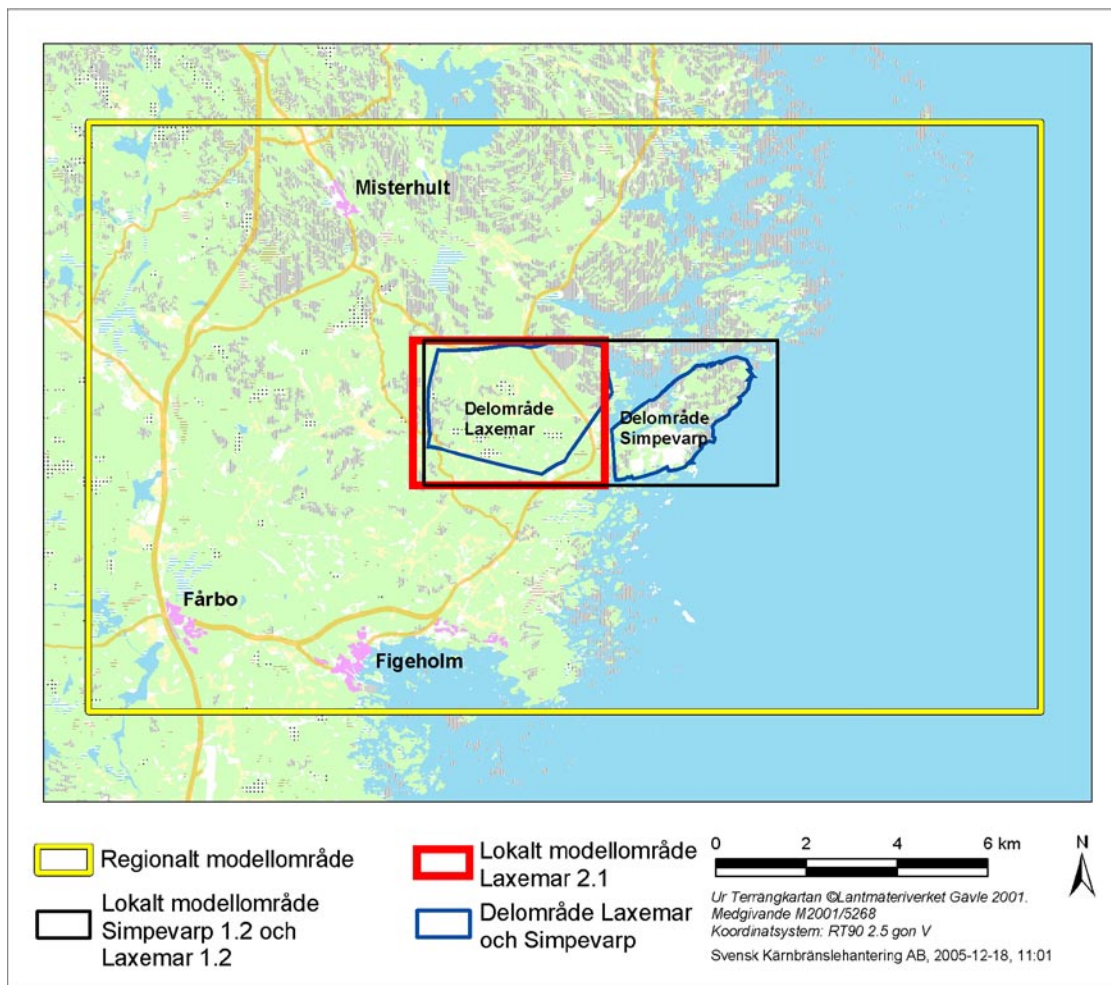
## Mål

Det övergripande målet för platsundersökningsskedet är att få de tillstånd som krävs för att lokalisera och bygga slutförvaret. Platsundersökningarna måste därför ge det underlag som erfordras för utvärderingen av de undersökta platsernas lämplighet för ett slutförvar. Materialet ska således vara tillräckligt omfattande för att:

- visa om den valda platsen uppfyller grundläggande säkerhetskrav,
- visa om de byggtekniska förutsättningarna är uppfyllda,
- slutförvaret ska kunna anpassas till platsens förutsättningar och egenskaper,
- kunna bedöma slutförvarets inverkan på miljö och samhälle,
- möjliggöra jämförelser mellan de båda undersökta platserna – Forsmark respektive Simpevarp/Laxemar.

## Platsen

Figur 1 ger en översikt över platsundersökningsområdet i Oskarshamn med de två delområdena Simpevarp och Laxemar. Kartan visar också det regionala modellområdet och de lokala modellområden som SKB arbetar med när data från platsundersökningen bearbetas i platsbeskrivande modeller som underlag för platsbeskrivningen.



**Figur 1.** Platsundersökningen i Oskarshamn med de två delområdena Simpevarp och Laxemar samt lokala och regionala modellområden.

## Kunskapsläge

Inför platsundersökningsskedet redovisade SKB grundläggande krav som måste vara uppfyllda för att en plats ska vara av intresse för slutförvaret. Omvänt gäller att om ett eller flera av kraven inte är uppfyllda så diskvalificeras platsen.

Under de inledande etapperna av platsundersökningen har inriktningen varit att ta fram data som – direkt eller indirekt – ger underlag för att avgöra om kraven kan anses uppfyllda, och därmed om fortsatta undersökningar är motiverade.

SKB:s bedömning för **delområde Simpevarp** är att det där finns goda förutsättningar att kunna bygga ett slutförvar. De grundläggande kraven är uppfyllda. Det är möjligt att placera deponeringsområden så att allt bränsle får plats i ett förvar i en våning. De större deformationszonerna som omger delområdet, tillsammans med lokala deformationszoner inom området, gör dock att marginalerna blir små. Eventuella överraskningar i form av fler deformationszoner kan medföra besvärande begränsningar. Delområde Simpevarp omges av och ingår delvis i riksintresseområden och områden med skydd enligt miljöbalken. Om detta ger begränsningar för undermarksanläggningen är oklart. Däremot påverkar det hur området kan utnyttjas för en ovanmarksanläggning. Två bra lägen har identifierats för ovanmarksanläggningen inom delområde Simpevarp, ett vid Clab och ett på Hålö.

SKB:s bedömning för **delområde Laxemar** är att även detta delområde har goda förutsättningar att uppfylla kraven för ett säkert slutförvar. Eftersom delområde Laxemar dessutom är större har SKB preliminärt prioriterat detta område för den fortsatta platsundersökningen. Den preliminära platsbeskrivningen för delområde Laxemar – som inom kort är klar – ger en god bild av det geovetenskapliga kunskapsläget för delområdet. Arbetet med den preliminära platsbeskrivningen har därmed utgjort ett viktigt underlag för att avgöra vilka ytterligare undersökningar som behövs för att kunna göra en slutlig bedömning av delområdets förutsättningar för slutförvaring av använt kärnbränsle.

## Strategi

Med beaktande av resultaten hittills, kvarstående osäkerheter samt redovisade mål och krav på genomförandet har SKB utarbetat följande strategi för återstoden av platsundersökningen i Laxemar:

1. Fokusera undersökningarna till den centrala delen av delområde Laxemar samt ett så stort område av den södra och västra delen av delområdet att tillräckligt stora bergvolymer lämpliga för slutförvaret kan verifieras.
2. Avsluta eller ge pågående och planerade undersökningar norr om EW007 förändrad inriktning.
3. Öka kunskapen om de större deformationszonerna som har betydelse för slutförvarets avgränsning och uppdelning i deponeringsområden.
4. Karakterisera och förstå bergmassans vattenförande egenskaper.
5. Karakterisera och verifiera tillgängliga bergvolymer.

Strategin behandlar huvudsakligen karakteriseringen av det potentiella förvarsbergets egenskaper. Härutöver kommer kunskapen om ytsystemen att förbättras liksom kopplingen mellan ytsystem och djupt grundvatten.

## Undersökningsprogram

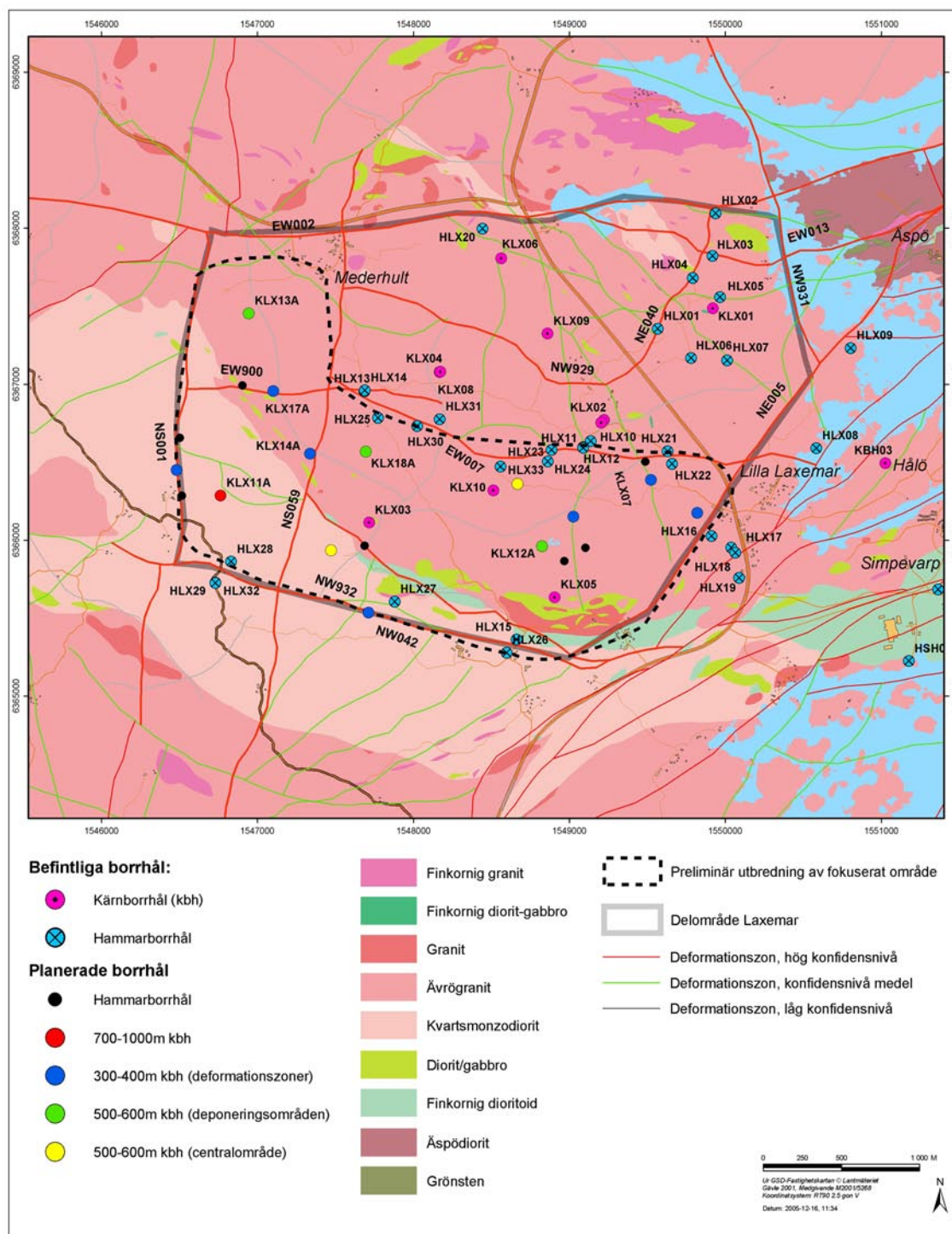
Med utgångspunkt i den ovan nämnda strategin har ett undersökningsprogram för hela den återstående platsundersökningen tagits fram. Programmet ska ses som en bästa bedömning utifrån nuvarande kunskap och behov av ny information för att kunna upprätta en slutlig platsbeskrivning. Beroende på att de fortsatta undersökningarna och det omfattande analys- och platsmodelleringsarbetet hela tiden tillför ny kunskap kan nya databehov uppstå och nuvarande prioriteringar komma att ändras. En nödvändig flexibilitet finns därför inbyggd i planerna för programmets genomförande.

Figur 2 illustrerar befintliga borrhål och borrhållprogrammet för återstoden av platsundersökningen. Läget av de planerade borrhållen markerar inte den exakta placeringen utan snarare målområde för respektive borrhål. När så är möjligt kommer nya borrhål att borrar från befintliga borrhållplatser.

## Fokusering av undersökningarna

Utifrån hittills utfört arbete har det inte varit möjligt att på enbart geovetenskapliga grunder tydligt avgränsa någon del inom Laxemarområdet som är mer lämplig för slutförvaret än någon annan del. Förutom de större deformationszonerna, som styr möjligheten att finna lämpliga och tillräckligt stora deponeringsområden, har bergets värmeledningsförmåga och dess vattenförande egenskaper bedömts vara särskilt viktiga geovetenskapliga faktorer. Studier visar att den centralt belägna öst-väst-orienterade zonen EW007 kan passeras med transporttunnlar varför deponering på båda sidor bör vara möjlig. Värmeledningsförmågan

är något gynnsammare mot norr medan de vattenförande egenskaperna bedöms vara mer gynnsamma mot söder. De vattenförande egenskaperna har betydelse för den långsiktiga säkerheten medan bergets termiska egenskaper främst påverkar utrymmesbehov och därmed kostnaden för slutförvaret. De vattenförande egenskaperna medför således att en inriktning mot söder bedöms vara mer fördelaktig än mot norr. Att de termiska egenskaperna är mer gynnsamma i nordväst gör det intressant att också inkludera denna del av delområdet.



**Figur 2.** Fokuserat område samt befintliga och planerade borrhål. Läget av de planerade borrhålen markerar inte den exakta placeringen utan snarare målområde för respektive borrhål. Om möjligt kommer nya borrhål att borras från befintliga borrhållarplatser.

Sammantaget innebär detta att undersökningarna kommer att inriktas mot den södra och västra delen av delområdet.

### **Undersökningar norr om deformationszon EW007**

Inga nya undersökningar påbörjas norr om deformationszon EW007 med syftet att undersöka berggrundens egenskaper för deponering inom detta område. Undersökningar som ger ökad kunskap om egenskaper som också gäller den södra och västra delen av delområdet Laxemar kommer dock att genomföras.

### **Större deformationszoner**

Kunskapen behöver förbättras kring alla större deformationszoner som har betydelse för slutförvarets avgränsning och uppdelning i deponeringsområden. I några fall kan det vara tillräckligt att analysera befintliga data. I andra fall behöver en tolkad deformationszon undersökas ytterligare för att få fram tillräckligt med data. Det kan både handla om att bekräfta eller förkasta zonens existens och att öka kunskapen om dess egenskaper.

För deformationszon EW007 och det närliggande bergets egenskaper på förvarsdjup kommer i första hand den stora mängden befintliga data att analyseras för att kunna avgöra hur bergvolymen centralt på Laxemar kan utnyttjas för slutförvarets olika delar och vilka delar av bergvolymen som inte kan användas.

### **Bergmassans vattenförande egenskaper**

Undersökningar för att karakterisera och förstå bergmassans vattenförande egenskaper omfattar dels geologiska och geofysiska metoder som ger kunskap om strukturerna och dels direkta hydrauliska mätmetoder. För att klarlägga mönster och vattenförande egenskaper för lokala mindre deformationszoner utnyttjas resultaten från den detaljerade markgeofysiken och de högupplösande flygmätningar som genomfördes våren 2005. Efter verifierande fältkontroller bestäms lämpliga platser för verifierande grävning och kärnbörning av korta hål med tillhörande undersökningar. Därefter tillämpas samma metodik på det fokuserade området i söder och väster där detaljerad markgeofysik med magnetometri och resistivitet också kommer att genomföras. Dessutom genomförs hydrauliska mätningar i nya borrhål samt en fördjupad analys av geologiska, geofysiska och hydrauliska kärnborrhålsdata från hela delområdet.

### **Karakterisera och verifiera tillgängliga bergvolymmer**

Bergområdena mellan de större deformationszonerna kommer huvudsakligen att användas som deponeringsområden. Det är därför viktigt att de blir karakteriserade så långt att det går att avgöra om de har de egenskaper som krävs för detta. Bergmassans vattenförande egenskaper är en av de viktigaste egenskaperna. Bergmassans övriga egenskaper kommer att undersökas utifrån målsättningen att uppnå erforderlig säkerhet i den platsbeskrivande modellen. Som exempel kan bergets värmeledningsförmåga nämnas där ökad kunskap om dess variation kommer att minska osäkerheten i den termiska modellen och därmed hur bergvolymen kan nyttjas som deponeringsområden.

### **Ytsystem**

Undersökningarna av de ytliga systemen har flera avnämare och syften. Undersökningarna ska ge underlag till säkerhetsanalysen och miljökonsekvensbeskrivningen men de utgör också en viktig del av miljöstyrningen för platsundersökningen.



En stor del av undersökningsprogrammet syftar till att ge säkerhetsanalytikerna den förståelse som krävs för att kunna bygga modeller och motivera de antaganden som görs. Enligt de tidiga säkerhetsbedömningar som genomförts är framför allt lågpunkter i terrängen, det vill säga våtmarker, sjöar, havet, av stort intresse eftersom sådana områden kan utgöra utströmningsområden för djupt grundvatten.

För att kunna utreda de frågor som ska behandlas i miljökonsekvensbeskrivningarna behövs kunskap om platsens egenskaper, karaktär och förutsättningar, samt natur- och kulturmiljövärden. Undersökningarna av de ytliga systemen tillgodoser i stor utsträckning dessa behov. Kompletterande underlag rörande till exempel hälso- och boendemiljöfrågor samt bedömningar av natur- och kulturmiljövärden tas fram inom ramen för MKB-arbetet.

Återstoden av platsundersökningen omfattar främst komplettering av befintlig information om de ytliga ekosystemen såsom analyser av den kemiska sammansättningen i avlagringar och biota, fortsatta processmätningar samt kompletterande kartläggning av våtmarkernas egenskaper. Därutöver kan ytterligare väsentliga frågor komma att identifieras i arbetet med platsmodellerna och miljökonsekvensbeskrivningen.

### **Långtidsobservationer**

Platsundersökningen innefattar insamling av tidsserier för alla viktiga parametrar som uppvisar en tydlig variation över tiden, det vill säga parametrar för vilka en ögonblicksbild inte räcker för att karakterisera ostörda förhållanden eller processer eller de som kan förväntas ändras på grund av uppförande och drift av ett slutförvar. Denna typ av naturliga variationer gäller i första hand ekologiska, hydrologiska, hydrogeologiska och grundvattenkemiska parametrar som uppmäts nära markytan. Men det kan också förekomma parametrar, främst hydrogeologiska, som uppvisar betydande tidsmässig variation även på stort djup. I programmet ingår dessutom registrering av seismisk aktivitet. För att programmet för uppföljning och långtidsobservationer ska bli optimalt kommer SKB fortlöpande att utvärdera resultat från och erfarenheter av programmet.

### **Undersökningar för driftanläggningar**

Grundläggningskraven för slutförvarets anläggningar skiljer sig som helhet inte från vad som är gängse för industribyggande, men det finns vissa skillnader mellan olika delar.

Det undersökningsprogram som planeras innefattar att:

- Sammanställa befintligt underlag från tidigare undersökningar som gjorts inom delar av området.
- Översiktligt bedöma de geotekniska förhållandena för hela det aktuella området.
- Bedöma grundläggningskraven för olika delar av slutförvarets anläggningar.
- Identifiera behoven av kompletterande undersökningar.

### **Undersökningar efter sommaren 2007**

Enligt SKB:s planer kommer platsundersökningen i Oskarshamn att avslutas sensommaren 2007. Därefter kommer övervakning och långtidsobservationer att fortsätta kontinuerligt. Vidare planeras ett storskalig interferenstest kombinerat med spår försök.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	13
1.1	SKB:s plan för slutförvaring av använt kärnbränsle	13
1.2	Projekt Djupförvar	15
1.3	Platsundersökningen i Oskarshamn	18
1.4	Avgränsningar	20
<b>2</b>	<b>Förutsättningar</b>	21
2.1	Mål	21
2.2	Platsen	21
2.2.1	Bakgrund	21
2.2.2	Geologiska förhållanden	22
2.2.3	Natur och kultur	25
2.2.4	Industri och infrastruktur	28
2.3	Kunskapsläge efter hittills utförda undersökningar	30
2.3.1	Utgångspunkter och översikt	30
2.3.2	Industrietableringen	32
2.3.3	Avstämning mot grundläggande krav	35
2.3.4	Kvarstående osäkerheter i platsbeskrivningen – behov av ytterligare data	43
2.4	Fortsatta undersökningar	47
2.4.1	Strategi	47
2.4.2	Tidsplan	47
2.4.3	Arbetsätt	49
<b>3</b>	<b>Undersökningar</b>	51
3.1	Undersökningsprogram – en översikt	51
3.1.1	Fokusera undersökningarna	51
3.1.2	Undersökningar norr om EW007	52
3.1.3	Större deformationszoner	52
3.1.4	Bergmassans vattenförande egenskaper	54
3.1.5	Tillgängliga bergvolymmer	54
3.1.6	Borrning	55
3.2	Ytsystem	59
3.2.1	Syfte	59
3.2.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	59
3.2.3	Utförda undersökningar	62
3.2.4	Pågående undersökningar	63
3.2.5	Viktiga frågor som återstår att besvara	63
3.2.6	Undersökningsprogram	64
3.3	Geologi	67
3.3.1	Syfte och mål	67
3.3.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	68
3.3.3	Viktiga frågor som återstår att besvara	74
3.3.4	Undersökningsprogram	75
3.4	Geofysik	78
3.4.1	Syfte och mål	78
3.4.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	79
3.4.3	Viktiga frågor som återstår att besvara	84
3.4.4	Undersökningsprogram	86

3.5	Bergmekanik och termiska egenskaper	88
3.5.1	Syfte och mål	88
3.5.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	89
3.5.3	Viktiga frågor som återstår att besvara	92
3.5.4	Undersökningsprogram	92
3.6	Hydrogeologi	94
3.6.1	Syfte och mål	94
3.6.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	95
3.6.3	Viktiga frågor som återstår att besvara	99
3.6.4	Undersökningsprogram	100
3.7	Hydrogeokemi	107
3.7.1	Syfte och mål	107
3.7.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	108
3.7.3	Viktiga frågor som återstår att besvara	113
3.7.4	Undersökningsprogram	113
3.8	Transportegenskaper	115
3.8.1	Syfte och mål	115
3.8.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	116
3.8.3	Viktiga frågor som återstår att besvara	118
3.8.4	Undersökningsprogram	119
3.9	Borrning	120
3.9.1	Syfte och mål	120
3.9.2	Viktiga resultat från genomförda undersökningar	120
3.9.3	Undersökningsprogram	127
3.10	Långtidsobservationer	130
3.10.1	Meteorologi	131
3.10.2	Hydrologi	133
3.10.3	Hydrogeokemi	135
3.10.4	Ekologi	137
3.10.5	Hydrogeologi och transportegenskaper	137
3.10.6	Geologi	140
3.11	Undersökningar för drifanläggningar ovan och under mark	143
3.11.1	Anläggningar ovan mark	143
3.11.2	Anläggningar under mark	143
<b>4</b>	<b>Undersökningar efter sommaren 2007</b>	<b>145</b>
<b>5</b>	<b>Referenser</b>	<b>147</b>
<b>Bilaga A</b>	<b>Analys av prover från avlagringar och biota</b>	<b>157</b>
<b>Bilaga B</b>	<b>Platsundersökningens miljöpåverkan</b>	<b>161</b>
<b>Bilaga C</b>	<b>Ordförklaringar</b>	<b>181</b>

# 1 Inledning

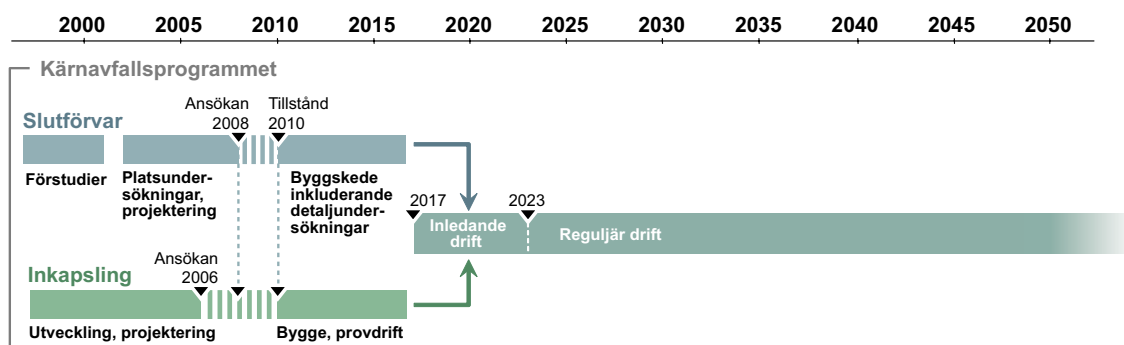
## 1.1 SKB:s plan för slutförvaring av använt kärnbränsle

Använt kärnbränsle från de svenska kärnkraftverken förs successivt till mellanlagring i vattenbassänger i Clab (Centralt mellanlager för använt kärnbränsle) nära Oskarshamn. Avsikten är att efter cirka 30 års mellanlagring överföra bränsleelementen till kapslar som försluts och transporteras till ett slutförvar, där de deponeras permanent i urberg. Figur 1-1 visar huvuddragen i SKB:s plan för att åstadkomma detta. Målet är att ha ett system för slutförvaring av använt kärnbränsle klart att ta i drift omkring år 2017.

Hur länge driften av slutförvaret behöver pågå är beroende av kärnkraftverkens drifttider. SKB:s planeringsförutsättning /SKB 2004b/ är att alla reaktorer utom Barsebäck 1 (avstängd i november 1999) och Barsebäck 2 (avstängd i maj 2005) drivs i 40 år. Det skulle innebära att driften av slutförvaret avslutas en bit in på 2050-talet och att hela kärnbränsleprogrammet kan vara avslutat omkring år 2060. Programmet medger att såväl mindre som större bränslemängder hanteras, i huvudsak utan andra konsekvenser än att hanteringssystemets totala drifttid, samt utrymmesbehovet i slutförvaret, påverkas /SKB 2004a/.

Innan systemet kan tas i drift ska emellertid två kärntekniska anläggningar – en inkapslingsanläggning och ett slutförvar – planeras, beslutas och uppföras. Detta arbete sker etappvis, och har pågått i många år. SKB:s mål för den nuvarande etappen, platsundersökningsskedet, är att få de tillstånd som behövs för att lokalisera och bygga inkapslingsanläggningen och slutförvaret. Nuläget kan sammanfattas i följande punkter:

- För lokaliseringen av slutförvaret undersöks två kandidatplatser, Forsmark i Östhammars kommun och Simpevarp/Laxemar i Oskarshamns kommun. Avsikten är att i ett senare skede välja en av kandidatplatserna som förlägningsplats för slutförvaret förutsatt att platsen uppfyller kraven på säkerhet, miljö och byggbarhet.
- Det underlag för lokaliseringen av slutförvaret som nu finns omfattar även andra platser som kvarstår som möjliga alternativ, för det fall att undersökningarna av kandidatplatserna inte ger tillfredsställande resultat. Vidare finns ett omfattande jämförelsematerial att tillgå från de typområdesundersökningar som tidigare genomförts på ett tiotal platser i olika delar av landet, liksom från undersökningar inom det finska kärnavfallsprogrammet /SKB 2000b/.



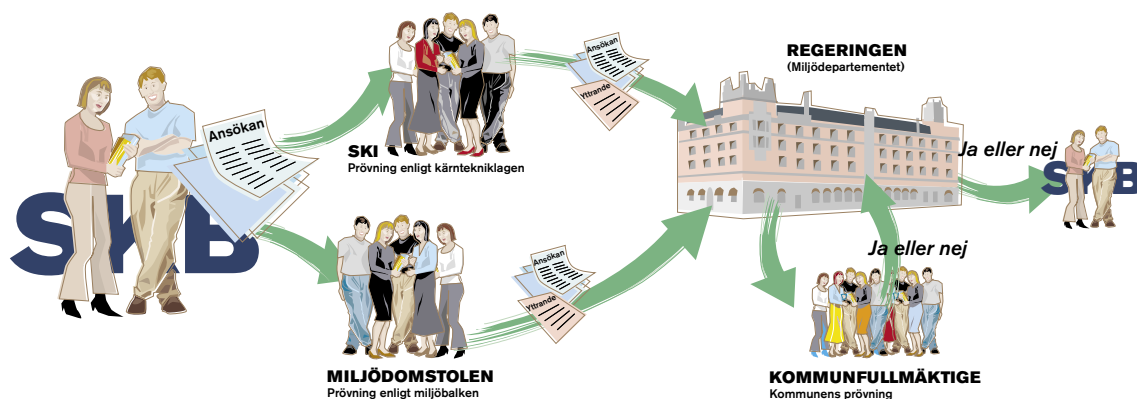
**Figur 1-1.** SKB:s plan för lokalisering, bygge och drift av inkapslingsanläggning och slutförvar för använt kärnbränsle.

- En inkapslingsanläggning planeras vid Clab. Projektering av anläggningen pågår, samtidigt som utvecklingen av inkapslingstekniken drivs vidare. Som alternativ studeras en förläggning vid ett eventuellt slutförvar i Forsmark.
- Både inkapslingsanläggningen och slutförvaret kräver tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen. Lagstadgade samrådsförfaranden för detta har inletts, och de kommande beslutsprocesserna är väl definierade, se figur 1-2.
- Utvecklingen av KBS-3 metoden, den förvaringsmetod som är SKB:s huvudalternativ, befinner sig i ett skede där tester och demonstrationer av systemdelar i pilot- och fullskala är huvudinslag. Kapsel- och Äspölaboratorierna är de centrala resurserna för detta.

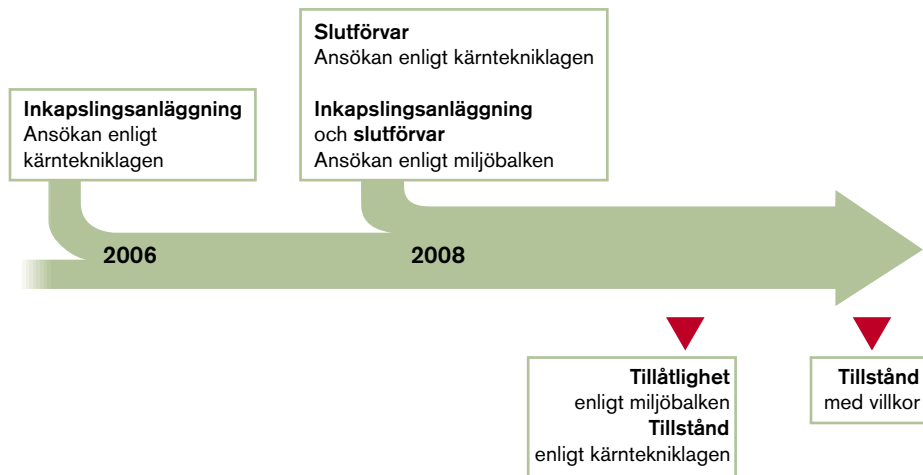
SKB:s huvuduppgift under de närmaste åren är att ta fram och sammanställa allt underlag som krävs för ansökningar om lokalisering och uppförande av anläggningarna. Inkapslingsanläggningen, slutförvaret och transporterna kräver tillstånd enligt kärntekniklagen. SKI bereder ärendet inför regeringsprövningen. När regeringen lämnat tillstånd fortsätter SKI sin handläggning och fastställer de etappvisa villkor som behövs från kärnsäkerhets-synpunkt. SSI fastställer de etappvisa villkor som behövs med hänsyn till strålskyddet.

Inkapslingsanläggningen och slutförvaret kräver också tillstånd enligt miljöbalken. Prövning enligt miljöbalken omfattar alla typer av miljöpåverkan, inklusive utsläpp av joniserande och icke-joniserande strålning. Prövningen bereds i miljödomstol som remissbehandlar ansökan och håller huvudförhandling innan domstolen med eget yttrande överlämnar ärendet till regeringen för så kallad tillåtlighetsprövning enligt 17 kap miljöbalken. I regeringens handläggning av ärendet kommer berörd kommun att tillfrågas om de tillstyrker eller avstyrker SKB:s ansökan. Därefter fattar regeringen beslut om tillåtligheten. Under förutsättning att tillåtlighet meddelas återlämnas ärendet därefter till miljödomstolen som, efter eventuellt ytterligare en huvudförhandling, meddelar tillstånd och fastställer villkor för verksamheten. SKI och SSI är som expertmyndigheter mycket viktiga parter i prövningen enligt miljöbalken. Utöver dessa tillstånd krävs bygglov enligt plan- och bygglagen.

I Fud-program 2004 /SKB 2004a/ redovisade SKB en handlingsplan omfattande separata ansöknings- och prövningstillfällen för inkapslingsanläggningen och slutförvaret. Baserat på bland annat synpunkter från SKB:s samrådsparter på detta förfarande har SKB gjort en förnyad och fördjupad analys av prövningsupplägget som resulterat i ett modifierat förslag, se figur 1-3.



Figur 1-2. Tillståndprocessen enligt miljöbalken och kärntekniklagen.



*Figur 1-3. Ansökningar och beslutsprocess för inkapslingsanläggning och slutförvar.*

Prövningsupplägget innebär i korthet följande:

2006 SKB ansöker om tillstånd enligt kärntekniklagen för inkapslingsanläggningen. SKB inger samtidigt till SKI och SSI följande handlingar för granskning; en säkerhetsanalys med fokus på kapselns funktion i slutförvaret (SR-Can), en systemanalys som beskriver och analyserar hur delarna inom KBS-3-systemet samverkar.

2008 SKB ansöker om tillstånd enligt kärntekniklagen för slutförvaret. SKB kompletterar samtidigt den ovannämnda ansökan för inkapslingsanläggningen utifrån de yttranden som inkommit under perioden 2006–2008. SKB förväntar sig inte något slutligt ställningstagande i inkapslingsärendet förrän denna samlade komplettering gjorts. SKB ansöker samtidigt om tillstånd enligt miljöbalken för inkapslingsanläggningen och slutförvaret.

2010 Regeringen får därmed möjlighet att vid ett och samma tillfälle fatta beslut om tillstånd enligt kärntekniklagen och tillåtlighet enligt miljöbalken för alla ingående delar i KBS-3-systemet, det vill säga för både inkapslingsanläggningen och slutförvaret. Ett beslutstillfälle möjliggör också gemensam remissbehandling av SKB:s ansökningshandlingar.

## 1.2 Projekt Djupförvar

Arbetet med att ta fram underlag för de två lokaliseringalternativen för slutförvaret, fram till planerad tillståndsansökan år 2008, sker i projektform. Målen för projektet är att:

- Ta fram underlag till ansökan om tillstånd att lokalisera och bygga slutförvaret för använt kärnbränsle.
- Ta fram det övriga underlag som behövs för att initiera byggskedet.

Delprojekt är att:

- Genomföra **undersökningar i Oskarshamn**.
- Genomföra **undersökningar i Forsmark**.
- Ta fram **beskrivningar av de undersökta platserna**, som grund för platsanpassade försvarslösningar, säkerhetsanalyser samt miljöutredningar och konsekvensbedömningar.
- **Projektera** anläggningar, system och infrastruktur för slutförvar på de undersökta platserna, till en nivå som ger underlag för de anläggningsbeskrivningar och säkerhetsanalyser som ska ingå i ansökan.
- Ta fram **säkerhetsredovisningar** för slutförvarets långsiktiga säkerhet och drift (inklusive transporter) av anläggningen på de undersökta platserna.
- Genomföra en förnyad **systemanalys**, det vill säga en analys av hela systemet för omhändertagande av använt kärnbränsle enligt KBS-3-metoden.
- Genomföra utredningar som underlag för att bedöma **inverkan på miljö, hälsa och samhälle** av planerade anläggningar och verksamheter.
- Genomföra **lagstadgade samråd** och övrig kommunikation med berörda parter och allmänhet.
- Utarbeta ett **program för byggskedet**.
- Ta fram den **miljökonsekvensbeskrivning** som ska åtfölja ansökan.

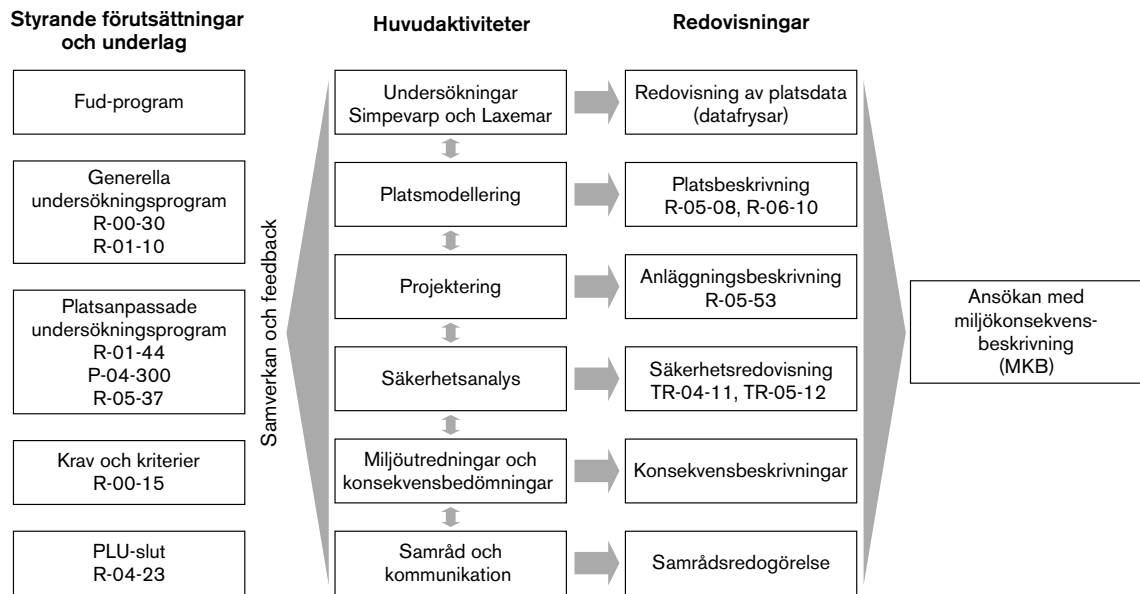
I slutfasen av platsundersökningsskedet görs en samlad utvärdering av allt underlag för att kunna:

- **Välja en plats** för slutförvaret och motivera detta val.
- Sammanställa **tillståndsansökan**.

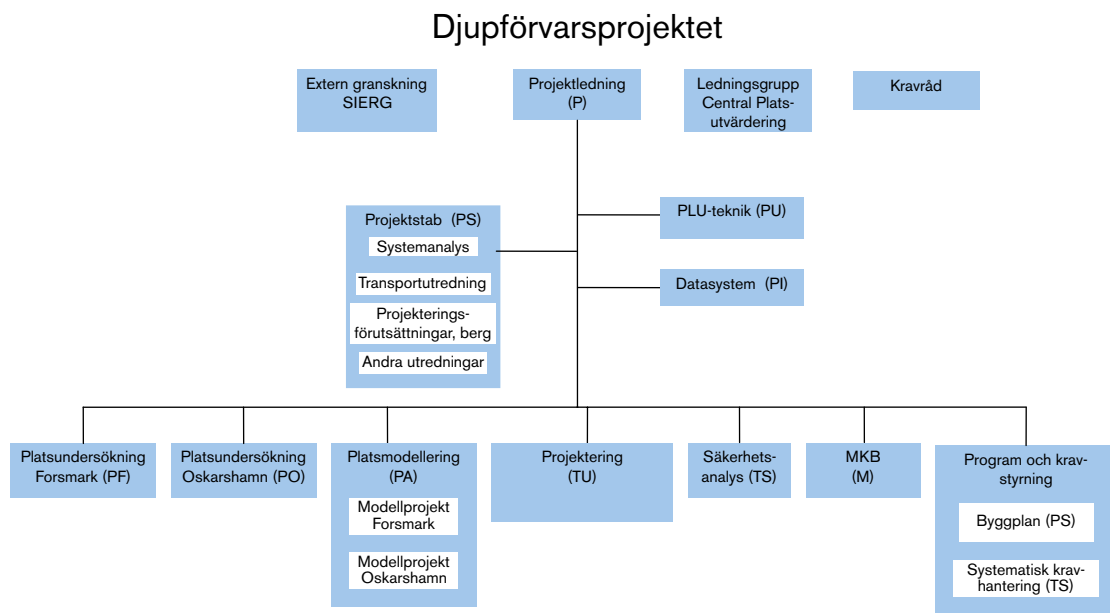
Projektet genomförs i två etapper – inledande respektive komplett platsundersökning. Efter den inledande etappen görs en utvärdering, som bland annat innefattar att insamlade data om förhållandena på plats jämförs med i förväg uppställda kriterier /Andersson et al. 2000/. Vidare studeras hur ett slutförvar skulle kunna utformas med hänsyn till lokala förutsättningar och preliminära bedömningar görs av säkerheten för ett sådant förvar. Målet är att verifiera den bedömning som motiverade valen av kandidatplatser, det vill säga att dessa har goda förutsättningar att uppfylla kraven för ett slutförvar. Om det skulle visa sig att någon plats inte uppfyller kraven så kan platsundersökningen avbrytas. SKB:s planeringsförutsättning är emellertid att undersökningarna slutförs på båda platserna.

Platsundersökningen genomförs i steg med undersökningar och redovisning av platsdata (datafrysar) följda av analyser och återkoppling. Ett sådant iterativt arbetssätt är nödvändigt för att ha en överblick över det aktuella kunskapsläget och fortlöpande kunna styra undersökningarna så att resurser utnyttjas optimalt och så att en återkoppling kan ske från användarna av data. Undersökningsdata används för att ta fram platsbeskrivning, anläggningsutformning, säkerhetsanalys samt miljöutredning och konsekvensbedömning. Figur 1-4 visar förenklat kopplingarna mellan de viktigaste delprojekten i Djupförvarsprojektet och styrningen av informationsflödet.

Organisationen för projektet har anpassats till det beskrivna arbetssättet. Figur 1-5 visar ett översiktligt organisationsschema för Djupförvarsprojektet.



**Figur 1-4.** Förenklad bild av informationsflödet inom Djupförvarsprojektet – platsundersökning i Oskarshamn.



**Figur 1-5.** Djupförvarsprojektets organisation.



### 1.3 Platsundersökningen i Oskarshamn

Inför platsundersökningarna redovisade SKB ett generellt program för undersökning och utvärdering av platser för slutförvaret /SKB 2000a/. Programmet grundades bland annat på tidigare gjorda säkerhetsanalyser och på erfarenheter från SKB:s Äspölaboratorium. Vidare redovisade SKB en fördjupad och mer detaljerad beskrivning av hur undersökningarna av berggrunden och de yt nära ekosystemen kan genomföras /SKB 2001a/. Där preciserades vad som ska eller kan mätas, vilka metoder som kan användas och hur platsbeskrivande modeller ska upprättas.

Figur 1-6 illustrerar översiktligt de olika stegen i platsundersökningen med den successiva avgränsningen av undersökningsområdet som beskrivs i det följande. Syftet med den successiva avgränsningen och fokuseringen har framförallt varit att kunna välja ett tillräckligt stort bergområde som kan förväntas uppfylla kraven på långsiktig säkerhet och som därmed är potentiellt lämpligt för ett slutförvar. Med undantag av undersökningsborrning, med tillhörande undersökningar, fortsätter en rad undersökningar även utanför det fokuserade området.

I september 2002 presenterade SKB ett program för den inledande platsundersökningen i Oskarshamn /SKB 2001b/. Baserat på detta program inleddes under sommaren 2002 undersökningar, inklusive borrning, inom delområde Simpevarp samt ytekologiska inventeringar inom den regionala omgivningen. Vidare genomfördes geovetenskapliga ytundersökningar, bland annat med geofysiska mätningar från helikopter, inom hela det 60 km<sup>2</sup> stora kandidatområdet.

Baserat på resultat från dessa undersökningar redovisade SKB i mars 2003 en precisering och prioritering för de fortsatta platsundersökningarna i Oskarshamn till två delområden, Simpevarp och Laxemar /SKB 2003/. Den totala ytan av de två delområdena är 15 km<sup>2</sup>. Undersökningarna inom delområde Laxemar kunde påbörjas i januari 2004, sedan SKB träffat överenskommelse med berörda markägare.

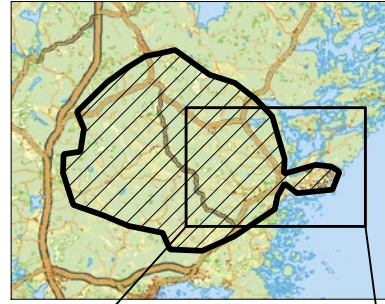
Redan i ett tidigt skede stod det klart att Simpevarpshalvön ger begränsad flexibilitet i förvarslayout på grund av dess begränsade areal. SKB ville av detta skäl utvidga undersökningsområdet till att innefatta även Ävrö, Hålö och det närliggande havsområdet. SKB hemställde hos Oskarshamns kommun att få göra en sådan utvidgning och precisering av undersökningsområdet, vilket Oskarshamns kommunfullmäktige i huvudsak biföll i september 2003.

I slutet av oktober 2004 var de inledande platsundersökningarna genomförda för både delområde Simpevarp och Laxemar. Baserat på erhållna resultat och analyser av undersökningarna på de båda delområdena prioriterade SKB preliminärt delområde Laxemar för fortsatt platsundersökning. Ett program för en första etapp av den kompletta platsundersökningen på delområde Laxemar presenterades i december 2004 /SKB 2004c/. Programmet omfattade undersökningar fram till sommaren 2005 och syftade särskilt till att ge svar på några väsentliga frågor så att de därefter följande undersökningarna skulle kunna fokuseras till de bergområden som bedömdes mest lämpliga för ett slutförvar. Dessa undersökningar har nu genomförts /SKB 2006a/.

För delområde Simpevarp har en heltäckande preliminär platsbeskrivning, version 1.2 /SKB 2005b/ och en preliminär säkerhetsbedömning /SKB 2005a/ presenterats. Arbetet med en preliminär anläggningsbeskrivning är i slutfasen /SKB 2006b/. För delområde Laxemar är arbetet med version 1.2 av den preliminära platsbeskrivningen i slutfasen och rapporten beräknas vara klar i mars 2006 /SKB 2006/. Platsbeskrivningen utgör sedan underlag för det fortsatta undersökningsprogrammet, en anläggningsbeskrivning och en preliminär säkerhetsbedömning (PSE) för delområde Laxemar.

### Kandidatområde Oskarshamn

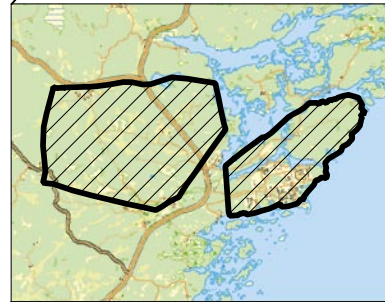
I förstudien för Oskarshamn rekommenderades platsundersökning på Simpevarpshalvön och området väster därom – kandidat område Oskarshamn /SKB 2000c, SKB 2001b/.



### Delområdena Laxemar och Simpevarp

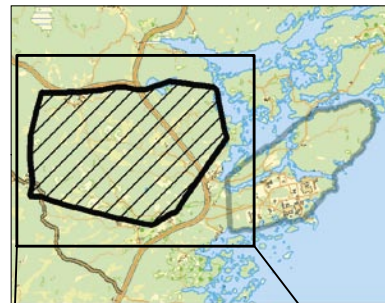
I mars 2003 redovisar SKB sin prioritering för undersökningar inom området väster om Simpevarp – delområde Laxemar /SKB 2003/.

I september 2003 biföll kommunfullmäktige i Oskarshamns kommun SKB:s begäran om att utöka Simpevarpsområdet till att också omfatta Ävrö, Hålö och det närliggande havsområdet – delområde Simpevarp



### Delområde Laxemar prioriteras

Hösten 2004 prioriterar SKB preliminärt delområde Laxemar för kompletta platsundersökningar /SKB 2004c/.



### Fokuserat område inom delområde Laxemar

Sommaren 2005 beslutar SKB att den avslutande etappen av den kompletta platsundersökningen ska inriktas mot den södra och västra delen av delområde Laxemar – Fokuserat område inom delområde Laxemar /SKB 2006a/.



**Figur 1-6.** Illustration av den successiva avgränsningen av undersökningsområdet i Oskarshamn – från det 60 km<sup>2</sup> stora kandidatområdet till fokuserat område inom delområde Laxemar. Syftet med den successiva avgränsningen och fokuseringen har framförallt varit att kunna välja ett tillräckligt stort bergområde som kan förväntas uppfylla kraven på långsiktig säkerhet och som därmed är potentiellt lämpligt för ett slutförvar. Med undantag för undersökningsborrning med tillhörande undersökningar fortsätter en rad undersökningar även utanför det fokuserade området. Att platsundersökningen slutförs på delområde Laxemar förutsätter att delområdet definitivt kommer att prioriteras när preliminär säkerhetsredovisning för delområdet föreligger i början av 2006.

Utförda undersökningar, utvärderingar och den preliminära säkerhetsbedömningen för delområde Simpevarp visar att det finns goda förutsättningar att där kunna bygga ett säkert slutförvar. Utrymmet är dock begränsat och eventuella överraskningar, till exempel att det finns fler deformationszoner inom området än de som hittills identifierats kan ge besvärande begränsningar.

Platsbeskrivningen för delområde Simpevarp /SKB 2005b/ innefattade även delområde Laxemar. Även om osäkerheterna var större för delområde Laxemar var det ändå möjligt att göra en första preliminär bedömning för Laxemarområdet utifrån denna platsbeskrivning. Bedömningen visade att även delområde Laxemar har goda förutsättningar för ett säkert slutförvar. Eftersom Laxemarområdet dessutom är större prioriterade SKB delområde Laxemar för fortsatt platsundersökning. Inriktningen för platsundersökningen i Oskarshamn och det undersökningsprogram som presenteras i denna rapport utgår från denna prioritering. Definitivt beslut om inriktningen för platsundersökningen i Oskarshamn planeras till våren 2006 när preliminära säkerhetsredovisningar presenterats för både delområde Simpevarp och Laxemar. Om beslutet då skulle bli att delområde Simpevarp väljs kommer ett nytt undersökningsprogram och en ny tidplan att tas fram.

Hittills uppnådda resultat utgör, tillsammans med de ovan nämnda programmen, en viktig utgångspunkt och förutsättning för återstående undersökningar av berggrund, mark, vatten och miljö inom delområde Laxemar. Föreliggande rapport redovisar programmet för att, med start sommaren 2005, slutföra den kompletta platsundersökningen inom delområde Laxemar. Inriktningen är att undersökningarna ska utgå från den centrala delen av delområde Laxemar och omfatta ett så stort område däromkring att tillräckligt stora bergvolymer som bedöms lämpliga för slutförvaret kan verifieras. Undersökningarna inriktas i första hand mot den södra och västra delen eftersom detta område sammantaget bedöms vara mest gynnsamt för slutförvaret, figur 1-6 /SKB 2006a/. Denna inriktning ger goda möjligheter att vid behov också gå mot den norra delen av delområde Laxemar. Inom delområde Simpevarp kommer endast mindre undersökningar att genomföras, framförallt uppföljning och långtidsobservationer (monitering).

Undersökningar av ekosystem, meteorologi, hydrologi i jord, hav, sjöar och vattendrag mm fortsätter precis som hittills inom ett större område, i princip inom hela det regionala modellområdet, se karta i figur 2-1.

Hur den avslutande etappen av platsundersökningen läggs upp beror i stor utsträckning på resultaten från den inledande etappen. Vad detta innebär för platsundersökningen i Oskarshamn redovisas i avsnitt 2.3 , 2.4 och kapitel 3. Målet är att höja kunskapen om den aktuella platsen till den nivå som krävs för att en tillståndsansökan ska kunna upprättas. Målet att ansökan ska kunna lämnas in årskiftet 2008/2009 innebär att samtliga arbeten i fält som ska ligga till grund för ansökan bör vara avslutade sommaren 2007. Långtidsobservationer kommer att fortsätta även därefter.

## **1.4 Avgränsningar**

Rapporten redovisar de undersökningar av berggrund, mark, vatten och miljö som SKB planerar för återstoden av platsundersökningen. Allt övrigt arbete som undersökningsresultaten i stor utsträckning används till – beräkning, modellering, projektering, säkerhetsanalys samt utredning om och bedömning av konsekvenser för miljö, hälsa och samhälle – nämns endast i den utsträckning som behövs för att sätta in platsundersökningarna i sitt sammanhang.

## 2 Förutsättningar

### 2.1 Mål

Det övergripande målet för platsundersökningsskedet är att få de tillstånd som krävs för att lokalisera och bygga slutförvaret. Platsundersökningarna måste därför ge det underlag som erfordras för utvärderingen av de undersökta platsernas lämplighet för ett slutförvar. Materialet ska således vara tillräckligt omfattande för att:

- visa om den valda platsen uppfyller grundläggande säkerhetskrav,
- visa om de byggtekniska förutsättningarna är uppfyllda,
- slutförvaret ska kunna anpassas till platsens förutsättningar och egenskaper,
- kunna bedöma slutförvarets inverkan på miljö och samhälle,
- möjliggöra jämförelser mellan de båda undersökta platserna, Forsmark respektive Simpevarp/Laxemar.

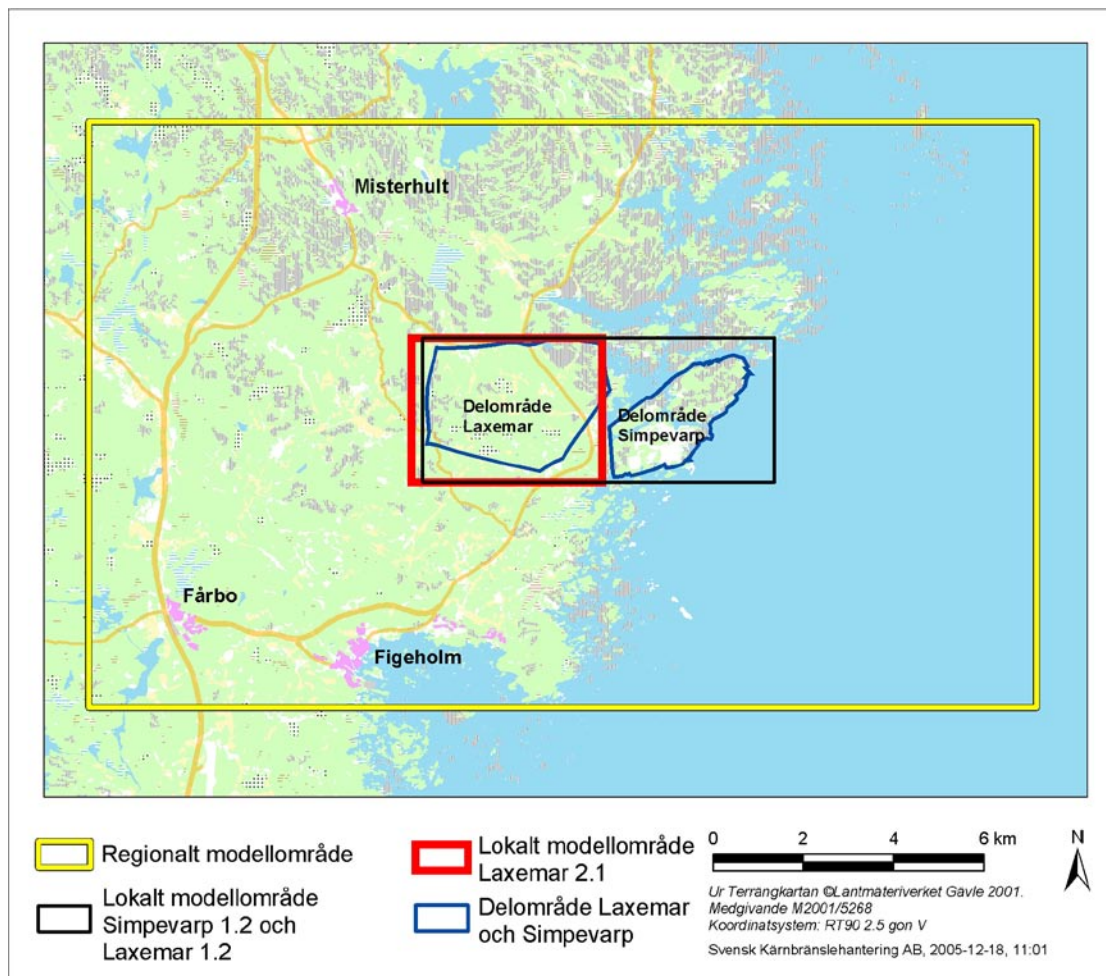
Ett annat sätt att uttrycka detta är att underlaget till ansökan ska kunna visa att slutförvaret och därtill hörande system i alla sina delar är genomförbart och säkert samt att det finns tillräckliga bergvolymerna på den valda platsen som uppfyller detta.

### 2.2 Platsen

#### 2.2.1 Bakgrund

Inför platsundersökningen i Oskarshamn prioriterade SKB Simpevarpshalvön och ett stort område på fastlandet väster om Simpevarp för fortsatta undersökningar, se figur 1-6. Prioriteringen av dessa områden grundar sig på bedömningen att berggrunden är potentiellt lämplig för ett slutförvar, samt att områdena ligger nära befintligt industriområde och kärnteknisk verksamhet på Simpevarpshalvön. Området väster om Simpevarp är drygt 50 km<sup>2</sup>, vilket är väsentligt större än de 5–10 km<sup>2</sup> som behövs för att genomföra alla stegen i en platsundersökning. Skälen för att utgå från ett så stort område var att det saknades naturliga geologiska avgränsningar, samt att en inledningsvis stor areal gav flexibilitet att, i det fortsatta undersökningsarbetet, fokusera mot ett eller flera mindre områden där platsundersökningen har goda förutsättningar att leda till önskat resultat. I kapitel 1, avsnitt 1.3, redovisas genomförda etapper av platsundersökningen och den successiva fokuseringen mot ett allt mindre undersökningsområde.

Kartan i figur 2-1 ger en översikt över platsundersökningsområdet med de två delområdena Simpevarp och Laxemar. Kartan visar också det regionala modellområdet, det lokala modellområdet som hittills studerats samt det som kommer att studeras framöver i arbetet med platsmodeller och platsbeskrivning.



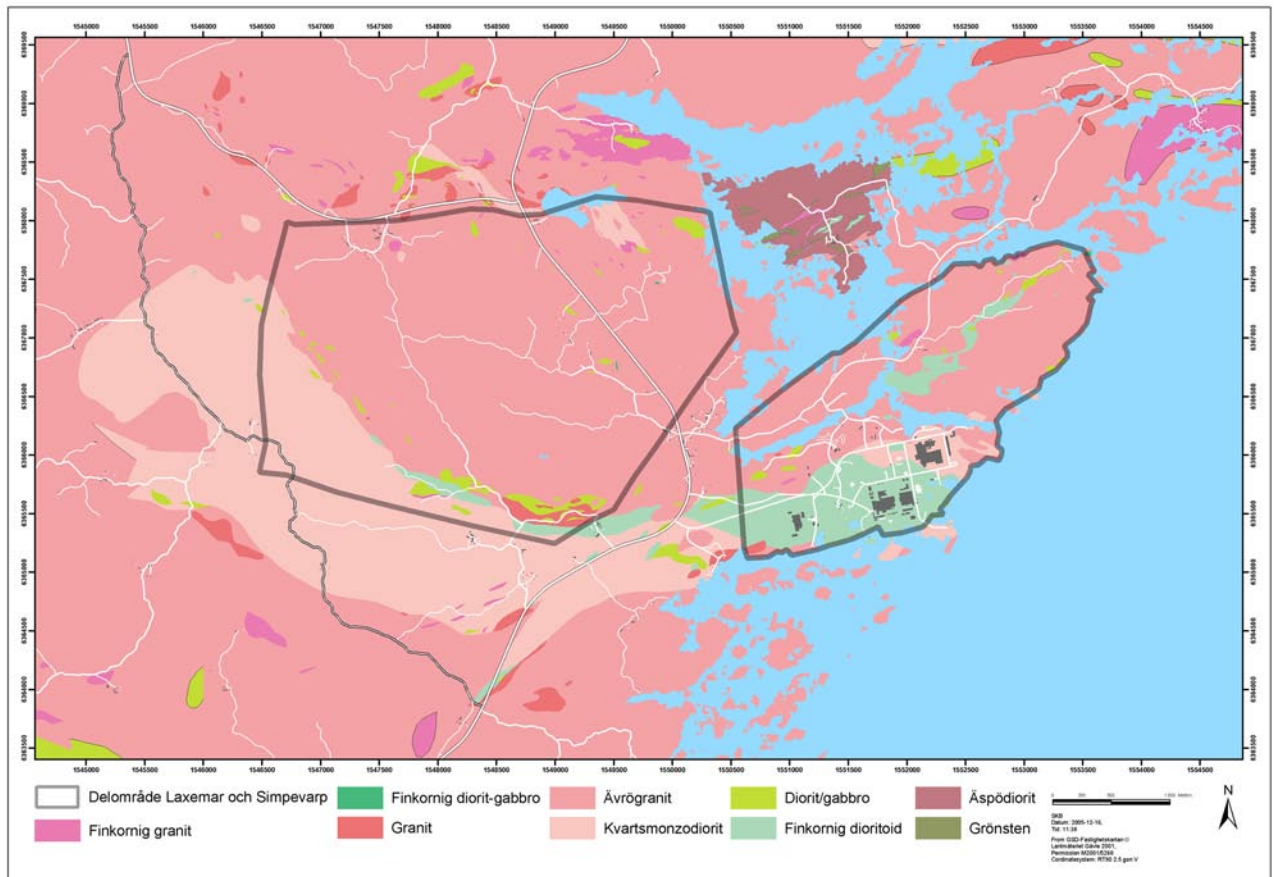
**Figur 2-1.** Platsundersökningen i Oskarshamn med de två delområdena Simpevarp och Laxemar samt lokala och regionala modellområdena.

## 2.2.2 Geologiska förhållanden

### Berggrund

Berggrunden i delområde Laxemar utgörs av cirka 1 800 miljoner år gamla intrusiva, magmatiska bergarter som tillhör det så kallade transskandinaviska magmatiska bältet. Magmatiska blandningsfenomen är vanliga, och bortsett från vissa mesoskopiska skjuvzoner och en ställvis svagt utbildad foliation är bergarterna välbevarade. För vidare information om berggrundsgeologin i delområde Laxemar hänvisas till avsnitt 3.3.

Delområde Laxemar domineras av två bergarter, ävrögranit och kvartsmonzodiorit (figur 2-2). Ävrögraniten dominerar i den mellersta och norra delen. Den är rödgrå till gråröd, medelkornig och vanligen porfyrisk, och varierar i sammansättning från granit till kvartsmonzodiorit, innefattande kvartsmonzonitiska och granodioritiska varianter. Variationerna i den kemiska och mineralogiska sammansättningen avspeglar sig också i varierande densitetsvärden och termiska egenskaper. Kvartsmonzodioriten dominerar i södra och sydvästra delen av delområde Laxemar. Den är grå till rödgrå, medelkornig och jämnkornig till ställvis svagt glesporfyrisk. Sammansättningen är relativt homogen, och modalanalyser visar på en kvartsmonzodioritisk till granodioritisk sammansättning.

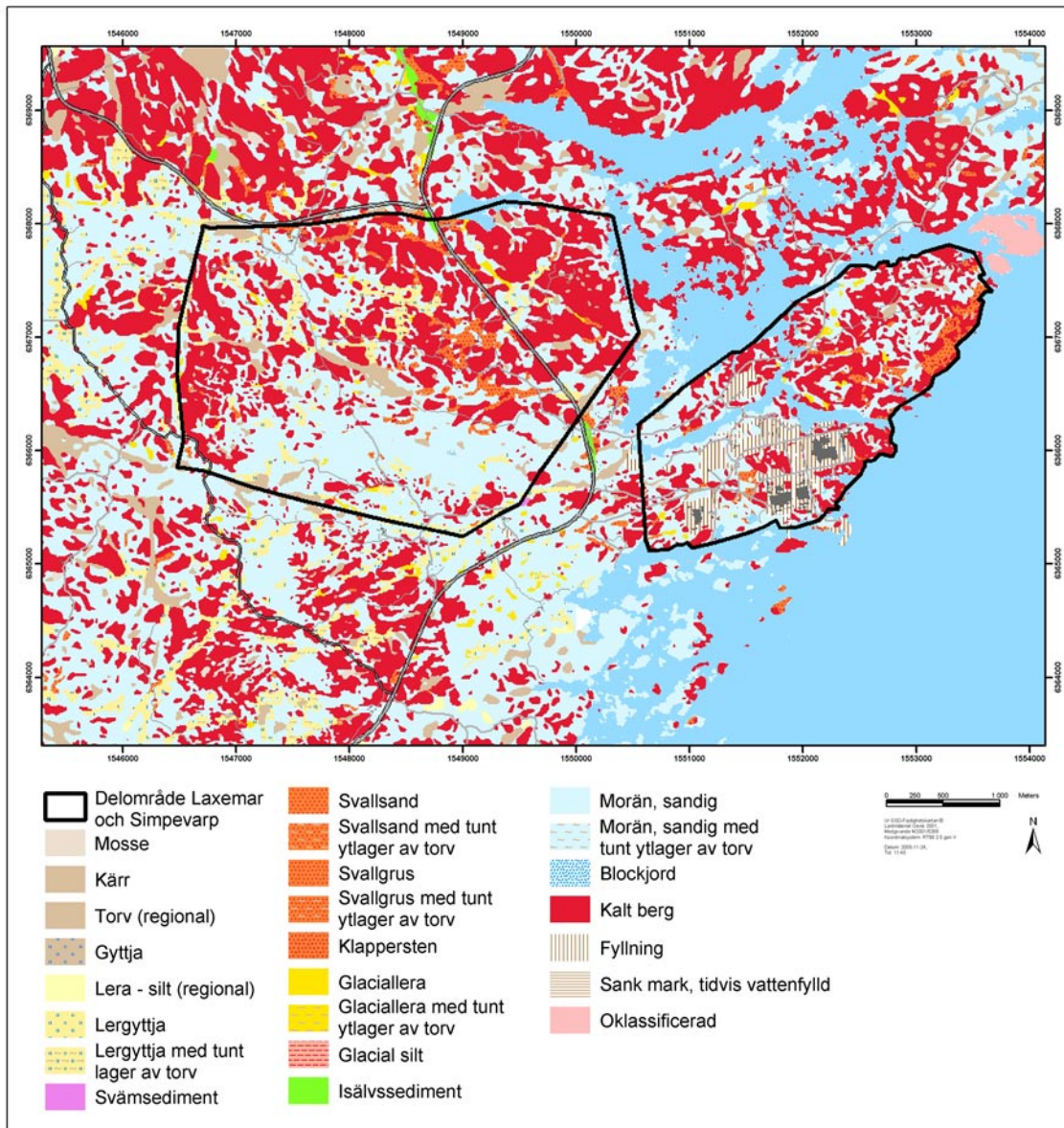


**Figur 2-2.** Berggrundsgeologisk karta över delområdena Laxemar och Simpevarp med omgivningar.

Av underordnade bergarter inom delområdet utgör finkornig granit den viktigaste och mest frekvent förekommande, se figur 2-2. Kroppar och gångar av den finkorniga graniten bedöms förekomma jämnt fördelade i de dominerande bergarterna, även om lokala variationer förekommer. Även pegmatit i form av gångar och ådror är relativt vanligt förekommande. Vidare förekommer diorit/gabbro, finkornig dioritoid, finkornig diorit-gabbro och granit (medel- till grovkornig) som underordnade inslag i berggrunden.

### Jordarter

Delområde Laxemar är ganska flackt men småkuperat. Områdets jordarter har kartlagts och presenteras i figur 2-3. Sandig morän är den dominerande jordarten och täcker cirka 45 % av det undersökta området. Inga tydliga moränackumulationer har observerats och därför återspeglar moränytan i stort den underliggande berggrundsytans morfologi. Ett genomgående drag är att moränen är grovkornig med hög grushalt. I ytan är moränen ofta både stenrik och blockrik. Moränens mäktighet är i allmänhet begränsad till högst 3 å 4 m. Större moränmäktigheter kan i undantagsfall förekomma i landskapets dalgångar. Endast ett par smärre isälvsavlagringar förekommer inom delområde Laxemar.



**Figur 2-3.** Förenklad jordartskarta över delområdena Laxemar och Simpevarp med omgivningar /Lindborg 2006/.

I de smala dalgångarna finns som regel leriga gyttjiga sediment, som på många platser täcks av torv. Dessa områden nyttjas i stor utsträckning som jordbruksmark. De gyttjiga sedimenten underlagras ofta av glacial lera som i sin tur underlagras av morän. Den totala lermäktigheten är ofta flera meter i dalgångarna. Den glaciala leran avsattes på ett relativt stort vattendjup strax efter det att inlandsisen dragit sig tillbaks från området. De yngre gyttjiga sedimenten avsattes i grunda havsvikar då landskapet runt Misterhult sakta steg upp ur havet. I dagens grunda havsvikar med ymnig vassvegetation kan man studera den pågående gyttjeavsättningen.

Området har under en längre tid varit exponerat för vågornas eroderande verkan. Resultatet av detta är dels kraftigt svallad morän och dels ackumulationer av svallsand, -grus och klapper, tillsammans cirka 4 % av ytan. Torvmarker förekommer över hela området, men de är oftast mycket små och täcker sammanlagt cirka 8 % av ytan. Dessa marker har ofta dikats för att förbättra förutsättningarna för skogs- och jordbruk. Mindre torvtäckta mossar och kärr förekommer dock över hela området.

### 2.2.3 Natur och kultur

Området kring delområdena Laxemar och Simpevarp ligger i en naturgeografisk region som präglas av ett sprickdalslandskap med små höjdskillnader, hållmarkstallskog, kala skär och steniga stränder. Skogarna och de många sprickdalarna dominerar och sätter sin prägel på området. I sprickdalarna ligger lösa jordar och där finns i dag huvuddelen av den brukade marken, se figur 2-4. Den har i regel kommit till genom utdikningar. I möten mellan flera dalgångar finns mer öppna bygder men i regel är de ändå jämförelsevis små. Höjdpartierna inom området är i regel täckta av relativt tunn och mager moränjord. De är ofta skogbevuxna och har stort inslag av hållblottningar, se figur 2-5.



*Figur 2-4. I sprickdalarna ligger lösa jordar. På geologernas kartor är sprickdalarna markerade som lineament, det vill säga möjliga deformationszoner i berggrunden.*



*Figur 2-5. Hållmark med tallar.*



Skärgården utgör en tydlig kontrast till det mer slutna skogsområdet. Mellan skog och öppet hav finns en inre skärgård med flacka skogsbevuxna öar. Ytterskärgården är oexploaterad och består av allt från grund och skär till skogsbevuxna öar med en smal strandzon. Bebyggelsen är begränsad och den flacka kustlinjen erbjuder få landmärken men de som finns är desto mer karakteristiska: Blå Jungfrun och reaktorbyggnaderna på Simpevarpshalvön. Med undantag av reaktorbyggnaderna syns inte mycket av kulturpåverkan, karaktären av naturmiljö väger över. Den oskyddade kuststräckan utanför Simpevarp och Ävrö är särpräglad genom att den är helt öppen mot öster. I likhet med den yttre skärgården är det naturlandskapet som präglar området.

Bygden har historiskt en prägel av såväl landsbygd, med jord- och skogsbruk som kustbygd med skärgårdsmiljö och fiske. Till detta kommer den kärntekniska industriverksamheten på Simpevarpshalvön. Denna märks tydligt i form av anläggningarna på Simpevarpshalvön med talrika kraftledningar därifrån, och i det lokala samhället genom att OKG och SKB är dominerande arbetsgivare.

Industrilandskapets påverkan på kulturmiljön inom området är förhållandevis begränsad. Genom topografin och att en stor del av den ursprungliga marken och vegetationen är bevarad är det ett relativt begränsat område som är påverkat av industrianläggningarna. Kraftledningarna med sina röjda gator gör att industriområdet sträcker sig en bra bit in från halvön. Det är främst från havssidan som kärnkraftsanläggningen syns på långt håll.

Ur naturskyddssynpunkt kan området beskrivas som typiskt för kustbygder i denna del av landet. Hela området används för jakt och annan rekreation. Fritidsfisket är betydande längs kuststräckan. Mot nordost finns Misterhults skärgård, med särskilda skyddsintressen. I likhet med större delen av Östersjökusten omfattas kuststräckan i Oskarshamns kommun av restriktioner för industrilokaliseringar enligt miljöbalkens fjärde kapitel. Inom kustområdet och skärgården ska turismens och friluftslivets, främst det rörliga friluftslivets, intressen särskilt beaktas vid bedömningen av tillåtligheten av exploateringsföretag och eller andra ingrepp i miljön<sup>1</sup>, se figur 2-7. Norr om Simpevarp får kärntekniska anläggningar inte komma till stånd<sup>2</sup>. Söder om Simpevarp får kärntekniska anläggningar komma till stånd endast på platser där det redan finns sådana anläggningar<sup>3</sup>. I platsundersökningsområdet gäller dessa restriktioner för delen öster om kustvägen (väg 743), med Simpevarpshalvön som enda undantag. Delområde Laxemar, väster om kustvägen, berörs enbart av riksintresse för slutlig förvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall. Se karta i figur 2-6.

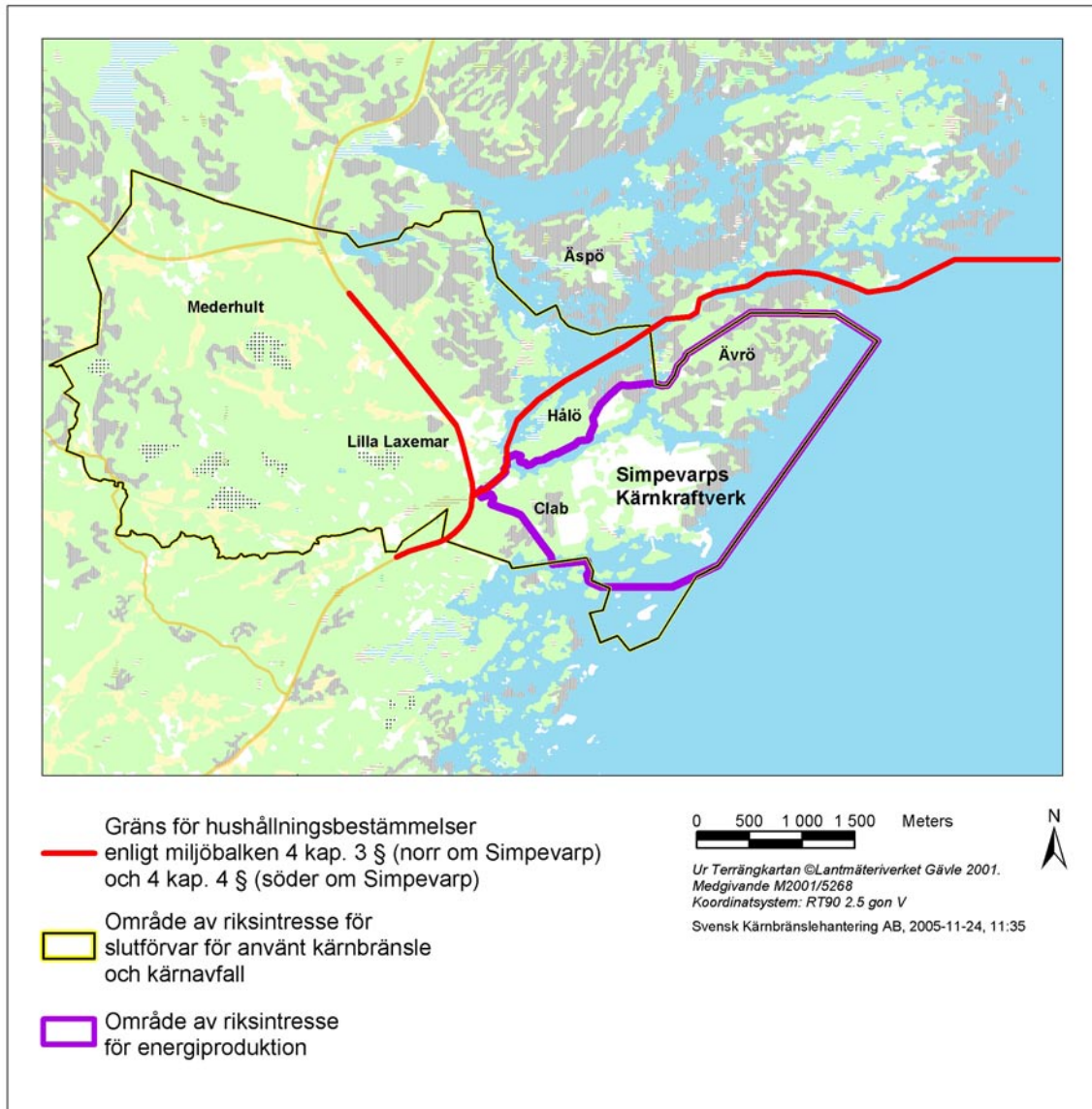
Området är rikt på kulturminnen med en stor mängd spår av mänsklig närvaro från olika historiska epoker. Särskilt talrika är fornlämningarna från bronsåldern. Se figur 2-8.

---

<sup>1</sup> Miljöbalken 4 kap 2§.

<sup>2</sup> Miljöbalken 4 kap 3§.

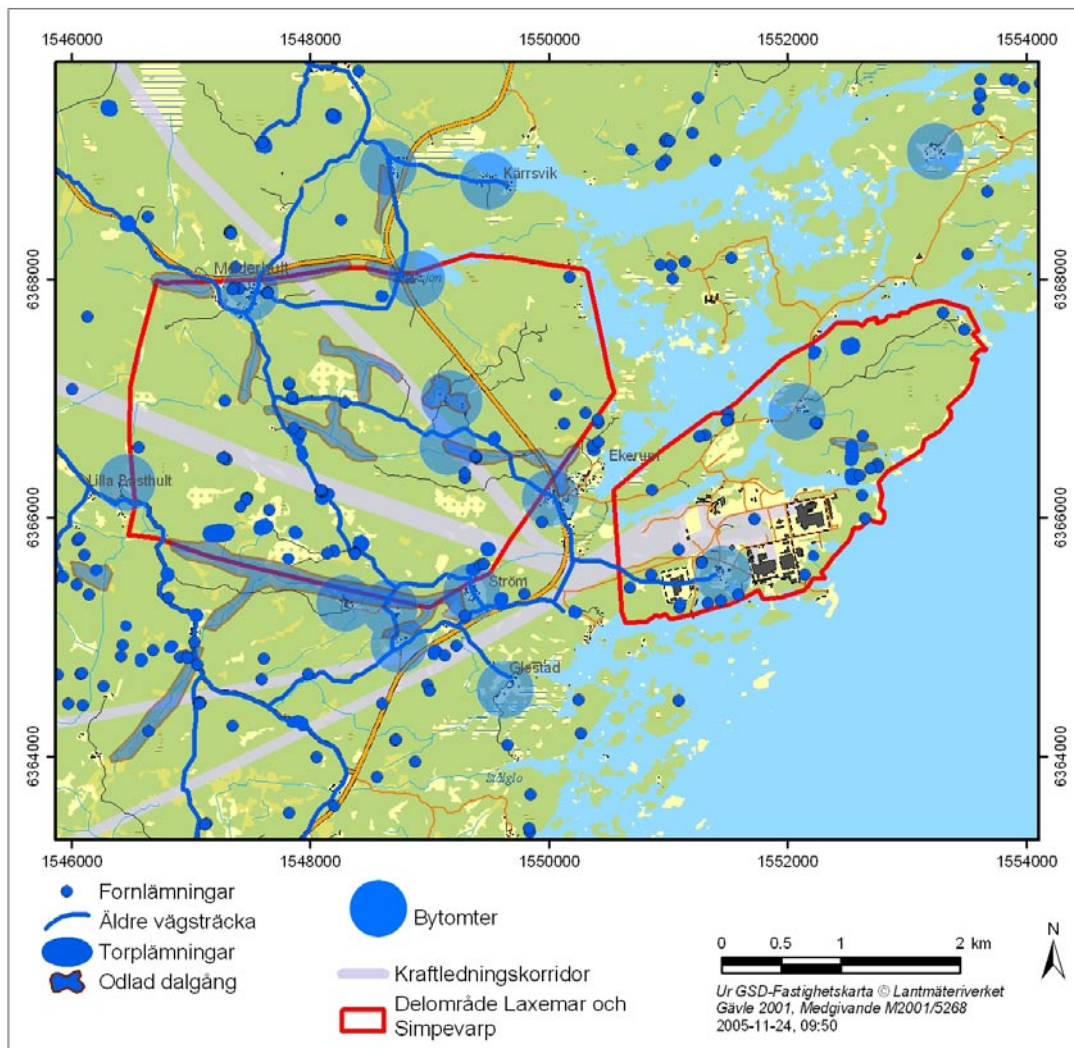
<sup>3</sup> Miljöbalken 4 kap 4§.



**Figur 2-6.** Platsundersökningsområdet i Oskarshamn berörs av hushållningsbestämmelser enligt miljöbalken 4 kap, riksintresse för slutlig förvaring av använt kärnbränsle och kärnavfall samt riksintresse för energiproduktion.



**Figur 2-7.** Området kring Simpevarp är av riksintresse för naturvård, rekreation och rörligt friluftsliv.



**Figur 2-8.** Fornlämningar, övriga kulturhistoriska lämningar samt prioriterade kulturmiljöer på Simpevarpshalvön och i Laxemar /Lundqvist 2005/.

## 2.2.4 Industri och infrastruktur

Figur 2-6 visar området av riksintresse för slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall enligt beslut av SKI den 2 december 2004. Om Simpevarp/Laxemar blir aktuellt för lokalisering av slutförvaret ska detta riksintresse prövas likvärdigt mot andra riksintressen. Enligt 3 och 4 kap miljöbalken får verksamheter som påtagligt skadar ett riksintresse inte tillåtas. Som exempel på verksamheter som kan påtagligt skada ett riksintresse för slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall nämner SKI i sitt beslut borrhningar ner till förvarsdjup och verksamheter som man planerar att lokalisera till samma platser som kan bli aktuella för slutförvarets ovanjordsdelar.

Delområdet Simpevarp ligger till stor del inom det detaljplanelagda industriområdet (se figur 2-5 i /SKB 2004c/). Industrimarken ägs av OKG och SKB. Inom området finns de tre kärnkraftsreaktorerna och Clab med tillhörande anläggningar, se figur 2-9. Norr om Simpevarp ligger Äspölaboratoriet. Cirka 1 000 personer har sina arbetsplatser inom området. Infartsvägar med hög bärighet förbinder industriområdet med väg 743 och det finns ett antal försörjningsvägar inom området. Den interna hamnen används främst för mottagning av använt kärnbränsle från kärnkraftverken i Ringhals, Barsebäck och Forsmark till Clab samt utsklepning av låg- och medelaktivt avfall till SFR.

Enligt beslut av Nutek (numera Statens Energimyndighet), 1995-10-24, är Simpevarps-halvön och del av Ävrö med tillhörande vattenområde av riksintresse för energiproduktion. Riksintresseområdet sammanfaller – förutom med riksintresset för slutförvar för använt kärnbränsle och kärnavfall – med riksintressen för naturvård och friluftsliv samt hus-hållningsbestämmelserna enligt miljöbalken 4 kap. Den del av riksintesseområdet som omfattar Ävrö kan, enligt kommunens översiktsplan<sup>4</sup>, med sitt strategiska läge till befintlig infrastruktur vara lämpligt för energiproduktion, se figur 2-6.



**Figur 2-9.** Industriområdet i Simpevarp med de tre kärnkraftblocken, Clab och Simpevarps hamn.

<sup>4</sup> Översiktsplan 2000, antagen av Kommunfullmäktige 2003-03-10.

## 2.3 Kunskapsläge efter hittills<sup>5</sup> utförda undersökningar

### 2.3.1 Utgångspunkter och översikt

Platsundersökningen i Oskarshamn inleddes vid halvårsskiftet 2002. Uppläggningsen grundade sig på följande generella program för platsundersökningar:

- Geovetenskapligt inriktat program för undersökning och utvärdering av platser för djupförvaret /SKB 2000a/.
- Platsundersökningar. Undersökningsmetoder och generellt genomförandeprogram /SKB 2001a/.

Dessa dokument togs fram och granskades av myndigheterna i samband med SKB:s samlade redovisning inför platsundersökningsskedet /SKB 2000b/. Ett särskilt program /SKB 2001b/, anpassat till plats specifika frågeställningar och förutsättningar i Oskarshamn redovisades när platsundersökningen startade.

Programmen speglar tillsammans planeringen i startskedet. Därefter har det iterativa arbetsätt som tillämpas inneburit att planeringen löpande uppdaterats med hänsyn till de resultat som erhållits. Krav och synpunkter som framkommit från myndigheterna och deras externa expertgrupper har också haft väsentlig påverkan på undersökningsprogrammet.

I april 2002 anmälde SKB platsundersökningen till länsstyrelsen i Kalmar län, för samråd enligt miljöbalken 12 kap. Länsstyrelsen angav i sitt utlåtande att SKB kunde genomföra platsundersökningen enligt det program som förelåg, och med de åtgärder för miljöskydd som redovisats i anmälan. I Länsstyrelsens samrådsyttrande framgår att SKB fortlöpande ska anmäla undersökningar som kan påverka natur- och kulturmiljön. Länsstyrelsen har i sina ställningstaganden till dessa anmälningar angett villkor och rekommendationer för de aktuella aktiviteterna. Hela processen betraktas av länsstyrelsen som ett kontinuerligt samråd där ny information från SKB klassas som anmälan, kompletterande upplysning eller information. SKB redovisar all ny verksamhet enligt någon av dessa tre kategorier.

Organisationen på plats för att planera och leda undersökningen, idag cirka 35 personer, etablerades till största delen under 2002 i ett nyuppfört platskontor på Simpevarpshalvön. Aktivitetsledare för de olika ämnesområden som undersöks upphandlar, leder och kontrollerar undersökningarna i fält samt granskar undersökningsresultaten. För de mest arbetsintensiva ämnesområdena har biträdande aktivitetsledare och experter knutits till verksamheten. Utöver resurser vid Äspölaboratoriet har särskilda lokaler ordnats för bland annat kartering och lagring av borrhåll. Infrastruktur (vägar, borrhållsplatser, kabelnät för elförsörjning och datakommunikation) till och inom undersökningsområdet har etablerats successivt varvid hänsyn till natur- och kulturmiljön hela tiden varit en viktig aspekt.

Läget i juli 2005 för då genomförda undersökningar kan sammanfattas i följande punkter; se även avsnitt 1.3 i kapitel 1:

- För att undersöka berggrunden mot djupet har fyra djupa (1 000 m) kärnborrhål och 11 hammarborrhål borrats inom delområde Simpevarp. I norra delen av området, på Ävrö, fanns sedan tidigare ett djupt (700 m) kärnborrhål och ett antal grundare kärn- och hammarborrhål. I delområde Laxemar har 8 djupa (1 000 m) kärnborrhål, och 34 hammarborrhål borrats, inklusive de 2 kärnborrhål och 12 hammarborrhål som borrades under förundersökningarna för Äspölaboratoriet.

---

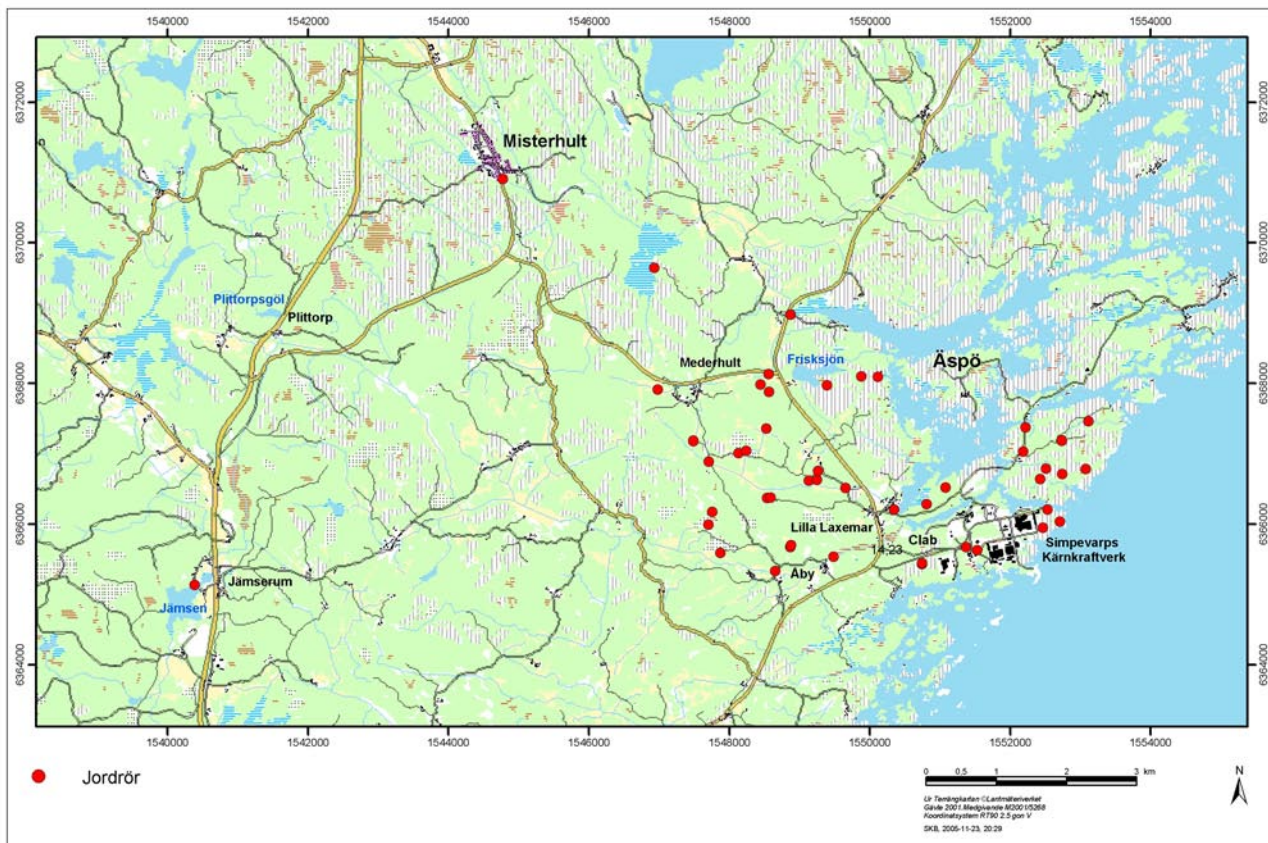
<sup>5</sup> Juli 2005.

- Karakteriseringen på ytan av områdets geologiska och ekologiska förhållanden är till stora delar genomförd för både delområde Simpevarp och delområde Laxemar.
- En heltäckande preliminär platsbeskrivning (version 1.2) har redovisats för delområde Simpevarp /SKB 2005b/ och är under slutförande för delområde Laxemar /SKB 2006/.

Figur 2-10 och 2-11 visar läget i juli 2005 för borring av kärnbrorhål, hammarborrhål och jordrör inom delområdena Simpevarp och Laxemar.



**Figur 2-10.** Samtliga kärnbrorhål och hammarborrhål inom delområdena Simpevarp och Laxemar (juli 2005).



*Figur 2-11. Samtliga jordrör inom undersökningsområde Simpevarp och Laxemar (juli 2005).*

### 2.3.2 Industrietableringen

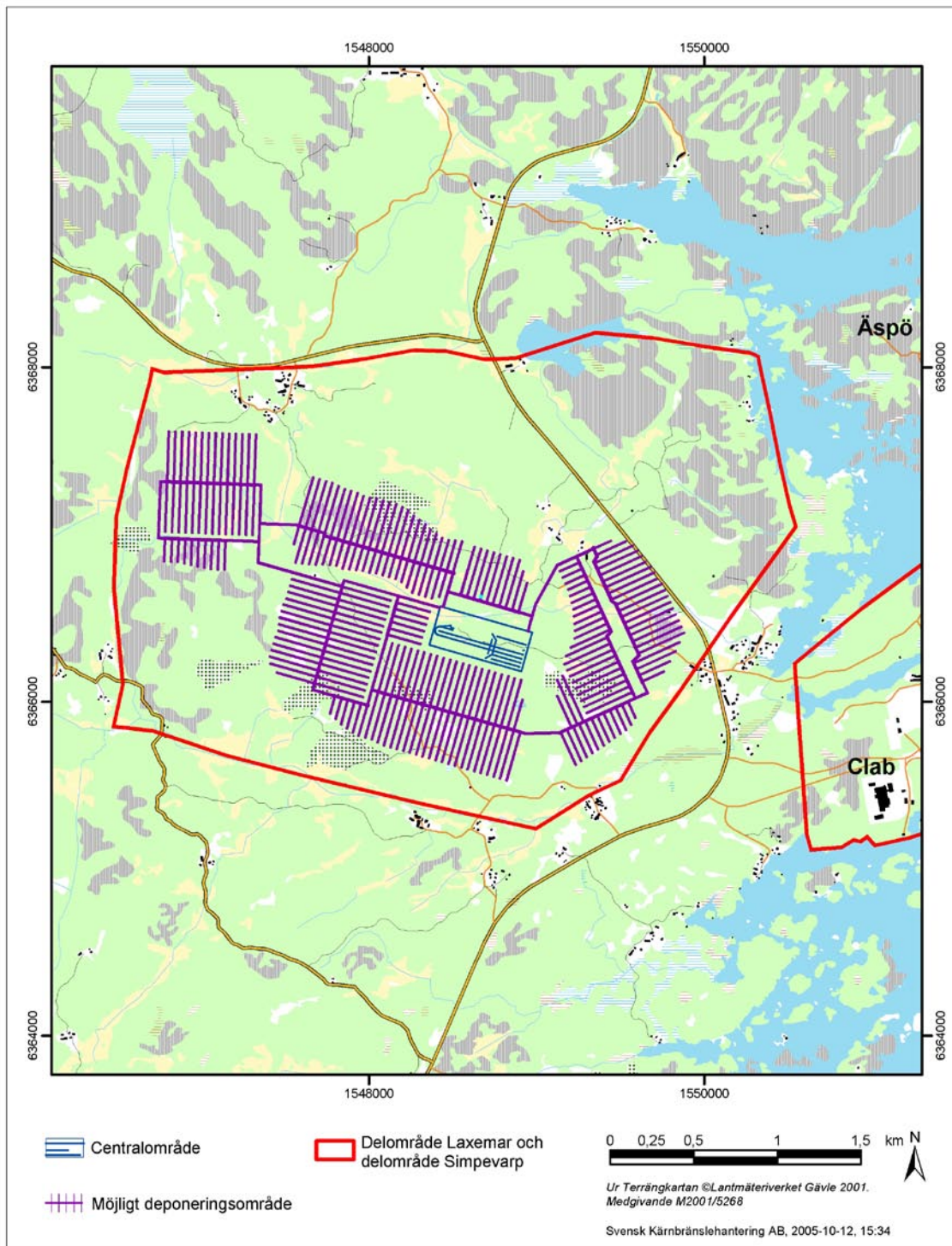
Parallellt med undersökningarna pågår projektering, som innefattar arbetet med att ta fram en platsanpassad utformning av ett eventuellt slutförvar i Oskarshamn.

I /SKB 2000b/ presenterades som huvudalternativ att anläggningarna ovan jord förläggs inom det befintliga industriområdet på Simpevarpshalvön medan förvaret under jord placeras längre västerut.

Sedan /SKB 2000b/ presenterades har SKB genomfört en utredning om val av nedfartsalternativ till deponeringsområdet. Huvudalternativet är nu att nedfart bör ske via ramp för tunga och skrymmande transporter, medan ett schakt med en skip (berghiss) används för transport av berg och återfyllnadsmassor. Motivet till detta är att en skip är miljömässigt, säkerhetsmässigt och ekonomiskt fördelaktigt. En samtidig utbyggnad av schakt och ramp ger dessutom en kortare byggtid för hela undermarksanläggningen. Denna systemlösning leder till att alla driftfunktioner ovan mark bör placeras rakt ovanför undermarksdelens centralområde. Huvudalternativet enligt /SKB 2000b/ är därmed inte längre aktuellt. Om slutförvaret placeras inom delområde Laxemar kommer även ovanmarksanläggningen att placeras där, se figurerna 2-12, 2-13 och 2-14.







**Figur 2-14.** Exempel på en möjlig layout för ett slutförvar, förlagt på 500 m djup centralt inom delområde Laxemar.

### 2.3.3 Avstämning mot grundläggande krav

#### Geovetenskapliga nyckelfrågor

Inför platsundersökningsskedet redovisade SKB grundläggande krav som måste kunna visas vara uppfyllda för att en plats ska vara av intresse för slutförvaret /Andersson et al. 2000/. Omvänt gäller att om ett eller flera av kraven inte är uppfyllda så måste platsen diskvalificeras. Kortfattat formulerade är kraven följande:

- Regionala, plastiska skjuvzoner ska undvikas.
- Berggrunden inom förvarsvolymen får inte ha malmpotential.
- Ett förvar måste kunna inplaceras och ges en tekniskt rimlig utformning, inom tillgänglig bergvolum och med hänsyn till sprickzoner mm.
- De bergmekaniska förutsättningarna måste vara sådana att omfattande stabilitetsproblem inte uppstår i deponeringstunnlar eller deponeringshål.
- Grundvattnet på förvarsnivå får inte innehålla löst syre.
- Den totala salthalten (TDS) i grundvattnet på förvarsnivå måste vara lägre än 100 g/l.

Utöver dessa krav angavs att lämpligheten hos en plats kan ifrågasättas om stora delar av bergmassan mellan sprickzoner har en vattengenomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet) som överstiger  $10^{-8}$  m/s.

Under de inledande etapperna av platsundersökningen har inriktningen varit att ta fram data som – direkt eller indirekt – ger underlag för att avgöra om kraven ovan kan anses uppfyllda, och därmed om fortsatta undersökningar är motiverade. För **delområde Simpevarp** redovisas i /SKB 2004c/ en värdering av nuvarande kunskapsläge i förhållande till de angivna grundkraven. I en sammanfattande tabell redovisas där – för vart och ett av kraven – aspekter som är viktiga att beakta med hänsyn till platsspecifika förhållanden samt aktuell status för kunskapsnivån. Vidare anges kortfattat kvarstående databehov om en fullständig platsundersökning skulle genomföras på delområde Simpevarp.

Baserat på utförda undersökningar, den preliminära platsbeskrivningen /SKB 2005b/, den preliminära anläggningsbeskrivningen /SKB 2006b/ samt en preliminär säkerhetsbedömning /SKB 2005a/ gör SKB följande bedömning av delområde Simpevarp:

Det finns goda förutsättningar att kunna bygga ett förvar i delområde Simpevarp. De grundläggande kraven enligt ovan är uppfyllda liksom flertalet av önskemålen enligt /Andersson et al. 2000/. Det är också möjligt att placera deponeringsområden så att allt bränsle får plats i ett förvar i en våning. De större deformationszonerna som omger delområdet, tillsammans med lokala deformationszoner inom området, gör dock att marginalerna blir små. Eventuella överraskningar i form av fler deformationszoner kan medföra besvärande begränsningar.

Delområde Simpevarp omges av och ingår delvis i riksintresseområden och områden med skydd enligt miljöbalken, se figur 2-6. Om detta ger begränsningar för undermarksanläggningen är oklart. Däremot påverkar det hur området kan utnyttjas för en ovanmarksanläggning. Två bra lägen har identifierats för ovanmarksanläggningen inom delområde Simpevarp, ett vid Clab och ett på Hålö /SKB 2006b/.

Den preliminära platsbeskrivningen (version 1.2) för **delområde Laxemar**, som för närvarande utarbetas baserat på undersökningsdata fram till den 30 oktober 2004, kommer att ge en aktuell tolkning av det geovetenskapliga kunskapsläget i sin helhet /SKB 2006/. I avvaktan på att platsbeskrivningen blir klar måste därför sammanfattningen nedan betraktas

som preliminär. De undersökningsresultat som framkommit under den inledande delen av den kompletta platsundersökningen, det vill säga under perioden november 2004 till juni 2005 utgör också underlag för denna sammanfattning /SKB 2006a/. Även om analysen och utvärderingen inte är helt färdig är SKB:s bedömning för **delområde Laxemar** ändå klar: kunskapen om delområdet motiverar fortsatta undersökningar enligt det förslag som redovisas i avsnitt 2.4 och kapitel 3 nedan.

## **Delområde Laxemar – sammanfattning av krav, kunskapsläge och återstående databehov**

### **Krav 1 Regionala plastiska skjuvzoner ska undvikas**

#### **Platsspecifika aspekter**

Äspö skjuvzon (NE005) är belägen mellan delområdena Simpevarp och Laxemar.

#### **Status/kunskapsläge**

Äspö skjuvzon är välkänd på Äspö och dess egenskaper är kända. Viss osäkerhet finns om Äspö skjuvzons egenskaper kan extrapoleras fullt ut till fastlandet. Detta gäller speciellt osäkerhet om egenskaperna hos zonen spröda komponenter. De senare har betydelse för zonen vattenförande egenskaper.

#### **Kvarstående databehov**

Med hänsyn till osäkerheten om zonen spröda egenskaper på fastlandet behövs mer information om detta. Vidare behövs ytterligare information om zonen rörelsemönster (kinematik) under dess plastiska utvecklingsfas samt zonen påverkan på omgivande bergdomäner. Zonen kan påverka tillgänglig volym eftersom den med nuvarande fokusering utgör slutförvarets gräns mot öster.

### **Krav 2 Ingen malmpotential**

#### **Platsspecifika aspekter**

En fastställd malmpotential kan innebära att ett slutförvar inte kan realiseras på en given plats. Delområde Laxemar är beläget på ett stort avstånd från den mellansvenska malmprovinnsen med centrum i Bergslagen.

#### **Status/kunskapsläge**

En särskild malmgeologisk studie, innefattande en samlad bedömning av den geologiska situationen, utförd flyggeofysik samt geokemiska analyser, har genomförts /Lindroos 2004/. Studien visar att Göttemargraniten i norr har en viss potential för utvinning av prydnads- och byggnadssten och en liten potential för förekomst av tenn och wolfram. Därutöver har Uthammargraniten i söder begränsad potential för prydnads- och byggnadssten.

#### **Kvarstående databehov**

Kravet bedöms vara uppfyllt och inga ytterligare data behövs. Frågan kommer ändå att bevakas i samband med kommande borrhningar.

### **Krav 3 Ett förvar måste kunna inplaceras och ges en tekniskt rimlig utformning inom tillgänglig bergvolym**

#### **Platsspecifika aspekter**

De faktorer som främst relaterar till detta krav är för delområde Laxemar:

1. Större deformationszoners förekomst och väsentliga egenskaper.
2. Bergmassans egenskaper mellan de större deformationszonerna, och specifikt i möjliga deponeringsområden.

#### **1. Större deformationszoners förekomst och väsentliga egenskaper.**

Det är främst zonernas geometri och vattenförande förmåga som avgränsar slutförvarets underjordsdel och avdelar tillgängliga bergvolymen i deponeringsområden. Vid valet och avgränsningen av delområde Laxemar var identifieringen av regionala och lokala större deformationszoner en viktig del.

#### **2. Bergmassans egenskaper mellan de större deformationszonerna**

avgör hur väl den tillgängliga bergvolymen inom de möjliga deponeringsområdena kan utnyttjas för kapseldeponering. Det är tre egenskaper, delvis beroende av varandra, som här har störst betydelse:

##### **2a. Lokala mindre deformationszoner och enskilda sprickor i bergmassan**

avgör till stor del grundvattnets förekomst och dess strömning, se 2b. Det är bergmassan mellan de större (deterministiskt beskrivna) deformationszonerna som kommer att utnyttjas som deponeringsområden. I denna bergmassa förekommer också deformationszoner fastän av mindre storlek. Några av dessa zoner kan ha sådana egenskaper att de inte bör förekomma inom ett deponeringsområde, det vill säga de får ej korsas av deponeringstunnlar. Andra, lokala mindre zoner, kan mycket väl befinna sig inom ett deponeringsområde men tillåts inte i kapselhål. Enstaka sprickor påverkar oftast inte enstaka kapselpositioner, såvida de inte har en genomsnittlig radie på 50 m eller större /Munier och Hökmark 2004/. Bergmassans innehåll av lokala mindre deformationszoner och enskilda sprickor har tillsammans med de större deformationszonerna särskild betydelse för de vattenförande egenskaperna och den mekaniska stabiliteten i samband med en eventuell jordbävning i samband med framtida nedisning av den skandinaviska halvön. Gemensamt för dessa mindre strukturer är att de beskrivs stokastiskt under platsundersökningen och beläggs som enskilda objekt först vid de detaljundersökningar som utförs under förvarets bygg- och driftskeden.

##### **2b. Bergmassans vattenledande förmåga**

påverkar dels beräkningar av transportegenskaper i berget närmast deponeringshålen och dels hur stor andel av möjliga kapselpositioner som måste uteslutas på grund av direktkontakt med en vattenförande spricka. Vattenföringen i bergmassan påverkar således storleken av förvaret och den volym berg som behöver utnyttjas. Förekomst och vattenledande egenskaper hos finkorniga graniter lyftes i tidigare program fram som en särskild fråga /SKB 2001b, 2004c/.

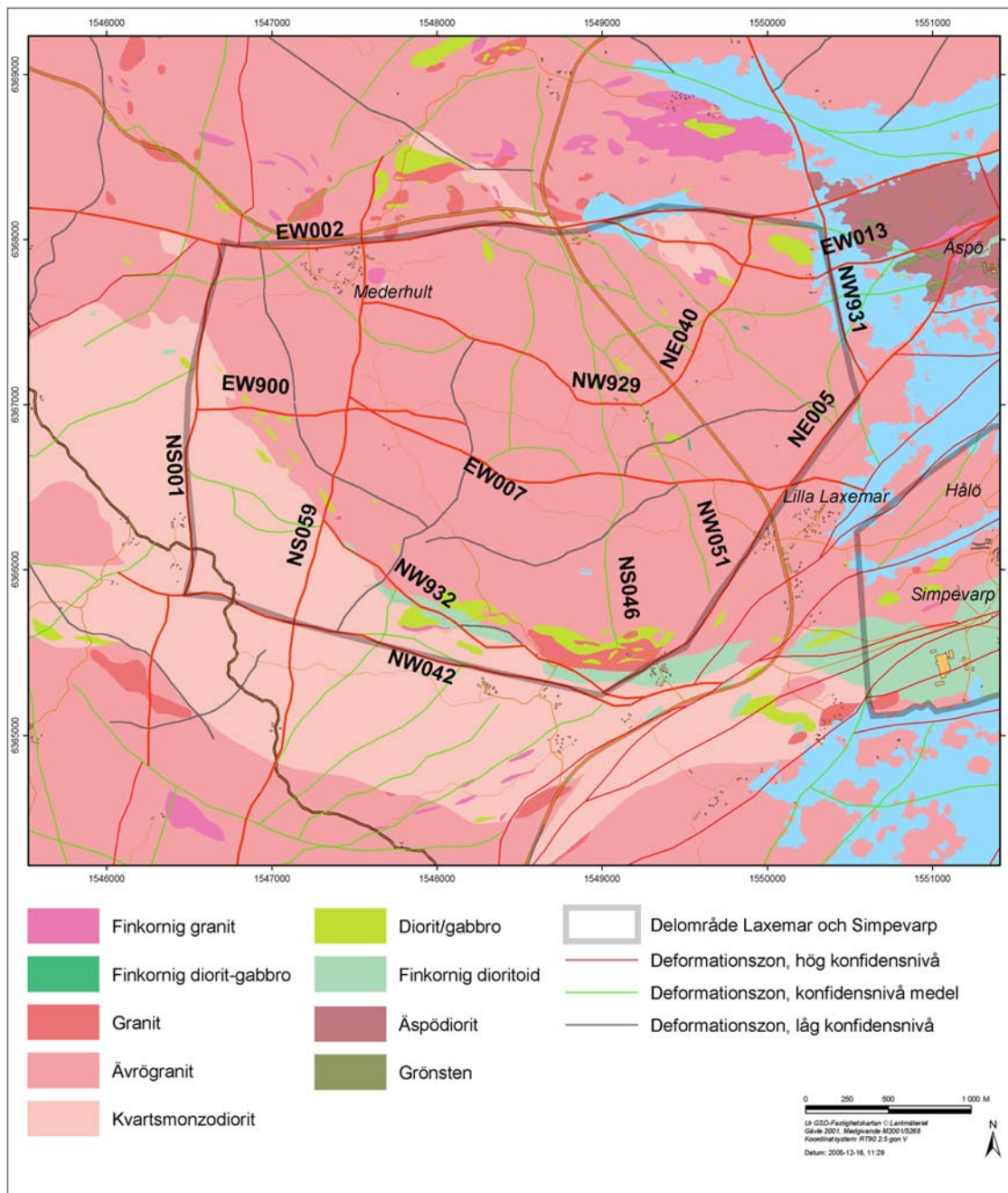
##### **2c. Bergets värmeledningsförmåga**

påverkar hur långt avståndet måste vara mellan kapselhålen. Denna egenskap påverkar inte förvarets långsiktiga säkerhet men väl storleken av förvaret och därmed den volym berg som behöver utnyttjas.

## Status/kunskapsläge och kvarstående databehov

### 1. Större deformationszoners förekomst och väsentliga egenskaper.

Följande större deformationszoner bedöms ha betydelse för slutförvarets inplacering och uppdelning i deponeringsområden. Genomgången begränsar sig huvudsakligen till de deformationszoner som modellerats med hög konfidensnivå inom och i anslutning till det fokuserade området /SKB 2006/, se figur 2-15.



**Figur 2-15.** Berggrundskarta med väsentliga lineament/deformationszoner inom delområde Laxemar.

**EW007** kan tillsammans med EW900 betraktas som ett relativt komplext bälte av deformationszoner, som sträcker sig genom delområde Laxemar i öst-västlig riktning, och vars egenskaper ännu inte är fullt kända. EW007 stryker cirka 280° och stupar 40–45° mot norr enligt nuvarande modell. Dess existens bekräftas av magnetiska data, topografiska data, refraktions- och reflektionsseismik samt data från kärn- och hammarborrhål.

Kärnborrhålen KLX07 och KLX08 och de hammarborrhål som borrats genom EW007 ger en bild av att zonen är mycket komplex, vilket också styrks av nyligen utförd detaljerad markgeofysik, se 2a /Thunehed och Triumf 2005/. I dagsläget har viktig ny information (boremap, geologisk enhålstolkning) från borrhål KLX07 och KLX08 som behövs för att klargöra EW007:s geometri inte analyserats. Mycket talar för att EW007 består av flera delzoner varav en subvertikal del i väster och en i öster som stupar 40–45° mot norr. Den förhöjda sprickfrekvensen i partier i KLX07 och den något förhöjda i KLX08 tyder på att det potentiellt även kan vara nord-sydliga mindre deformationszoner som genomborrats. EW007:s komplexa geometri och egenskaper kommer därför att analyseras vidare med den nya informationen samt kinematiska studier.

**EW900** som utgör den västra delen av det ovan nämnda zonkomplexet EW007 stryker cirka 100°. Detta grundas på magnetiska och topografiska data. Stupningen cirka 70° mot söder baseras på en seismisk reflektor. EW900 befinner sig inom den västra delen av det fokuserade området och dess geometri och egenskaper behöver studeras ytterligare.

**NS059** stryker cirka 0° och bedöms stupa subvertikalt. Dess delvis olika karaktär norr och söder om EW900 motiverar att beskrivningen delas upp på dessa två delar av zonen:

– **norra delen.** Data som bekräftar deformationszonens existens, strykning och stupning föreligger från magnetiska, topografiska och markgeofysiska, refraktionsseismiska data samt vattenförande hammarborrhål norr om EW900. Den bedöms dessutom tillräckligt undersökt med grävning.

– **södra delen.** Här är lineamentets topografiska komponent mycket otydlig. Refraktionsseismik våren 2005 gav endast otydlig och liten sänkning av ljudhastigheten i berg längs den mätta profilen. Eftersom den eventuella zonen befinner sig inom det fokuserade området måste den undersökas ytterligare.

**NW042** bedöms vara en viktig randzon som avgränsar delområde Laxemar i söder. Med fokusering till södra delen kommer zonen nära ett eventuellt slutförvar. NW042 stryker cirka 105°, baserat på samtolkade lineament, magnetiska, refraktionsseismiska och topografiska data. Stupningen är sannolikt subvertikal med en viss antydning mot söder. Detta antagande baseras bland annat på att KLX05, som borrades från norr till söder, inte visar någon större frekvens av sprickor eller andra indikationer på någon större deformationszon. Hammarborring har hittills heller inte givit entydig klarhet i zonen geometri och egenskaper, vilket innebär att den behöver undersökas ytterligare.

**NS001** är en uthållig randzon som avgränsar delområde Laxemar och tillika det fokuserade området mot väster. Den har en tydlig topografi och styr enligt grundvattenmodeller strömningen inom området och därmed kemisituationen i ett eventuellt slutförvar. Deformationszonen har också påvisats med refraktionsseismik. NS001 behöver undersökas ytterligare.

**EW002** är en regional större deformationszon (Mederhultzonen) som avgränsar delområde Laxemar i norr. EW002:s existens, dess strykning och stupning grundar sig huvudsakligen på lineamentstolkning av magnetiska och topografiska data samt från refraktionsseismiska profiler. EW002 stryker cirka 90° och stupar 65–70° mot söder vilket styrks av kärnborrhål

KLX06 där det finns en förhöjd sprickfrekvens mellan 300 och 495 m samt av data från reflektionsseismik. Eftersom den fortsatta platsundersökningen fokuseras till södra och västra delen av delområdet kommer ett eventuellt slutförvar att ha distans till EW002. Det bedöms därför inte väsentligt med ytterligare data från EW002.

**NE005** (Äspö skjuvzon) är en huvudsakligen plastisk deformationszon som stryker cirka 60°, vilket grundas på samtolkade lineament och strukturella fältobservationer. Den avgränsar det fokuserade området mot öster. Stupningen bedöms subvertikal med vissa lokala variationer. Dess egenskaper är undersökta på Äspö men inga kärnborrhål har borrats genom zonen under platsundersökningen. Deformationszonens relativa närhet till ett eventuellt slutförvar motiverar ett behov av kompletterande data även på fastlandet.

**NW932** bedöms stryka 120° och stupa vertikalt. Preliminär information från KLX05 och KLX03 ger endast svaga indikationer. Refraktionsseismik, geofysiska profiler och fältkartering ger ingen ytterligare data. Ytterligare bearbetning av data från KLX03 och KLX05 pågår. För närvarande planeras inga ytterligare fältundersökningar specifikt för denna deformationszon.

**Subhorisontella deformationszoner.** Från reflektionsseismiska mätningar finns en tolkad subhorisontell deformationszon **NW928** i norra delen av delområde Laxemar som har en tolkad strykning på 120° och stupningen 30°. Den kan korreleras mot en tolkad deformationszon i nedre delen av KLX04. Den förväntas då inom det fokuserade området befinna sig avsevärt under förvarsdjup, varför inga ytterligare undersökningar bedöms behövas. Den har i platsbeskrivande modellen Laxemar 1.2 tillskrivits konfidensnivå medel.

**Övriga större deformationszoner.** I den platsbeskrivande modellen har förutom ovan nämnda NW928 några av de större deformationszonerna tillskrivits konfidensnivån medel. Detta gäller bland annat **NS046** och **NW051**, se figur 2-15. Deras existens bygger oftast enbart på information från flyggeofysiska, topografiska och enstaka markgeofysiska profiler. Ett par av de större bedöms behöva undersökas ytterligare.

Ytterligare fyra deformationszoner (NW929, NE040, NW931 och EW013) har tillskrivits konfidensnivå hög, se figur 2-15. Eftersom dessa deformationszoner är belägna utanför det fokuserade området beskrivs de inte här. Men de redovisas i den preliminära platsbeskrivningen version 1.2 för Laxemar /SKB 2006/.

## **2. Bergmassans egenskaper mellan de större deformationszonerna.**

### **2a. Lokala mindre deformationszoner och enskilda sprickor i bergmassan.**

Under våren 2005 genomfördes högupplösande flygfotografering och detaljerad laser-skanning med syftet att skapa en detaljerad höjdmodell i en skala som är lämplig för att kunna identifiera denna typ av deformationzoner. Vidare genomfördes ett detaljerat markgeofysiskt mätprogram över cirka 2 km<sup>2</sup> av delområdet. Samtolkning av data från dessa undersökningar på valda kontrollrutor och fältkontroller visade att dessa deformationszoner uppvisade ett enhetligt mönster (frekvens och orienteringar) över hela delområdet. Kunskapen om dessa strukturer behöver dock ökas ytterligare eftersom de till stor del antas styra bergmassans vattenförande mönster. Insatserna kommer att koncentreras till det fokuserade området.

### **2b. Bergmassans vattenledande förmåga.**

Enligt 2a. ovan finns det inget som tyder på någon större skillnad i frekvens och orienteringar för bergmassans mindre strukturer. Dominerande sprickriktningar ger ett mönster som känns igen över hela området. Dessa strukturer styr huvudsakligen grundvattenströmningen i bergmassan.

Direkta mätningar av bergmassans hydrauliska konduktivitet genomförs successivt i alla kärnbrorhål i takt med att de blir klara. Mätningar görs främst med de båda metoderna differensflödesloggning och hydrauliska injektionstester. Även pumpstester och interferenstester har utförts. Spricktransmissiviteten verkar inte variera mellan bergarter. Den hydrauliska konduktiviteten i 3–5 m skalan tenderar vara lägre i kvartsmonzodiorit och i de mer basiska bergarterna än den är i granit, finkornig granit och ävrögranit. Jämfört med medeltalet för alla bergarter verkar inte smala gångar (< 1 m) av finkornig granit i andra bergarter höja den hydrauliska konduktiviteten. Den hydrauliska konduktiviteten är framförallt förhöjd i de översta cirka 300 metrarna, och en djuptrend kan urskiljas för alla områden utom Äspö. Partiet kring EW007 är mer konduktivt, men söder därom förefaller den hydrauliska konduktiviteten vara lägre. Kunskapen om bergmassans vattenledande förmåga och dess variation inom delområdet och mellan olika bergarter behöver förbättras genom ytterligare mätningar i borrhål tillsammans med analys av bergmassans strukturer enligt 2a.

Önskemålet att merparten av bergmassan mellan sprickzoner ska ha en **vattengenomsläpplighet** (konduktivitet) som understiger  $10^{-8}$  m/s i testskalan 30 m är enligt preliminära bedömningar uppfyllt. Mer data behövs för att bekräfta denna bedömning.

### **2c. Bergets värmeledningsförmåga.**

Precis som inom delområde Simpevarp är bergets värmeledningsförmåga relativt låg inom delområde Laxemar. Därför genomfördes under våren en stor mängd laboratorieanalyser av prover tagna från borrhävar och bergytan representerande olika bergarter och geografiska delar av delområdet. Även beräkningar baserade på mineralsammansättning och densitetsloggning har gjorts. För huvudbergarterna ävrögranit och kvartsmonzodiorit visade sig variationerna till stor del vara styrda av kvartshalten. Inom ävrögraniten förekommer två varianter, en kvartsrikare och en kvartsfattigare, båda spridda över hela området med en viss koncentration av den kvartsrikare till delområdets centrala del. Värmeledningsförmågan hos berget inom delområdet har modellerats med den litologiska modellen som utgångspunkt. Fyra definierade termiska domäner har därvid definierats. Lägsta medelvärde är 2,6 W/m·K och högsta 2,9 W/m·K, men inom de enskilda domänerna är variationerna stora. Värmeledningstalen är förhållandevis låga och även det högre värdet kan innebära att avståndet mellan kapslarna måste bli mer än de 6 m som antagits i referensutformningen. Den högsta värmeledningsförmågan finns i ett centralt stråk med nordvästlig utsträckning. På ömse sidor om denna domän är medelvärdet för värmeledningsförmågan lägst, medan värdet för domänen längst i syd och sydväst ligger däremellan. Den termiska modellen bedöms vara tillförlitlig, men den bör förbättras ytterligare genom fortsatta riktade provtagningar/analyser och beräkningar från mineralsammansättning och densitetsloggning.

## **Krav 4 Ej omfattande instabilitet i deponeringstunnlar och deponeringshål**

### **Platsspecifika aspekter**

Stabiliteten avgörs av bergspänningsförhållandena, bergets mekaniska egenskaper samt vald konstruktion avseende tunnelriktningar och tunneltvärsnitt. Höga bergspänningar kan innebära viss uppsprickning närmast utrymmena och kräva särskilda förstärkningsåtgärder.

### **Status/kunskapsläge**

Undersökningarna har genomgående visat på berg med normal hållfasthet, vilket tillsammans med att bergspänningarna förmodas ha måttlig storlek och att sprickfrekvensen är normal ger goda mekaniska egenskaper. Dessa mätresultat överensstämmer med situationen på Äspö.



Bergspänningsmätningar har utförts i två kärnborrhål (KLX02 och KLX04) i Laxemar. Resultatet för KLX02 överensstämmer med förhållandena vid Äspö. Mätresultatet för KLX04 avviker från såväl mätningar i KLX02 som i borrhål i Simpevarp och på Äspö. Numeriska simuleringar av spänningstillståndet i berget vid KLX04 indikerar att närheten till en ost-västlig deformationszon som stupar mot norr kan påverka spänningssituationen. Uppmätta bergspänningar är inte kritiska, men variationen i olika riktningar kan påverka platsanpassningen av slutförvaret.

### **Kvarstående databehov**

Ytterligare data om bergets hållfasthet behövs för att komplettera och verifiera den nuvarande bilden. Det återstår också att bekräfta om bergspänningarna verkligen är annorlunda i delområde Laxemar jämfört med delområde Simpevarp och Äspö eller om avvikelsen beror på att mätningarna i Laxemar utfördes i närheten av en deformationszon.

## **Krav 5 Inget löst syre i grundvattnet på försvarsnivå**

### **Platsspecifika aspekter**

Inför starten av platsundersökningen fanns data från tidigare undersökningar i området som visar att grundvattnet på Äspö och delområde Laxemar innehåller järn, sulfid och är fritt från löst syre. Detta innebar att kravet bedömdes vara uppfyllt.

### **Status/kunskapsläge**

Så kallad fullständig kemikarakterisering har under platsundersökningen utförts i ett borrhål i delområde Laxemar, KLX03. Hittills erhållna resultat styrker ovan nämnda förhållanden.

### **Kvarstående databehov**

Även om kravet redan nu betraktas vara uppfyllt kommer ytterligare mätningar att genomföras i kärnborrhål KLX08.

## **Krav 6 Salthalt (TDS) i grundvattnet på försvarsnivå får ej överstiga 100 g/l**

### **Platsspecifika aspekter**

Läget vid kusten innebär att salt grundvatten är att förvänta. Tillgängliga data inför starten av platsundersökningen visade att sötvattenkudden i delområde Laxemar är djupare än på Äspö. En ökande salthalt förväntas inte förrän ner mot 500–1 000 m djup. På ännu större djup än 1 000 m ökar salthalten markant och uppgår till 80 g/l på 1 700 m djup.

### **Status/kunskapsläge och kvarstående databehov**

Salthalten i grundvattnet mäts i samtliga borrhål och används vid utvärderingen av de långsiktiga transienta flödesförhållandena. Varierande klimatförhållanden över en istids-cykel påverkar förekomsten av salt och sött vatten. Vid en isavsmältning kan sött smältvatten tryckas ned till stora djup och omvänt då marken är havstäckt infiltreras berggrunden av salt havsvatten. Däremellan infiltrerar regnvatten som fyller på grundvattenmagasinet. Provtagningar under borring har visat att salthalten ned till försvarsdjup är lägre än den är i Östersjön. Fullständig kemikarakterisering i KLX03 visar hur salthalten ökar från 2 500 mg/l vid 400 m till 7 000 mg/l vid 750 repektive 17 000 mg/l vid 975 m djup.

Geofysiska mätningar (TEM) genomförs för att ge en bild av hur djupet till salt vatten förändras längre västerut mot väg E22.

### 2.3.4 Kvarstående osäkerheter i platsbeskrivningen – behov av ytterligare data

I detta avsnitt redovisas kvarstående osäkerheter i den platsbeskrivande modellen av platsundersökningsområdet i Oskarshamn med speciell fokus på delområde Laxemar. Diskussionen baseras på arbetet med den platsbeskrivande modellen Laxemar 1.2, i första hand på redovisningen av osäkerheter i kapitel 12 i den preliminära platsbeskrivningen /SKB 2006/. Bedömningarna inkluderar frågeställningar som är viktiga för säkerhetsanalys och projektering. För respektive delmodell anges vilka ytterligare data som behövs för att minska osäkerheterna i modellen.

Osäkerheter i detaljer rörande den rumsliga fördelningen av olika bergarter leder till osäkerheter i **bergdomänenmodellen**, se figur 2-16. Som ett exempel finns det både kvartsrika och kvartsfattiga varianter av ävrögranit inom delområde Laxemar. Vidare finns osäkerheter om fördelning och orientering av gångar och kroppar av underordnade bergarter samt osäkerheter om den rumsliga fördelningen och graden av hydrotermal omvandling i berggrunden, till exempel rödfärgning. Dessa osäkerheter är inte kritiska faktorer för säkerhetsanalys eller projektering, men påverkar framför allt bergets termiska egenskaper (kvartshalten) och därmed förvarets utrymmesbehov samt i viss mån bergets transportegenskaper (omvandlingen). Mer data från kärnborrhål, inklusive borrhålsgeofysik, med dokumentation av underordnade bergarter kommer att minska osäkerheterna. Motsvarande information från frilagda berghällar är också av vikt. För att förbättra förståelsen av skillnader i sammansättning behövs mer kemiska analyser och modalanalyser. Osäkerheter i omvandlingen kan reduceras med mikroskopering av bergprover från håll och borrhärnor.

De huvudsakliga osäkerheterna i **deformationszonsmodellen** avser förhållandet att alla zoner som är tolkade på ytan ännu inte har verifierats med hjälp av borrhål. En annan osäkerhet utgörs av tolkningen av deformationszonernas längd, deras geometri, och hur de avslutas mot andra zoner och geologiska objekt. Det går vidare inte att utesluta att det kan finnas hittills okända deformationszoner som i dagsläget inte detekterats med ytundersökningar och borrhål. Modellen kan också innehålla deformationzoner som felaktigt har tolkats existera eller har tillskrivits för stor geometrisk utbredning. I modellen är karaktären och egenskaperna hos deformationszonerna behäftade med osäkerheter liksom förståelsen av den rumsliga variationen av egenskaperna inom enskilda zoner. Deformationszonsmodellen ger de geometriska förutsättningarna för den hydrogeologiska modelleringen och är också viktig för den bergmekaniska modellen (bergspänningar). Deformationszonernas egenskaper men framförallt deras geometri är väsentliga för projektering och säkerhetsanalys. För att minska osäkerheterna behövs data från riktade borrhålskampanjer mot utvalda lokala större zoner i viktiga delar av delområdet, främst i den sydvästra delen. Där så är möjligt (hanterbart jorddjup) övervägs även möjligheten att belägga zonen med ett grävt dike. Vidare kommer den redan genomförda detaljerade markgeofysiska undersökningen tillsammans med ny detaljerad flygfotografering och laserskanning att ge underlag som kommer att kunna reducera osäkerheterna kopplade till lokala mindre zoner.

För den **geologiska DFN-modellen** är osäkerheterna främst kopplade till; identifiering av sprickgrupper (hällblottningar är subhorisontella och borrhål är subvertikala, och karterade med olika upplösning), spricklängdsfördelningar (då dessa är baserade på en interpolation mellan tolkade lineament och resultat från hållkarteringar) och slutligen sprickintensitet (frekvens och hur sprickintensiteten varierar). Vår nuvarande hypotes är att intensiteten

är kopplad till bergdomän och att kopplingen är ännu starkare till enskilda bergarter. För säkerhetsanalysen är det av speciellt intresse att erhålla bra skattningar på osäkerheter kopplade till intensiteter för sprickor med en längd i storleksintervallet 10–500 m. För att minska osäkerheterna genomförs lineamentstolkningar som baseras på ny ytinformation (laserskanning, detaljerad markgeofysik och fältkontroller). Insatserna kommer att fokuseras till lineamentsdata i längdintervallet från blottade hållar (cirka 50 m) upp till 1 000 m. Vidare behövs data från ytliga lutande kärnbronnhål för att bättre koppla information från hållobservationer med djupinformation. Vidare genomförs verifierande analyser av befintliga data från Äspölaboratoriet (TBM<sup>6</sup>, True Block Scale<sup>7</sup> och Prototypförvaret<sup>8</sup>).

Osäkerheterna i den **bergmekaniska modellen** avser bland annat storleken på bergspänningarna och deras fördelning inom delområde Laxemar. Detsamma gäller uppdelningen av den lokala modellvolymen i olika bergspänningsdomäner. Osäkerheter i förståelsen av bergspänningar är bland annat betydelsefull för projektering då höga spänningsnivåer påverkar bergstabilitet och skattningar av denna. Osäkerheter i bergmassans mekaniska egenskaper härrör från osäkerheter i existens och utbredning hos mindre (stokastiskt beskrivna) lokala deformationszoner i berget mellan de deterministiskt beskrivna deformationszonerna. Det finns även osäkerheter rörande det intakta matrisbergets hållfasthet hos kvartsmonzodiorit och ävrögranit i den södra delen av delområde Laxemar. Nya bergspänningsmätningar i bronnhål i delområde Laxemar kommer att reducera osäkerheter i spänningsmodellen. Möjligen kan observationer av avsaknad av ”core diskning” (sprickor som uppkommer i bronnkärnan vid spänningsavlastning) utnyttjas som ”mjuk information” för att bestämma en övre gräns på spänningsnivån. Databehovet för att förbättra den mekaniska modellen inkluderar ytterligare testresultat på intakt berg, främst på ävrögranit och kvartsmonzodiorit i den södra delen av delområde Laxemar. Osäkerheter kopplad till deformationszonernas mekaniska egenskaper kan reduceras med hjälp av existerande data (relationer mellan längd, vidd och egenskaper) från Äspölaboratoriet. Till detta kan läggas verifikation genom jämförelser mellan empiriskt klassade egenskaper hos bergmassan och det faktiska utfallet under tunneldrivningen på Äspölaboratoriet.

Osäkerheter i modellen av **bergets termiska egenskaper** är kopplade till fördelningen av termisk ledningsförmåga, in situ-temperatur i berget och bergets termiska expansion. Dessa osäkerheter har ingen betydelse för säkerhetsanalysen men däremot för projekteringen eftersom det påverkar kapselavståndet. Direkta mätningar av termisk ledningsförmåga (TPS) på alla bergarter (inklusive omvandlade bergarter) tillsammans med stöd från ämnesområdet geologi kommer att reducera osäkerheterna i termisk ledningsförmåga och dess uppskalning. För ävrögranit behövs både densitetsbestämningar och mätningar av termisk ledningsförmåga på prover med låg och hög ledningsförmåga för att stärka etablerade samband mellan densitet och värmeledningsförmåga. Vidare behövs mätningar av in situ-temperatur, genomförda i en situation av minimal störningomblandning i bronnhålen.

För den **hydrogeologiska modellen** är de huvudsakliga osäkerheterna kopplade till deformationszonerna och deras hydrauliska konnektivitet (hur deformationszonerna kopplar till varandra hydrauliskt), transmissivitet och rumsliga fördelning. Förutom de inneboende osäkerheterna i den geologiska DFN-modellen är den hydrauliska DFN-modellen osäker

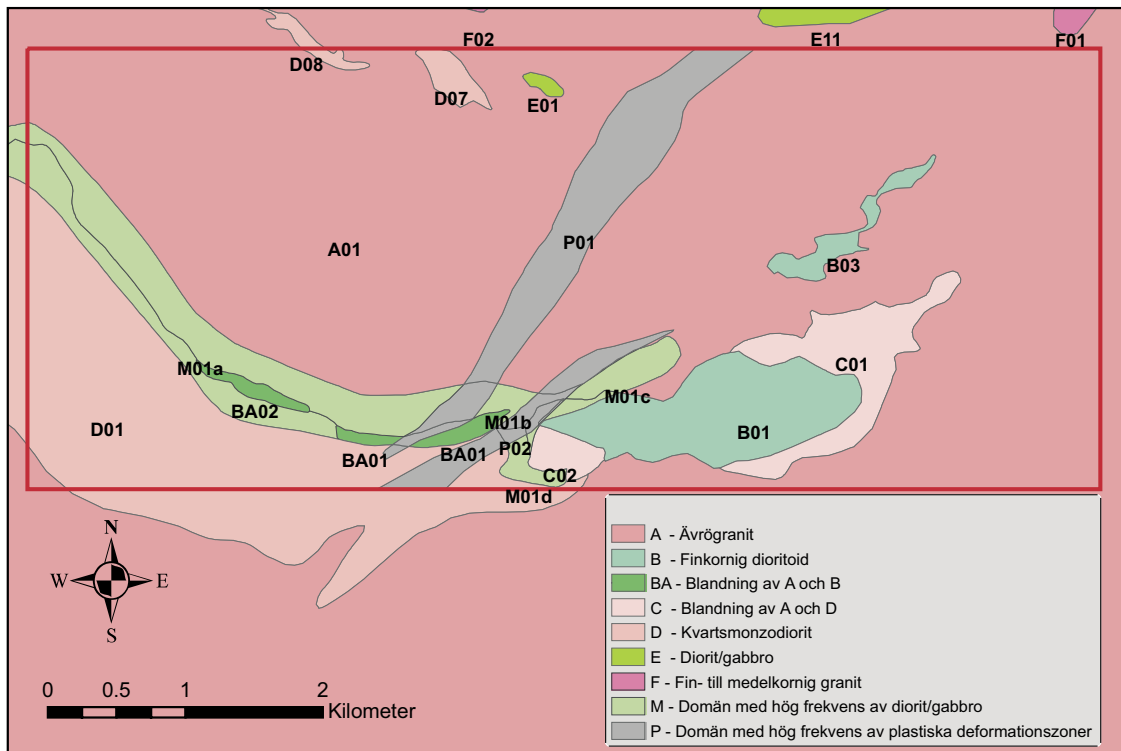
<sup>6</sup> TBM: Fullortsborrad del av tillfartstunneln till Äspöboratoriets underjordsdelar.

<sup>7</sup> True Block Scale: Projekt inom forskningsområdet ”Naturliga Barriärer” på Äspö. Karakterisering, modellering och spår försök i nätverk av sprickor i en bergvolym av storlek 1000×100×50 m /Winberg et al. 2002/.

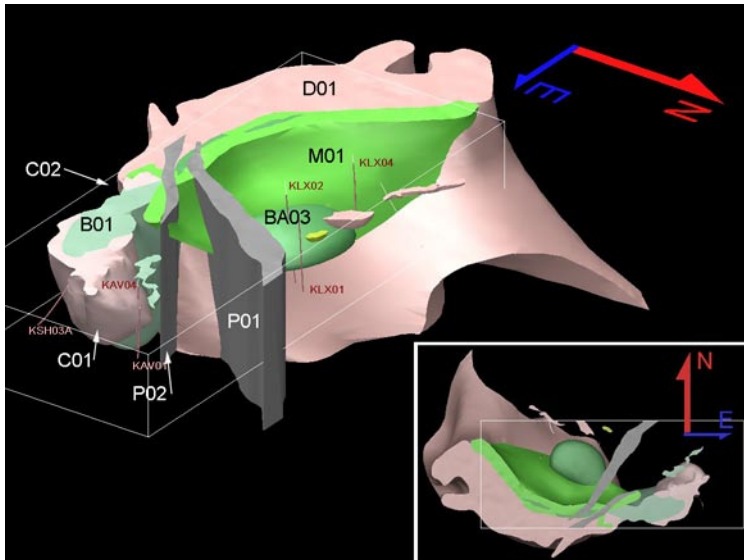
<sup>8</sup> Prototypförvaret: Fullskaleförsök med fullortsborrad deponeringstunnel med deponeringshål i full skala /Wiborgh et al. 2004/.

även på grund av att vi inte har full kunskap om spricktransmissivitetfördelningen och möjligt riktningberoende i denna. De hydrauliska egenskaperna hos bergdomänen D, M(A) och M(D) i den södra delen av delområde Laxemar (se karta i figur 2-16 och 3D-illustration i figur 2-17) är för närvarande endast karakteriserad med data från borrhål KLX03 och delvis från KLX05 (begreppen M(A) och M(D) åsyftar den del av M01-domänen som är dominerad av ävrögranit respektive kvartsmonzodiorit). Kvantifiering av osäkerheter i den hydrauliska DFN-modellen, dess anisotropi och eventuell koppling till bergdomän i identifierade deponeringsvolymen är av stor vikt för säkerhetsanalys och projektering. Osäkerheterna kan reduceras med ytterligare hydrauliska tester med utnyttjande av lutande hål (riktningberoende) och tester i bergmassan (mellan större deformationszoner) som hittills inte undersökts i tillräcklig omfattning, det vill säga D, M(A) och M(D). Osäkerheterna i konnektivitet och egenskaper hos deformationszoner är inte lika betydelsefulla för säkerhetsanalys och projektering. Databehovet innefattar nya hydrauliska tester i kärnborrhål i deformationszoner och i bergmassan (mellan deformationszoner) framförallt i bergdomänen D (kvartsmonzodiorit) samt i blanddomänen M(A) och M(D).

Osäkerheterna i den **hydrogeokemiska modellen** beror på att endast ett fåtal datapunkter finns från större djup. Detta ger även en osäkerhet för identifiering och val av hydrogeokemiska typvatten. Vidare behövs en bättre förståelse av den kemiska sammansättningen hos porvattnet i den intakta bergmatrisen. Den senare frågan är delvis ett provtagningsproblem där hänsyn måste tas till eventuella problem med spänningsavlastning av bergprover. Resterande modellosäkerheter är kopplade till jämviktsberäkningar och de reaktioner, transport- och blandningsprocesser som skapat den nuvarande grundvattenkemin.



**Figur 2-16.** Bergdomäner i Laxemarområdet. Bergdomän M01 övertväras av P01- och P02-domänerna. Bergblocken på ömse sidor om P01 respektive P02 har fått beteckningarna M01a-d. Den svarta linjen inne i M01-domänen markerar gränsen mellan ävrögranit, M(A), i den nordöstra till norra delen och kvartsmonzodiorit, M(D), i den sydvästra till södra delen av M01-domänen.



**Figur 2-17.** Tredimensionell illustration av bergdomäner enligt figur 2-16. Den ävrögranitdominerade domänen A01 är transparent. Vy från nordost.

De nämnda osäkerheterna i grundvattenkemin har ingen avgörande betydelse för säkerhetsanalys och projektering då de resulterande grundvattensammansättningarna ligger väl inom de önskade förhållandena. För att minska osäkerheterna behövs främst representativa kemidata på djupet, analyser av matrisvatten och typvatten ("end members"). Kunskapen om redoxprocesser kan ökas med fler data på in situ Eh, sprickmineralogi och mineralogi hos bergmatrisen. Vidare behövs ytterligare analys och utvärdering av data från in- och utströmningsområden för att bättre förstå den säsongsmässiga variationen i ytvattnets kemi.

När det gäller **bergets transportegenskaper** så finns osäkerheter i sorptions- och diffusionsparametrar för intakt berg från delområde Laxemar (oomvandlat/omvandlat) liksom i data från delområde Simpevarp och Äspölaboratoriet. Motsvarande osäkerheter finns för dessa egenskaper baserade på geologiskt material från sprickor. Detta gäller också skalning av dessa parametrar (medelvärdesbildning (effektivvärden) för större ytor/volymer). För säkerhetsanalys och långtidsaspekter på radionuklidretention överskuggas dock ovanstående osäkerheter av dem som är kopplade till F-faktorn (bestäms av den flödesvättan, konnektiviteten av flödesvägarna och eventuell kanalbildning). På samma sätt har sprickegenskaperna begränsad betydelse för säkerhetsanalysen.

För att reducera osäkerheterna i F-faktorn behövs i första hand utvärdering av primärdata med alternativa modeller/koncept, men även mer spricktransmissivitetsdata från flödesloggning (PFL) i borrhål. Mer diffusions- och sorptionsdata behövs för att reducera osäkerheterna om dessa egenskaper.

Osäkerheterna i **beskrivningen av ytsystemet** i delområde Laxemar beror främst på få data. Beskrivningen av sediment och kvartära avlagringar (djup och tjocklek hos individuella jordlager samt kemiska, fysiska och hydrauliska egenskaper) är därför osäker. Dessa delar av modellen utgör en del av övergångszonen mellan biosfären och bergsystemet. Vidare är osäkerheterna i tid och rum för vattenföringen i vattendragen i delområde Laxemar betydande (avsaknad av data eller korta tidsserier). Dessutom saknas en kvantifiering av komponenterna i vattenbalansen för delområde Laxemar (evapotranspiration, avrinning etc). Detta har till exempel betydelse för kalibreringen av upprättade hydrologiska modeller. Vidare finns det osäkerheter rörande transport av lösta ämnen det terrestra systemet, den kemiska sammansättningen av biota och den terrestra vegetationens egenskaper.

Utifrån ovanstående diskussion av kvarvarande osäkerheter för bergsystemet kan en översiktlig prioritering göras utifrån de konkreta behov som säkerhetsanalys och projektering har. Även om det fortfarande saknas verifiering av vissa lokala större deformationszoners geometri och egenskaper med hjälp av borrhning och undersökningar i borrhål främst i delområdets södra delar, så är de prioriterade undersökningsinsatserna inriktade mot att kvantifiera bergmassans egenskaper (främst de som är kopplade till hydrogeologi och termiska egenskaper) och hur de varierar i potentiella deponeringsområden. Denna prioritering återspeglas i det upprättade undersökningsprogrammet.

## **2.4 Fortsatta undersökningar**

### **2.4.1 Strategi**

SKB:s strategi för den fortsatta platsundersökningen i Oskarshamn har tagits fram utifrån följande utgångspunkter:

- Undersökningarna ska ge kompletterande dataunderlag för de geovetenskapliga nyckelfrågorna enligt avsnitt 2.3.3 och minska kvarvarande osäkerheter enligt avsnitt 2.3.4. Särskilt prioriteras undersökningar för att kvantifiera bergmassans egenskaper och dess variabilitet i möjliga deponeringsområden.
- Utgångspunkter för undersökningsprogrammet är dels platsbeskrivande modell för Laxemar version 1.2 /SKB 2006/, resultatet av arbetet med fokusering i Laxemar /SKB 2006a/, samt inledd analys inom ramen för modellsteg Laxemar 2.1.
- Undersökningarna ska planeras och genomföras så att det finns tid för samordning med, och återföring av fakta och synpunkter från övriga delprojekt i Djupförvarsprojektet.

Strategin lyder:

1. Fokusera undersökningarna till den centrala delen av delområde Laxemar samt ett så stort område av den södra och västra delen av delområdet att tillräckligt stora bergvolymer lämpliga för slutförvaret kan verifieras.
2. Avsluta eller ge pågående och planerade undersökningar norr om EW007 ändrad inriktning.
3. Öka kunskapen om de större deformationszonerna som har betydelse för slutförvarets avgränsning och uppdelning i deponeringsområden.
4. Karakterisera och förstå bergmassans vattenförande egenskaper.
5. Karakterisera och verifiera tillgängliga bergvolymer.

Strategin behandlar huvudsakligen karakteriseringen av det potentiella förvarsbergets egenskaper. Härutöver kommer kunskapen om ytsystemen att förbättras liksom kopplingen mellan ytsystem och djupt grundvatten.

I kapitel 3 redovisas vilka borrhningar och undersökningar som planeras för att genomföra strategin.

### **2.4.2 Tidsplan**

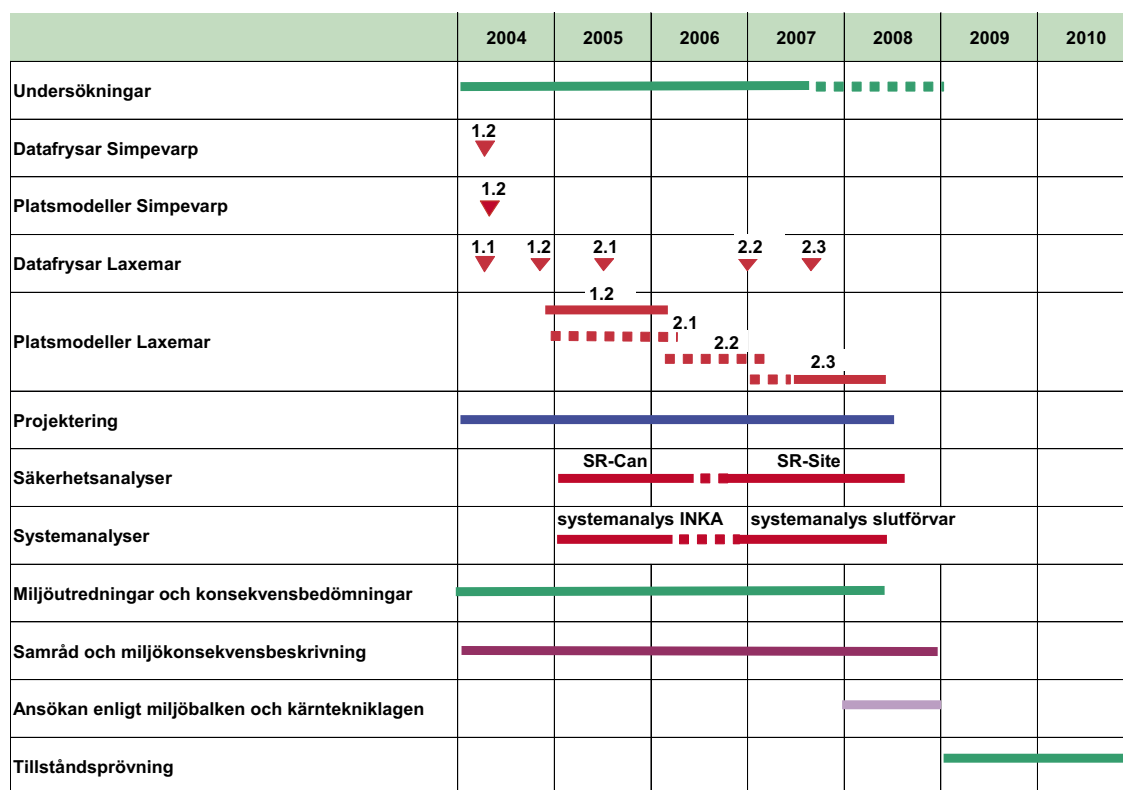
Enligt den övergripande planeringen för hela Djupförvarsprojektet ska tillståndsansökan lämnas in under 2008, se tidsplan i figur 2-18. I slutfasen är det nödvändigt att ha utrymme för de analyser och utvärderingar som ska göras, både platsspecifikt och mera övergripande, inför platsval och ansökan. Av det skälet bör undersökningarna i fält och på laboratorier,

som genererar primärdata, huvudsakligen vara avslutade och rapporterade i mitten av 2007. Detta är en omfattande uppgift eftersom provborrningarna i delområde Laxemar inte kunde börja förrän våren 2004. Det är dock nödvändigt för att alla väsentliga primärdata om deponeringsområden ska kunna analyseras och platsbeskrivande modell version 2.3 för delområde Laxemar kunna upprättas. I mitten av 2008 ska denna kunna presenteras som platsbeskrivning för delområde Laxemar. Platsbeskrivningen används i sin tur för slutlig anläggningsbeskrivning och säkerhetsanalys för ett slutförvar inom delområde Laxemar.

Figur 2-18 visar en översiktlig tidsplan för Djupförvarsprojektet med delprojekt och milstolpar för platsundersökningen i Oskarshamn.

Startpunkten för undersökningar enligt denna programrapport är sommaren 2005, efter datafrys 2.1 för Laxemar. Datafrys 2.1 har gett underlag till arbetet inom modellsteg 2.1, som är i slutfasen. Arbetet inom detta steg har i första hand varit inriktat mot att ge feedback från modellering till undersökningar och har i Laxemars fall konkret skett inom ramen för arbetet att välja inom vilken del av Laxemarområdet som den avslutande etappen av platsundersökningarna ska utföras. Analys av primärdata utgående från datafrys 2.1 sker för alla ämnesområden, däremot utförs platsmodellering endast för några få ämnesområden.

Milstolparna för återstoden är ytterligare två datafrysar och två platsmodeller med följande huvudsyften. Datafrys 2.2 syftar till att ge det huvudsakliga dataunderlaget för platsmodell 2.2, som i sin tur är underlag för projektering (layout D2) och den därpå grundade säkerhetsanalysen. Parallellt med detta arbete utförs mycket av databearbetningen inför platsmodell 2.3. Datafrys 2.3 syftar till att ge kompletterande och verifierande dataunderlag så att detta blir komplett för platsmodell 2.3.



Figur 2-18. Översiktlig tidsplan för Djupförvarsprojektet och platsundersökningen i Oskarshamn.

Efter datafrys 2.3 ska alltså alla undersökningar vara slutförda som ger dataunderlag för platsbeskrivning, anläggningsbeskrivning, säkerhetsanalys och miljökonsekvensbeskrivning, det vill säga underlaget för SKB:s ansökan om uppförande och drift av slutförvaret. I avvaktan på resultatet av utvärderingar och SKB:s platsval kommer enligt SKB:s planer en begränsad mängd kompletterande och verifierande mätningar samt olika typer av monitorering att utföras även efter sommaren 2007.

### 2.4.3 Arbetssätt

I avsnitt 1.2 beskrivs Djupförvarsprojektets organisation, delprojekt samt det stegvisa arbetssättet. Förutom interaktionen mellan delprojekten krävs beredskap för att hantera krav och synpunkter som kan komma från myndigheterna och deras expertgrupper samt från Länsstyrelsen, kommunen och lokala intressenter via de etablerade samråden. Programmet måste därför ge utrymme för kompletteringar i ett sent skede av platsundersökningen.

Undersökningsresultat bearbetas omgående, primärdata kvalitetskontrolleras och lagras successivt i SKB:s databaser (Sicada och Gis). Vid ett antal tillfällen (så kallade datafrysar) ska i förväg bestämda primärdatamängder vara inlagrade i databasen. De tillgängliga primärdatamängderna används av delprojekt platsmodellering för analyser och uppdatering av platsbeskrivande modeller, vilka därefter och vid bestämda tidpunkter överförs till övriga delprojekt, så att arbetet med anläggningsutformning, säkerhetsanalys och miljöutredningar kan genomföras enligt plan. För projektets framgång är det nödvändigt med flexibilitet och en effektiv samverkan mellan delprojekten. Ett aktuellt exempel är den organiserade samverkan mellan undersökningar, modellering och projektering som etablerats. Syftet är att förstärka samarbetet mellan delprojekten så att den avslutande delen av platsundersökningen i delområde Laxemar ska ge största möjliga nytta i förhållande till insatta resurser. Andra exempel är det fördjupade samarbete som etablerats mellan ämnesområdena geologi och hydrogeologi för att arbetet att upprätta den hydrogeologiska DFN-modellen ska bli mer effektivt och konsistent, den fördjupade samverkan som planeras mellan hydrogeologi och hydrogeokemi med ambitionen att producera en gemensam underlagsrapport i slutet av platsundersökningsskedet samt det förstärkta samarbetet mellan ämnesområdena geologi och ytsystem.

Kravet på flexibilitet innebär att undersökningsprogrammet kontinuerligt utvecklas och anpassas med hänsyn till den ökade kunskap som successivt växer fram genom undersökningar, platsmodellering, projektering och konsekvensbedömningar. Återkopplingar från delprojekten till detaljplaneringen av undersökningarna är en mycket viktig del. Att ta fram preliminära lägen för både slutförvarets deponeringsområden och övriga anläggningar under mark (centralområde, tillfarter), är en förutsättning för att kunna optimera placeringen av borrhål och andra undersökningsinsatser och att tidigt kunna presentera utformning och konsekvenser av anläggningar ovan och under mark vid MKB-samråd så att eventuella synpunkter kan beaktas i det fortsatta arbetet.

För att successivt förbättra den geovetenskapliga förståelsen av platsen görs preliminära bedömningar som underlag för kommande borrhningar och tillhörande undersökningar. Exempelvis görs kvalificerade prognoser av bergmassans väsentligaste egenskaper längs ett planerat borrhål, innan det borraras och undersöks. Att sedan jämföra prognosen med borrhnings- och undersökningsresultaten ger en uppfattning om vår kunskap om dessa egenskaper och hur kunskapen successivt förbättras.



En annan aspekt som måste beaktas är att vissa undersökningar kräver ostörda förhållanden. Det gäller exempelvis mätningar av naturliga grundvattenflöden och interferenstester mellan borrhål och spår försök. Dessa mätningar kan störas av borrhåll i närområdet, vilket särskilt måste beaktas i planeringen. Exempelvis kan ett storskaligt interferenstest i kombination med spår försök genomföras först när de ordinarie undersökningarna slutförts.

## 3 Undersökningar

I kapitel 2 redovisas SKB:s strategi för återstoden av platsundersökningen i delområde Laxemar. Strategin har tagits fram utifrån hittills uppnådda resultat, kvarstående osäkerheter samt redovisade mål och krav på genomförandet av platsundersökningarna. Utifrån denna strategi har ett program för fortsatta undersökningar av berggrund, mark, vatten och miljö i Oskarshamn tagits fram.

Kapitlet inleds med en programöversikt och ett preliminärt borrprogram. Därefter följer ämnesvisa redovisningar av programmet. I praktiken genomförs undersökningarna ofta i samverkan mellan flera ämnesområden. För varje ämnesområde redovisas först syfte och mål för undersökningarna, därefter viktiga resultat från genomförda undersökningar samt frågor som återstår att besvara. Sist presenteras undersökningsprogram för återstoden av platsundersökningen.

### 3.1 Undersökningsprogram – en översikt

I detta avsnitt redovisas och motiveras – för var och en av de i avsnitt 2.4.4 presenterade strategiska punkterna – SKB:s plan för de fortsatta undersökningarna. Undersökningsprogrammet omfattar hela den återstående platsundersökningen och ska ses som en bästa bedömning utifrån nuvarande kunskap och behov av ny information för att kunna upprätta en slutlig platsbeskrivning. Beroende på att de fortsatta undersökningarna och det omfattande analys- och platsmodelleringsarbetet hela tiden tillför ny kunskap kan nya databehov uppstå och nuvarande prioriteringar komma att ändras. En nödvändig flexibilitet finns därför inbyggd i planerna för programmets genomförande.

Genomförandet styrs av projektplaner som baseras på programmets innehåll. Detta gäller såväl undersökningar som platsmodellering. För varje enskild undersökning upprättas en separat aktivitetsplan, som utgår från projektplanen för undersökningar. Aktivitetsplanen, med referens till gällande metodbeskrivning och andra instruktioner, styr utförandet med avseende på teknik, kvalitet och miljö. För alla kärnborrhål tas separata beslut med motivering och annat underlag som är väsentligt för genomförandet. Detta sammantaget innebär att platsorganisationen hela tiden upprätthåller en god dokumentation och spårbarhet av hur verksamheten genomförs.

I allt väsentligt kommer de undersökningsmetoder som presenterades i det generella undersökningsprogrammet att användas /SKB 2001a/. Hur metodernas utförs styrs av metodbeskrivningar och metodinstruktioner, vilka ingår i SKB:s ledningssystem.

#### 3.1.1 Fokusera undersökningarna

Utförda undersökningar och utvärderingar har lett fram till beslutet att de fortsatta undersökningarna ska utgå från den centrala delen av delområde Laxemar och omfatta ett så stort område däromkring att tillräckligt stora bergvolymmer lämpliga för slutförvaret kan verifieras /SKB 2006a/. Med nuvarande kunskap bedöms förhållandena sammantaget vara något mer gynnsamma inom den södra och västra delen av delområdet, varför undersökningarna kommer att inriktas dit.

Utifrån hittills utfört arbete har det inte varit möjligt att enbart på geovetenskapliga grunder tydligt avgränsa någon del inom delområde Laxemar som är mer lämplig för slutförvaret än någon annan del. Förutom de större deformationszonerna, som styr möjligheten att finna lämpliga och tillräckligt stora deponeringsområden, har bergets värmeledningsförmåga och dess vattenförande egenskaper bedömts vara särskilt viktiga geovetenskapliga faktorer. En separat utredning som redovisas i /SKB 2006a/ kring möjligheten att passera deformationszoner har visat att den centralt belägna öst-väst-orienterade zonen EW007 kan passeras med transporttunnlar varför deponering på båda sidor bör vara möjligt. Värmeledningsförmågan är något gynnsammare mot norr medan de vattenförande egenskaperna bedöms vara mer gynnsamma mot söder. De vattenförande egenskaperna har betydelse för den långsiktiga säkerheten medan bergets termiska egenskaper främst påverkar utrymmesbehov och därmed kostnaden för slutförvaret. De vattenförande egenskaperna medför således att en inriktning mot söder bedöms vara mer fördelaktig än mot norr. Att de termiska egenskaperna är mer gynnsamma i nordväst gör det intressant att också inkludera denna del av delområdet. Sammantaget innebär detta att undersökningarna kommer att inriktas mot den södra och västra delen av delområdet.

Studier av möjliga layouter för slutförvaret visar – utifrån nuvarande kunskap om bergets deformationszoner på förvarsdjup – att förutsättningarna är mer gynnsamma söder än norr om EW007. Flera placeringar av ovanjordsanläggningen har studerats, både med hänsyn till lämpligt utförande och till miljöpåverkan. Två av de studerade platserna är belägna söder om EW007. Båda är realistiska alternativ, belägna inom den del av delområde Laxemar till viken de fortsatta undersökningarna ska fokuseras, se figur 2-12 /SKB 2006a/.

### **3.1.2 Undersökningar norr om EW007**

Inga nya undersökningar påbörjas norr om deformationszon EW007 med syftet att undersöka berggrundens egenskaper för deponering inom detta område. Undersökningar som ger ökad kunskap om egenskaper som också gäller den södra och västra delen av delområde Laxemar kommer dock att genomföras.

### **3.1.3 Större deformationszoner**

Alla större deformationszoner av betydelse ska modelleras som enskilda objekt. I några fall kan det vara tillräckligt att analysera befintliga data. I andra fall behöver en tolkad deformationszon undersökas ytterligare för att få fram tillräckligt med data. Det kan både handla om att bekräfta eller förkasta zonens existens och att öka kunskapen om dess egenskaper. Deformationszon EW007 och det närliggande bergets egenskaper på förvarsdjup studeras specifikt för att kunna avgöra hur bergvolymen centralt i delområde Laxemar kan utnyttjas för slutförvarets olika delar och vilka delar som inte kan användas.

Undersökningsmetoder är detaljerad markgeofysik, markgeofysiska profilmätningar, refraktionsseismik, hammarborrning samt kärnborrning med tillhörande undersökningar. Kärnborrhålen planeras bli 300–400 m långa för denna kategori av undersökningar och i de flesta fall planeras interferenstester mellan kärnborrhål och hammarborrhål. Detaljplanering görs i samråd med platsmodellering och projektering.

Utifrån redovisningen om kunskapsläget i avsnitt 2.3.3 planeras följande insatser för att öka kunskapen om de större deformationszonerna.

### **Deformationszoner med hög konfidensnivå**

Vår aktuella bedömning för deformationszoner som tillskrivits hög konfidensnivå (se figur 2-15) är följande:

- **EW007.** EW007:s geometri och egenskaper har betydelse för hur bergvolymen centralt i delområde Laxemar kan utnyttjas. I första hand görs en omfattande analys av den stora datamängd som redan finns. I detta ingår pågående och redan planerade mätningar av baskaraktär i KLX02, KLX07, KLX08 samt några hammarborrhål. Därefter avgörs om ytterligare borrning och andra undersökningar erfordras, vilket i så fall ger data till datafrys 2.3.
- **EW900.** Förvarsoområdet kan sträcka sig också norr om EW900, vilket innebär att dess egenskaper behöver undersökas för en deterministisk beskrivning av zonen. I första hand genom detaljerad markgeofysik, eventuellt refraktionsseismik samt beroende på resultat från geofysiken ett par hammarborrhål. Klart till datafrys 2.2. Utifrån resultaten från dessa undersökningar avgörs huruvida ett kärnborrhål ska utföras, vilket också beräknas klart till datafrys 2.2.
- **NS059.**  
**Norra delen:** Inga ytterligare undersökningar planeras.  
**Södra delen:** Den södra delen av zonen är förhållandevis otydlig och är kanske snarare en lokal mindre än en större deformationszon. Eftersom den befinner sig inom det fokuserade området behöver kunskapen om zonen förbättras. Detaljerad markgeofysik utförs varpå en lämplig plats för ett relativt kort kärnborrhål bestäms. Borrningsresultat är klara till datafrys 2.2.
- **NW042.** Nuvarande geofysiska profiler och hammarborrningar, samt kärnborrhål (KLX05) från norr behöver kompletteras för att få bättre klarhet om zonen. Detaljerad markgeofysik och eller strategiskt valda markgeofysikprofiler görs till datafrys 2.2. Detta ger underlag för placering av ett 300–400 m djupt kärnborrhål, klart till datafrys 2.3.
- **NS001.** Zonen är påvisad från topografisk och geofysisk lineamentstolkning samt refraktionsseismik. Zonens existens och geometri behöver dock bekräftas med hammarborrhål till datafrys 2.2. Ett medellångt (300–400 m) kärnborrhål borras därefter med möjlighet till interferenstest mot hammarborrhålet, klart till datafrys 2.3.
- **EW002.** För närvarande planeras inga ytterligare undersökningar, bland annat därför att zonen ligger på förhållandevis stort avstånd från planerade deponeringsområden.
- **NE005.** Regional plastisk deformationszon väl känd från Äspö, varför även data från KAS17 ska användas. Mätningar av magnetisk anisotropi och kinematiska studier genomförs på fastlandsdelen, hösten 2005 (till datafrys 2.2). Preliminärt planeras ett medeldjupt kärnborrhål (cirka 300–400 m) för undersökning av deformationszonens eventuella spröda egenskaper, i så fall till datafrys 2.3. Beroende på resultat från kommande undersökningar och modelleringsresultat, kan det bli aktuellt att prioritera andra mer angelägna borrningar och undersökningar, i enlighet med den flexibilitet som finns inbyggd i programmet.
- **NW928 och NW932A.** Inga ytterligare undersökningar riktas specifikt mot dessa zoner men befintlig information analyseras.

### **Deformationszoner med konfidensnivå medel**

I den platsbeskrivande modellen har några av de lokala större deformationszonerna tillskrivits konfidensnivån medel (gröna på kartan i figur 2-15).

För att verifiera och karakterisera några av de deformationszoner som är belägna inom det fokuserade området, preliminärt NS046 och NW051, kommer geofysiska profiler, hammarborrning och kärnborrning (djup cirka 300–400 m) att utföras.

### **3.1.4 Bergmassans vattenförande egenskaper**

Bergmassans vattenförande egenskaper har central betydelse för hur stor del av berget som kan nyttjas till deponeringsområden. Grundvattenströmningen i kristallint berg styrs huvudsakligen av dess spröda strukturer. Bergmassans innehåll av lokala deformationszoner och enskilda sprickor har tillsammans med de större deformationszonerna särskild betydelse för flödesmönstret och andra vattenförande egenskaper samt för den mekaniska stabiliteten i samband med en eventuell jordbävning. Gemensamt för dessa mindre strukturer är att de beskrivs stokastiskt under platsundersökningen och beläggs som enskilda objekt först vid de detaljundersökningar som utförs under slutförvarets bygg- och driftskeden.

Undersökningar för att karakterisera och förstå bergmassans vattenförande egenskaper omfattar dels geologiska och geofysiska metoder som ger kunskap om strukturerna och dels direkta hydrauliska mätmetoder.

#### ***Mönster och vattenförande egenskaper för lokala mindre deformationszoner***

För att klarlägga mönster och vattenförande egenskaper för lokala mindre deformationszoner utnyttjas resultaten från den detaljerade markgeofysiken och de högupplösande flygmätningar (fotografering och laserskanning) som genomfördes under våren 2005. Efter verifierande fältkontroller bestäms lämpliga platser för verifierande grävning och kärnbränning av korta (10–100 m) hål med tillhörande undersökningar. Dessa insatser genomförs främst vid KLX10 och KLX09. Därefter tillämpas samma metodik på det fokuserade området i söder och väster där detaljerad markgeofysik med magnetometri och resistivitet också kommer att genomföras. Dessutom genomförs en fördjupad analys av geologiska, geofysiska och hydrauliska kärnbränndata från hela delområdet.

#### ***Karakterisering av ytliga bergmassan för DFN-modellering***

Detaljerad sprickkartering på blottlagda hållar har genomförts på båda delområdena med huvudsyftet att ge indata från bergytan för DFN-modellering. Där det varit möjligt har hållarna valts i anslutning till ett djupt kärnbränhål. I delområde Laxemar kommer ytterligare en detaljerad sprickkartering att utföras. För att erhålla motsvarande DFN-data om den ytliga bergmassan borrar ett antal korta, cirka 100 m djupa, kärnbränhål vid KLX09 och KLX11. På så sätt kommer både ävrögranit och kvartsmonzodiorit att undersökas. På båda platserna har detaljerad sprickkartering utförts eller kommer att utföras. Från samma platser erhålls på så sätt sprickdata både från bergytan, den ytliga bergmassan och från större djup. Bränhålerna utplaceras på ett för modelleringen optimalt sätt, speciellt med avseende på de hydrotester och interferenstester som ska ge indata för hydro-DFN-modelleringen.

### **3.1.5 Tillgängliga bergvolym**

#### ***Karakterisera och verifiera deponeringsområden***

Bergområdena mellan de större deformationszonerna kommer huvudsakligen att användas som deponeringsområden. Det är viktigt att dessa områden karakteriseras till den grad att deras lämplighet som deponeringsområden kan verifieras. Bergmassans vattenförande egenskaper är en av de viktigaste egenskaperna och hanterats därför som en särskild punkt i strategin (3.1.4 ovan). Bergmassans övriga egenskaper kommer att undersökas ytterligare till den grad som erfordras för att uppnå erforderlig säkerhet i den platsbeskrivande modellen. Som exempel kan nämnas bergets värmeledningsförmåga där ökad kunskap om dess variation inom tillgängliga bergvolym minskar osäkerheten i den termiska modellen.

Befintlig platsbeskrivande modell, preliminär layout och information från detaljerade mark- och flygmätningar ger underlag för var kärnbörningar ska genomföras. 2–3 kärnborrhål planeras för att karakterisera och verifiera deponeringsområden. Borrhålen ska nå förvarsdjup, det vill säga de är cirka 500–600 m långa.

### ***Karakterisering av centralområde, schakt och ramp***

Till ansökan om slutförvaret behövs mer detaljerad kunskap om potentiellt lämpliga lägen för slutförvarets centralområde med tillfartsdelar (schakt och ramp). Syftet är att klarlägga att det finns goda möjligheter för nedfart och lämplig placering av centralområdet. För att uppnå detta kommer platsmodellering att upprätta en något mer detaljerad modell för denna del. Underlag för denna detaljering erhålls genom att borrhålsprogrammet optimeras med hänsyn till utpekade lägen för slutförvarets ovanjordsdelar och centralområde. Detta gäller både för alternativet ”Centralt” strax söder om EW007 och för alternativet ”Väst”. Ytterligare två, 500–600 m långa kärnborrhål planeras, ett för vart och ett av de två alternativa lägena. Även något hammarborrhål kan bli aktuellt. Undersökningarna planeras i samråd med projektering, och genomförs så att resultaten kan ingå i datafrys 2.3.

Efter datafrys 2.3 kommer kompletterande geotekniska förundersökningar för slutförvarets ovanmarksdel och tillfarter att utföras, se avsnitt 3.11. Dessa ger inte underlag för tillståndsansökan utan är en del av byggförberedelserna.

### ***Verifierande storskaligt interferenstest med spårförsök***

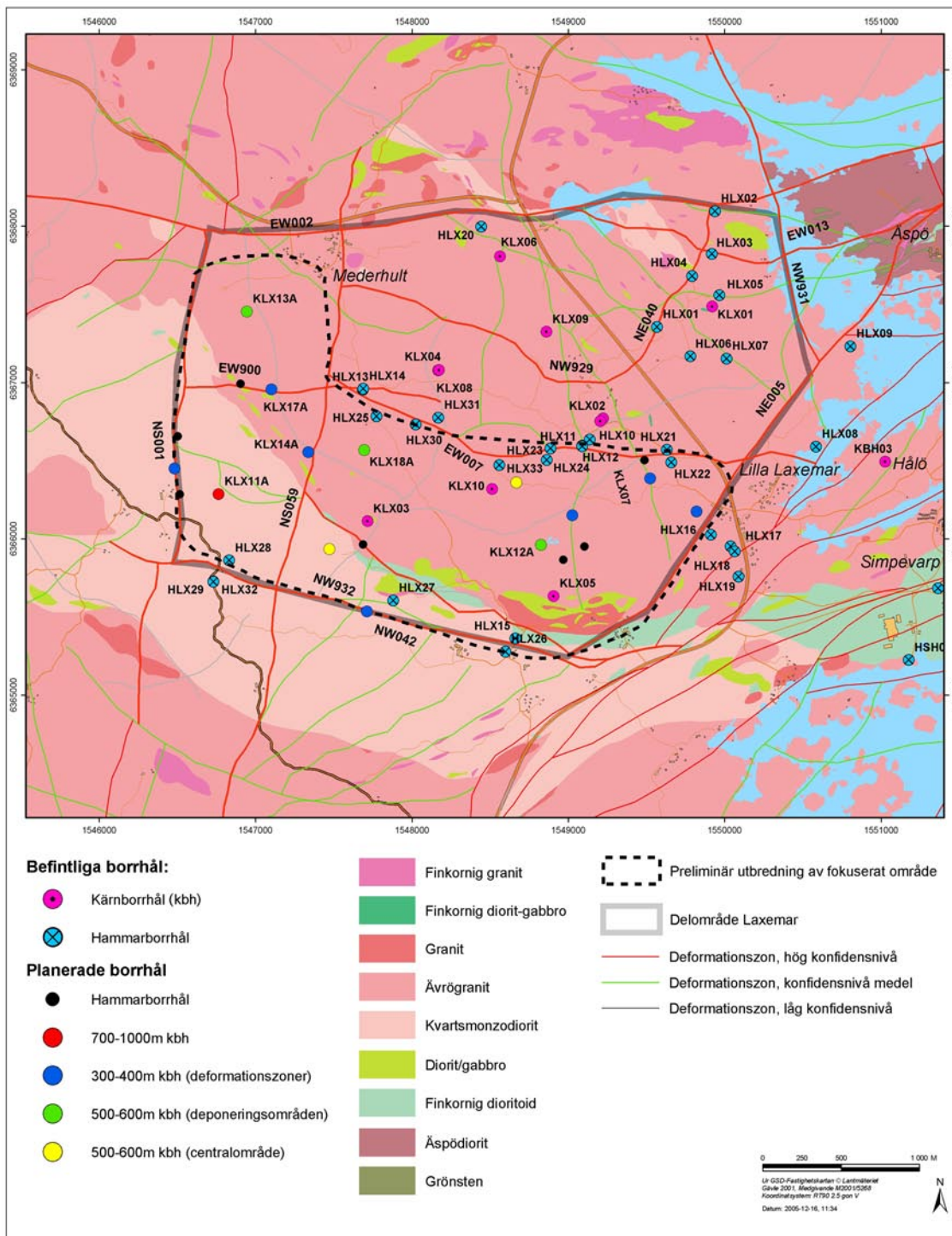
Ett storskaligt interferenstest i kombination med spårförsök, så kallat LPT (långtidspump-test), kommer att genomföras i slutet av platsundersökningen. Testet syftar inte så mycket till att bygga platsbeskrivande modeller som till att verifiera redan upprättade modeller. Resultaten ingår följaktligen inte i datafrys 2.3. Testet inbegriper bergmassan i den stora skalan, det vill säga inklusive förekommande lokala större och mindre deformationszoner. Eftersom testet är tidskrävande (cirka 3+3 månader) och dessutom kräver hydrauliskt lugn över ett stort område kommer det att genomföras direkt efter datafrys 2.3.

Andra undersökningar som fortsätter efter datafrys 2.3 är i huvudsak långtidsobservationer (monitering) av olika slag.

## **3.1.6 Borring**

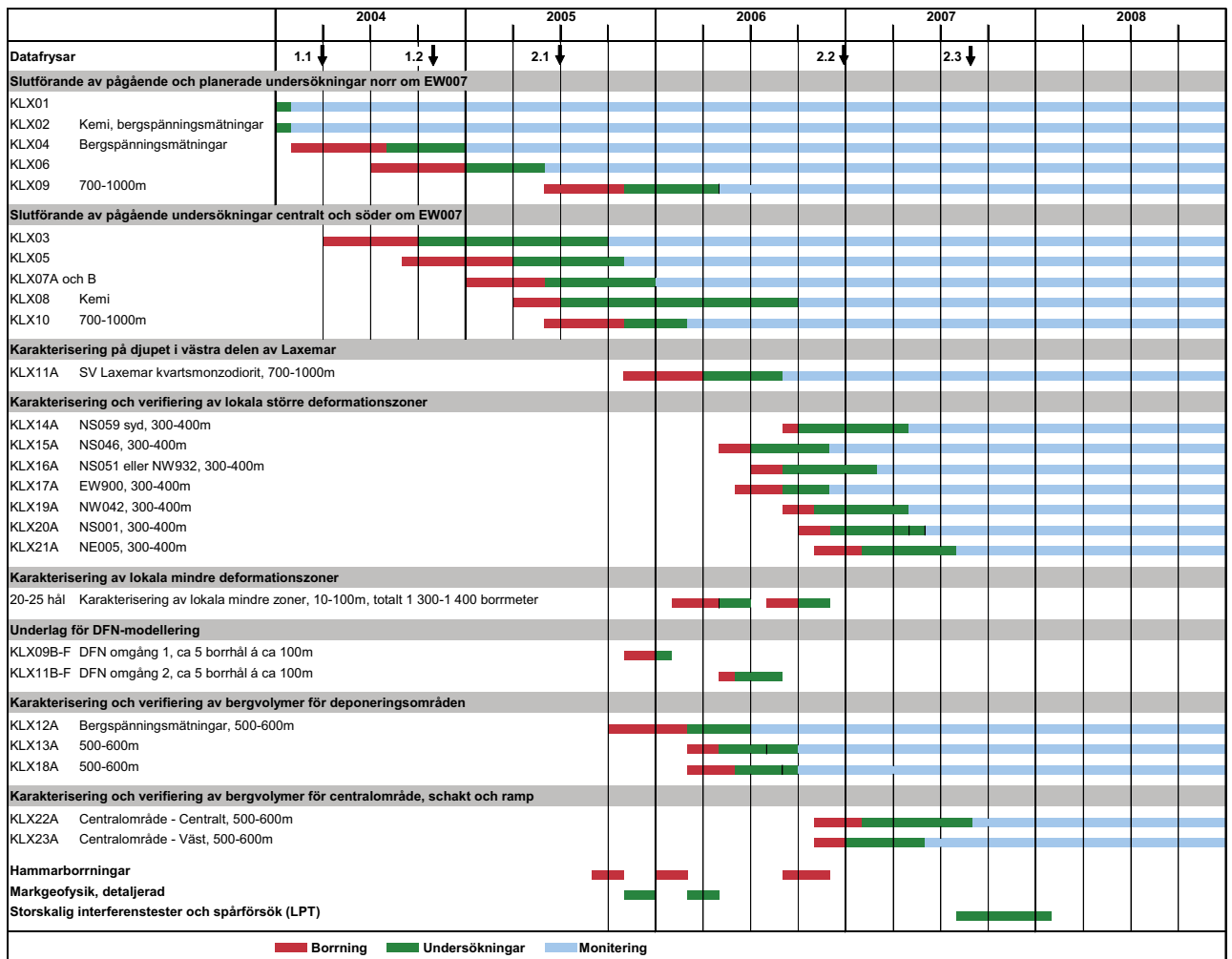
### ***Kärnbörning***

Med utgångspunkt i den valda strategin har ett borrhålsprogram utarbetats, se tabell 3-1 och figur 3-2. Programmet är väl preciserat för de första kärnborrhålen, men är därefter med nödvändighet mera preliminärt. Det omfattar djupa (700–1 000 m), två kategorier medeldjupa (300–400 respektive 500–600 m) samt korta (10–100 m) kärnborrhål. Kartan i figur 3-1 illustrerar borrhålsprogrammet med markeringar på den berggrundsgeologiska kartan. Även befintliga kärnborrhål har markerats (kärnborrhål KLX09 och KLX10 redovisas i kategorin planerade borrhål men de kommer att vara slutförda när denna rapport publiceras). Tabell 3-1 beskriver de planerade insatserna närmare och relaterar dessa till ovan nämnda syften. Programmet kommer kontinuerligt att sysselsätta två tunga kärnbormaskiner en bit in på 2007. Utöver detta kommer en mindre bormaskin periodvis att användas för de korta kärnborrhålen. Efter KLX11 planeras inga ytterligare djupa (700–1 000 m) kärnborrhål. Det preliminära kärnborrhålsprogrammet beskrivs mer detaljerat i avsnitt 3.9.



**Figur 3-1.** Fokuserat område samt befintliga och planerade borrhål. Läget av de planerade borrhålen markerar inte den exakta placeringen utan snarare målområde för respektive borrhål. Om möjligt kommer nya borrhål att borrar från befintliga borrhållar.

Flertalet av de planerade borrhålen dokumenteras och undersöks med en rad geovetenskapliga undersökningsmetoder på ungefär samma sätt som hittills. Att borrhålen har olika syften medför att undersökningsprogrammet, för vart och ett av borrhålen, kommer att anpassas med hänsyn härtill. Mer information om de olika borrhålsundersökningarna ges i de ämnesspecifika programbeskrivningarna i avsnitt 3.3–3.8 och 3.10.



*Figur 3-2. Preliminär tidsplan för borring och undersökningar inom delområde Laxemar.*

### Hammarborring

Hammarborrhål är vanligen cirka 200 m djupa och ger ingen borkärna, men går mycket snabbare att utföra och är avsevärt billigare än kärnborrhålen. De är lämpliga bland annat för att undersöka betydelsen av tolkade lineament och för att undersöka ytnära, flacka sprickzoner. Preliminärt beräknas ytterligare ett 10-tal hammarborrhål behövas, huvudsakligen för att verifiera och karakterisera de större deformationszonerna. Hammarborringen föregås oftast av markgeofysik och förutsätter att denna ger en tydlig indikation på var borrhålet bör placeras.

På samma sätt som hittills används också hammarborrhål som brunnar för spolvatten till kärnborringen. Några hammarborrhål kommer att borraras i närheten av ett kärnborrhål för att med hjälp av interferenstester kunna verifiera och karakterisera deformationszonernas hydrauliska egenskaper.

### Jordborring

Jordborring och -sondering görs för att bestämma jorddjup och för att karakterisera jordlagren. Ofta sätts observationsrör i samband med jordborringen för att fortsättningsvis kunna registrera grundvattenytan och återkommande kunna ta vattenprover. Några jordrör sätts ut specifikt för miljökontroll i anslutning till borrhåll.



**Tabell 3-1. Program för återstående kärnbörning i delområde Laxemar.** (Den flexibilitet som är nödvändig innebär att planerade insatser kan komma att ändras med hänsyn till att den platsbeskrivande modellen successivt utvecklas och förbättras.)

Benämning (se figur 3-1)	Planerad insats (se vidare avsnitt 3.3–3.10)
<b>Slutförande av pågående och planerade undersökningar norr om EW007</b>	
KLX01, 02, 04, 06	Pågående undersökningar och monitorering av kärnborrhål fortsätter enligt gällande plan. Fullständig kemikaraktisering har utförts i KLX02 före platsundersökningen. Bergspänningsmätningar har genomförts i KLX02 och KLX04.
KLX09	Börning av KLX09 i den norra delen av delområde Laxemar inleddes i augusti 2005. Även om fortsatta undersökningar inriktas mot den södra delen ska KLX09 fortsätta åtminstone tills förvarsdjup passerats. Därefter tas beslut om denna börning ska fortsätta eller avbrytas.
<b>Slutförande av pågående undersökningar centralt och söder om EW007</b>	
KLX03, 05, 07A, 08	Pågående undersökningar och monitorering av kärnborrhål fortsätter enligt gällande plan. Fullständig kemikaraktisering har genomförts i KLX03 och kommer att genomföras i KLX08.
KLX10	Börning av KLX10 i den centrala delen av delområde Laxemar inleddes i juni 2005.
<b>Karakterisering på djupet av västra delen av delområde Laxemar</b>	
KLX11A	Fokuseringen mot den södra delen av delområde Laxemar innebär behov av ett djupt kärnborrhål i den västra delen där det ännu inte finns några borrhålsdata från djupet. Ett 700–1 000 m subvertikalt kärnborrhål planeras, huvudsakligen för att bekräfta bergmassan (kvartsmonzodiorit) mot djupet. Borrplats KLX11 planeras för att om möjligt också kunna användas för andra syften, till exempel undersöka zonen NS001.
<b>Karakterisering och verifiering av större deformationszoner</b>	
	6–7 stycken medellånga kärnborrhål planeras för att verifiera och karakterisera det urval av större, främst lokala, deformationszoner som enligt avsnitt 3.1.3 ska undersökas. Planerad längd för flertalet av dessa borrhål är mellan 300 och 400 m. Detaljplanering av borrhålen görs i samråd med platsmodellering och projektering. I vissa fall hammarborras ett hål i närheten av kärnborrhålet. Interferenstester skall i de flesta fall genomföras när alla kärnborrhål och hammarborrhål borrats för att bekräfta och karakterisera den specifika zonen. Några av borrhålen utförs med teleskopdel, medan andra borras utan, främst beroende på om pumpstester ska utföras eller på hydromonitoringens omfattning.
<b>Karakterisering av lokala mindre deformationszoner</b>	
	För att karakterisera mönster och vattenförande egenskaper för lokala mindre deformationszoner inom området borras cirka 20 korta kärnborrhål (10–100 m, utan teleskopdel).
<b>Underlag för DFN-modelleringen</b>	
Vid borrhålsplatserna KLX09 och KLX11	Ett 10-tal cirka 100 m djupa kärnborrhål planeras specifikt för att ge lämpligt underlag för DFN-modelleringen. Dessa genomförs dels kring borrhålsplats KLX09 (i ävrögranit) och dels vid borrhålsplats KLX11 (i kvartsmonzodiorit). Börningarna kompletteras med detaljerade sprickarteringar och hydrauliska tester. Hålen borras utan teleskopdel och planeras i samråd med platsmodellering.
<b>Karakterisering och verifiering av bergvolymen för deponeringsområden</b>	
Södra och västra delen av Laxemar	Två till tre medellånga kärnborrhål borras för att bekräfta de bergvolymen som bedöms vara lämpliga som deponeringsområden mellan de större deformationszonerna. Flertalet av dessa bör således borras ner till planerat förvarsdjup eller strax därunder, varför borrlängden planeras till mellan 500 och 600 m. Inriktningen är att samtliga dessa borrhål borras inom den södra och västra delen av delområde Laxemar. Ett planeras att borras från borrhålsplats KLX05 och utgör huvudalternativ för bergspänningsmätningar. Detaljplaneringen av dessa borrhål görs i samråd med platsmodellering och projektering.
<b>Karakterisering och verifiering av bergvolymen för centralområde, schakt och ramp</b>	
	Ett par kärnborrhål borras för att ge erforderligt underlag för karakterisering av centralområde, schakt och ramp. Ett hål borras för alternativ "Centralt", strax söder om EW007 och ett hål borras för alternativ "Väst". Hålen planeras bli 500–600 m.

## **3.2 Ytsystem**

### **3.2.1 Syfte**

Undersökningarna av de ytliga systemen har flera avnämare och syften. Syftena beskrivs i de ämnesvisa strategirapporter för platsbeskrivningarna som togs fram 2003 och i ett antal andra rapporter /Lindborg och Kautsky 2000, Lögren och Lindborg 2003/. Nedan följer en kort sammanfattning.

#### ***Säkerhetsanalys***

En stor del av programmet syftar till att ge säkerhetsanalytikerna den förståelse som krävs för att kunna bygga modeller och motivera de antaganden som görs. En del av datainsamlingen används direkt i modelleringen, en del efter bearbetning antingen via platsbeskrivning eller i säkerhetsanalysen. Enligt de beräkningar som redovisas i interimrapporten för säkerhetsanalysen SR-Can /SKB 2004/ är framför allt lågpunkter i terrängen (det vill säga våtmarker, sjöar, havet) av stort intresse eftersom sådana områden kan utgöra utströmningsområden för djupt grundvatten.

#### ***Miljökonsekvensbeskrivning***

För att kunna utreda de frågor som ska behandlas i miljökonsekvensbeskrivningarna behövs kunskap om platsens egenskaper, karaktär och förutsättningar, samt natur- och kulturmiljövärden. Undersökningarna av de ytliga systemen tillgodoser i stor utsträckning dessa behov. Kompletterande underlag rörande till exempel hälso- och boendemiljöfrågor samt bedömningar av natur- och kulturmiljövärden tas fram inom ramen för MKB-arbetet. Ytterligare undersökningsinsatser kan bli aktuella, om det kommer upp frågor i MKB-processen, som medför behov av specialstudier som inte är medtagna i detta program.

#### ***Miljöstyrning under platsundersökningarna***

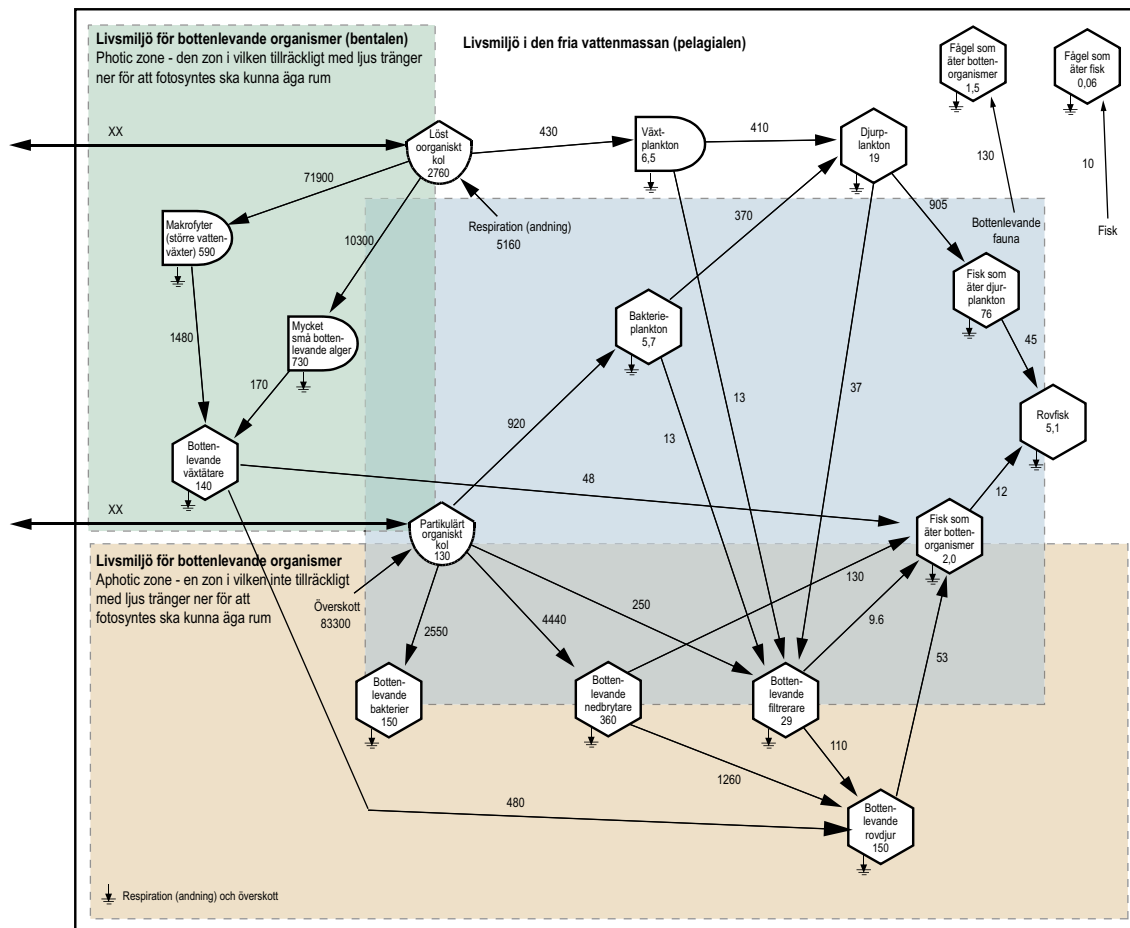
För att påverkan av platsundersökningen ska kunna beskrivas och eventuella effekter minimeras behövs kunskap om var känsliga arter och biotoper finns. Denna kunskap, tillsammans med uppgifter om pågående och planerad markanvändning samt skyddade och värdefulla områden, behövs också för miljöutredningar och bedömning av konsekvenser för miljö och hälsa vid byggande och drift av slutförvaret på den valda platsen. Se bilaga B.

#### ***Platsbeskrivande modeller för ytsystem***

De platsbeskrivande modellerna för ytsystemen /Lindborg 2005, 2006/ sammanfattar data från platsundersökningen i form av ämnesspecifika modeller (hydrologi, oceanografi etc) och systemekologiska modeller, se figur 3-3. Denna sammanställning av data används sedan som underlag för arbetet med säkerhetsanalysen och miljökonsekvensbeskrivningen.

### **3.2.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar**

Under den inledande etappen av platsundersökningen koncentrerades undersökningarna till att ta fram underlag till rumsliga modeller över ekosystemen i det regionala och lokala modellområdet. En stor del av kartläggningen av ekosystemen är nu genomförd och beskrivs i det pågående arbetet med platsbeskrivningen av de ytnära ekosystemen /Lindborg 2005, 2006/.

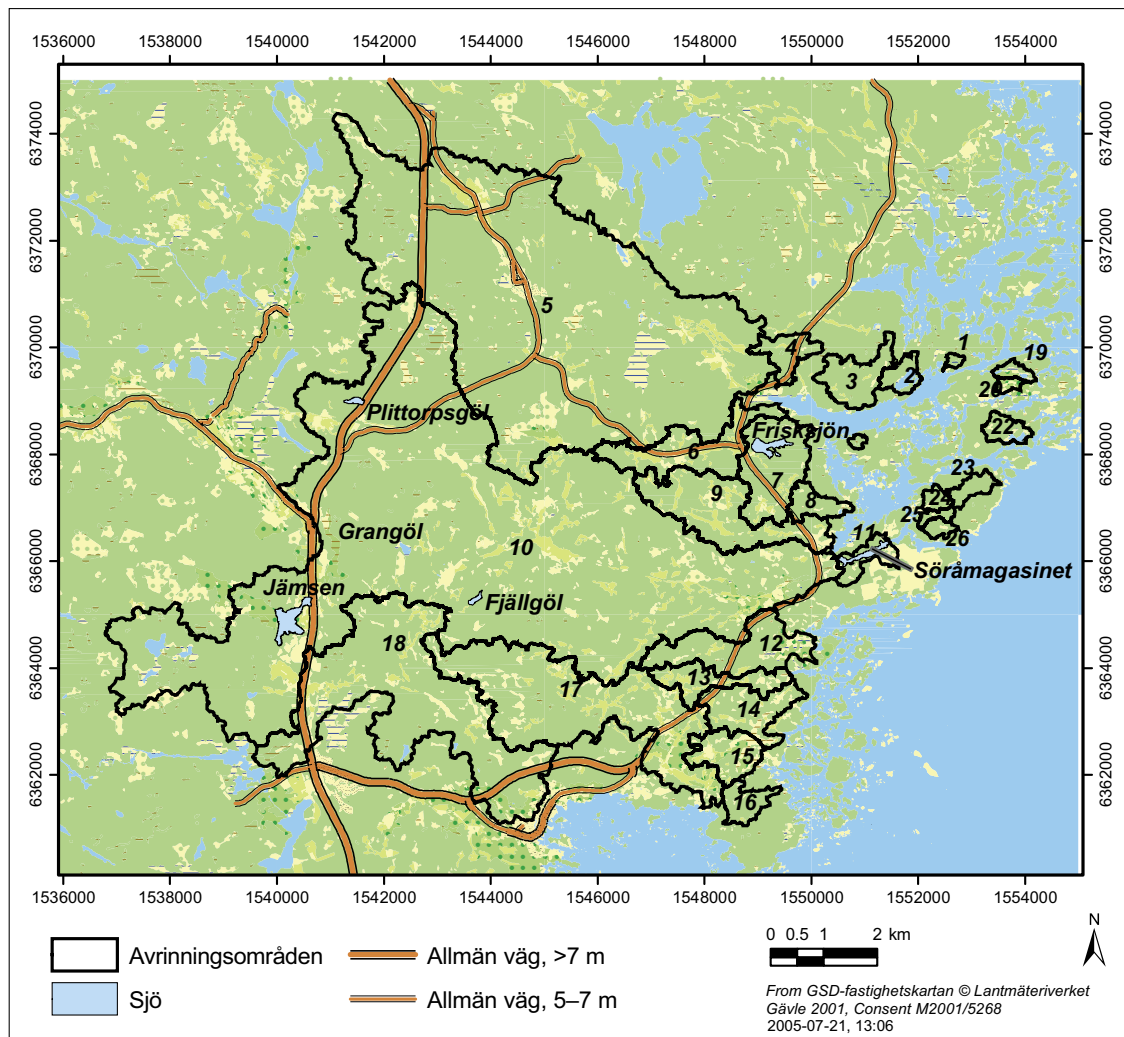


**Figur 3-3.** Exempel på systemekologisk modell med kolbudget och flöden ( $10^4$  g C per år) i Borholmsfjärden /Lindborg 2005/.

Beskrivningen av de ytnära ekosystemen är uppdelade i beskrivningar av avlagringar, hydrologi, kemi och oceanografi samt de olika ekosystemen (terrestert, limniskt och marint). Samtliga delar beskrivs integrerat i en landskapsmodell. Modellerna beskriver flödet av materia (kol) och vatten inom och mellan systemen.

Den större delen av allt ytvatten, och därmed en stor del av transporten av ämnen i landskapet sker i ett avrinningsområde, område 10, Laxemarsåns avrinningsområde (se kartan i figur 3-4) med Borholmsfjärden som recipient. En mindre del sker till Frisksjön vars recipient är Granholmsfjärden /Brunberg et al. 2004, Lindborg 2005/.

Den **terrestra ekosystemmodellen** beskriver flöden och förråd av kol i landskapet och innefattar även våtmarker. De viktigaste beståndsdelarna i modellen utgörs av vegetationen, som binder kol via fotosyntes, och marken där nedbrytning och inlagring av kol sker. Djur och människan ingår också, men deras betydelse som konsumenter av organiskt material är liten jämfört med övriga flöden i det terrestra ekosystemet. Kol ackumuleras i de flesta vegetationstyper på land i platsundersökningsområdet. Ett undantag är kalhyggen och yngre skogar, som avger mer kol än vad som binds. Den största inlagringen sker i vegetation, men en icke försumbar del lagras också i marken. Den mesta inlagringen i marken sker i våtmarker där en hög grundvattennivå bidrar till att hämma nedbrytningen. Nedbrytningen är det näst största kolflödet, efter primärproduktion. En del kompletterande undersökningar kommer att göras för att bestämma storleken på nedbrytningen i framförallt våtmarker.



*Figur 3-4. Avrinningsområden inom delområde Laxemar med omgivningar /Lindborg 2006/.*

Den **limniska ekosystemmodellen** beskriver kol och vattenbudgeten för sjön Frisksjön. De största flödena av kol in till och ut från sjön sker genom primärproduktion och respiration. På årsbasis är sjön en kolsänka då en större mängd kol avgår som respiration än den mängd som lagras in i primärproduktionen. Nästan en tredjedel av den kolmängd som kommer in via avrinning sedimenterar.

Den **marina ekosystemmodellen** beskriver ett antal olika bassänger med stora skillnader i hur kol är bundet och flödar genom systemet. De inre bassängerna är dominerade av primärproducenter, främst makrofyter som binder stora mängder kol som antingen sedimenterar eller transporteras till de yttre bassängerna. I de yttre bassängerna påverkar vattenomsättningen (oceanografiska flöden) till stor del flödena av kol men de filtrerande organismerna på de grunda kustbottenarna står också för en stor del av omsättningen av kol. Bentisk produktion (inlagringen av kol i bottenlevande organismer) i de inre bassängerna är i den platsbeskrivande modellen Laxemar 1.2 beräknad utifrån både platsspecifika och generiska data. På grund av deras stora betydelse för systemet, pågår för närvarande fältmätningar för att bekräfta de beräknade värdena. En stor del av kolet i systemet förväntas också sedimentera. Fältundersökningar för att bekräfta detta kommer att genomföras under 2006.

### **3.2.3 Utförda undersökningar**

Under den inledande platsundersökningen har kartläggning av ytsystemens egenskaper genomförts inom följande områden.

#### **Avlagringar**

- Jordmånsinventering /Lundin et al. 2004/.
- Sedimentprovtagning i torv-/våtmarker, sjöar och grunda havsvikar /Nilsson 2004/.

Se även undersökningar som presenteras i avsnitt 3.3 geologi.

#### **Topografi, hydrologi, oceanografi och ytkemi**

- Vattendrag och avrinningsområden /Carlsson et al. 2005/.
- Områdets sjöar och habitat i dessa /Brunberg et al. 2004/.
- Kemiska och fysikaliska parametrar i ytvatten /bl a Ericsson och Engdahl 2004a/.
- Detaljerad sjömätning i grunda kustområdet /Ingvarsson et al. 2004/.
- Oceanografiska mätningar i kustområdet /Lindow 2005/.

Se även undersökningar som presenteras i avsnitt 3.6 Hydrogeologi och 3.7 Hydrogeokemi.

#### **Terrester biota**

- Vegetationskarta /Boresjö-Bronge och Wester 2003/.
- Dominerande växtarter samt deras biomassa /Andersson 2004/.
- Mängden död ved /Andersson 2005/.
- Produktions- och respirationsmätningar /Tagesson 2004/.
- Nyckelbiotoper /Sturesson 2003/.
- Vilt /Cederlund et al. 2005/.
- Däggdjur /Cederlund et al. 2004/.
- Smågnagare (sorkar och möss) /Cederlund et al. 2005/.
- Fåglar /Green 2003, 2004, 2005/.
- Grod- och kräldjur /Andrén 2004/.
- Däggdjur /Tannerfeldt och Thiel 2004/.
- Fladdermöss /Ignell 2004/.

#### **Marin och limnisk biota,**

- Phyto- och zooplankton /Sundberg et al. 2004/.
- Provfiske i sjöar /Engdahl och Ericsson 2004/.
- Bottenfauna i sjöar och vattendrag /Ericsson och Engdahl 2004b/.
- Bottenfauna i havet /Fredriksson 2004, 2005a/.
- Populationsuppskattning av fisk i hav /Enderlein 2005/.
- Kartläggning av undervattensvegetation i grunda havsvikar/Fredriksson och Tobiasson 2003/.

### 3.2.4 Pågående undersökningar

Inom vissa områden har kompletterande undersökningar initierats. För närvarande pågår undersökning av:

- Mängden nedfallande förna och dess nedbrytningshastighet.
- Kvantifiering av finrötternas kvantitet och utbredning.
- Produktions- och respirationsmätningar i akvatiska miljöer.
- Karakterisering med avseende på grundämnen och radionuklider i olika media såsom, sediment från sjö och hav, torv- och våtmarker, de olika jordtyperna samt vegetation.
- Typiska jordmånens utsträckning, kemiska sammansättning, olika övergångar samt rotdjup i ett antal typprofiler inom området.
- Beståndsuppskattning av fisk i kustnära områden.

### 3.2.5 Viktiga frågor som återstår att besvara

Återstoden av platsundersökningen omfattar främst komplettering av befintlig information om ytsystemen såsom analyser av den kemiska sammansättningen i avlagringar och biota, fortsatta processmätningar samt kompletterande kartläggning av våtmarkernas egenskaper. Därutöver kan ytterligare väsentliga frågor komma att identifieras i arbetet med platsmodellerna och miljökonsekvensbeskrivningen.

#### ***Avlagringar, hydrologi***

Inom modelleringar och beskrivningar av ytsystemen har speciellt intresse ägnats åt sjöar, våtmarker och jordbruksmark eftersom dessa generellt anses vara utströmningsområden och därmed potentiella recipienter för djupt grundvatten. I Oskarshamnsområdet används många våtmarker idag som jordbruksmark och är därför av speciellt intresse för säkerhetsanalysen. Till viss del har våtmarkerna i Oskarshamn redan undersökts. Exempelvis har lagerföljder kartlagts på ett antal typiska torv- och våtmarker (se figur 3-5). Den insamlade informationen behöver kompletteras med mer detaljerad information avseende hur de bildats samt de olika lagrens hydrologiska egenskaper. Därför planeras kompletterande undersökningar, som troligen genomförs i en eller ett par för området karakteristiska våtmarker. För att kunna beskriva den framtida landskapsutvecklingen behövs också mer detaljerad kunskap om erosion och avsättning av sediment i havsvikar och sjöar. En undersökning planeras därför för att kvantifiera sedimentationshastigheten från deglaciationen och fram till idag. Den marina beskrivningen i platsmodell Laxemar 2.1 /Lindborg 2006/ visar på ett stort överskott av kol i vissa delar av området. Troligen sedimenterar en större del av det producerade biomassan än den beräknade. Kunskap om den faktiska sedimentationen är därför nödvändig även för att kunna göra en bättre beskrivning av de marina systemen.

Hydrologiska frågeställningar berörs ytterligare i avsnitt 3.6 och 3.10.2.

#### ***Terrester biota***

Kunskapen om den terrestra biotan i området används som indata till flera olika beskrivande modeller, till exempel den terrestra ekosystemmodellen och säkerhetsanalysens landskapsmodell. Idag finns, trots omfattande undersökningar, en del luckor i kunskapsläget för delområde Simpevarp. Hur stor är våtmarkernas betydelse för de terrestra systemens kolflöden och hur har successionen av vegetation och jordmån i området gått till? Bioturbation har stor betydelse för omfördelning, nedbrytning och transport av organiskt material i marken.



*Figur 3-5. Sand/siltlager på 280–300 cm djup i en av de undersökta våtmarkerna inom området /Nilsson 2004/.*

Den kan variera en hel del mellan jordmåner beroende på mängden bioturberande fauna men ingen platsspecifik kunskap finns idag.

### **Limnisk och marin biota**

De viktiga funktionella grupperna i ekosystemen är kvantifierade, men kunskap om vattendragens betydelse för fiskvandring och vilka arter som förekommer saknas. En undersökning kommer därför att genomföras 2006. Kunskapen kommer att användas för beskrivning av miljökonsekvenser vid förvarsbygget och visa på betydelsen av fisk för transport av ämnen i de akvatiska ekosystemen.

### **Ytkemi**

Arbetet med säkerhetsanalysen behöver kunskap om hur grundämnena är fördelade i ytsystemen, både i avlagringar och i biota. Ytsystemens kemiska sammansättning används för att beskriva deras komponenter stökiometriskt och därigenom flödesvägar för olika ämnen (både makroämnen och spårämnen).

## **3.2.6 Undersökningsprogram**

### **Avlagringar**

Informationen om lagerföljd och de olika lagrens jordarter och karaktär på torv- och våtmarker kommer att kompletteras.

## **Sedimentationshastighet**

Sedimentationshastigheter i sjöar och havsvikar samt tillväxt av torv i våtmarkerna ska kvantifieras. Detta sker genom att datera de olika jordlagren. Framför allt kommer kol-14-metoden att tillämpas men även andra absoluta dateringsmetoder, till exempel cesium- eller blydateringar, kan komma att användas. För att göra dessa dateringar kommer i stor utsträckning redan provtaget material att användas.

## **Stratigrafi och kemiska/fysikaliska egenskaper i våtmarker och jordbruksmark**

För att beskriva stratigrafi och jordarnas egenskaper (till exempel porositet, sorptions-egenskaper, kemisk sammansättning) kommer jordprover att tas ur profiler, då tidigare referensprover inte räcker. Jordbruksmark och våtmarker kommer att väljas ut, framförallt i Laxemaråns dalgång och i avrinningsområde 5, 6 och 9, se figur 3-4 /Brunberg et al. 2004/.

## **Beskrivning av den historiska landskapsutvecklingen**

Analyser av pollen och mikrofossil i våtmarker kommer att utföras. Resultat från pollenanalyser ger en bild av den terrestra postglaciala vegetationsutvecklingen i området. Resultaten från sådana undersökningar kommer också användas för att modellera den framtida vegetationsutvecklingen i området. De sedimentkärnor som tidigare provtagits i sjöar, våtmarker och havsvikar kan eventuellt användas för att göra sådana analyser. Prover från de utströmningsområden (våtmarker, jordbruksmark och havsvikar) som identifierats i de hydrogeologiska modelleringarna kommer att analyseras.

## **Klimat och hydrologi**

Programmet beskrivs i avsnitt 3.6 Hydrogeologi och 3.10 Långtidsobservationer.

## **Ytkemi**

Analyser av material från avlagringar och terrester vegetation (inklusive finrötter) analyseras under 2005–2006 med avseende på sin sammansättning av grundämnen, oxider, miljögifter och radionuklider, se sammanställning i bilaga A.

## **Analyser av grundämnen och radionuklider i biota**

Som komplement till dessa analyser kommer den kemiska sammansättningen i olika funktionella grupper i ekosystemen att utföras, dels på redan insamlade prover av till exempel fisk och smågnagare men också på prover som kommer att samlas in under år 2006. Prover från de funktionella grupperna bestäms utifrån deras betydelse för materialtransport och representerar olika trofiska nivåer i respektive ekosystem och gruppernas betydelse som föda för människan. Följande prover planeras att representera respektive ekosystem:

- Terrester biota: Gnagare, rådjur, älg.
- Limnisk biota: Bentiska detritivorer, fisk.
- Marin biota: Makrofyter, bentiska detritivorer, bentiska filtrerare, fisk.

I avsnitt 3.10.3 beskrivs övriga ytvattenkemiska undersökningar.



## **Terrester biota**

### **Beskrivning av storskaliga successionsmönster**

Över längre tidsperioder, bland annat i samband med landhöjningen, sker en succession (förändring) av vegetation och jordmåner. För att kunna beskriva successionen kommer studier att utföras utmed räta linjer från kusten och inåt land. Förändringar i frekvensen och utbredning av till exempel skogs- (tall, gran, löv, blandskog) och våtmarkstyper (torvbildande, minerogena) kommer att studeras med hjälp av av kartor och ett antal fältbesök under våren och sommaren 2006.

### **Verifiering av vegetationskartan**

Vegetationskartan över delområde Simpevarp har idag en central roll för beskrivningen av många egenskaper inom det regionala modellområdet, till exempel jordmånskartan, kolhalter i marken, trädslagsfördelning, våtmarkstyper etc. Vegetationskartans förmåga att korrekt beskriva dessa egenskaper behöver därför verifieras. Detta görs genom att man studerar – systematiskt eller slumpmässigt – valda platser, som fördelar sig på ett antal klasser i vegetationskartan. Därefter görs fältbesök där ett antal i förväg utvalda egenskaper beskrivs. Se /Alling et al. 2004/ för en utförligare metodbeskrivning. Preliminärt val av vegetationstransekter redovisas i figur 3-6.

### **Respirations- och produktionsmätningar på våtmarker**

CO<sub>2</sub>-utbytet från marken till atmosfären ger ett mått på hur stor produktionen i fältskiktet samt den samlade autotrofa och heterotrofa respirationen i och under marken är. Replikerade mätningar med hjälp av en infraröd gasmätare (EGM-4) och en sluten kammare kommer att utföras på två till fyra öppna våtmarker samt ett alkärr (en våtmark och alkärret från /Löfgren 2005/). På varje lokal (se figur 3-6, vegetationsundersökning på våtmark) och vid varje mättillfälle görs åtta mätningar på permanenta rutor. Mätningarna beräknas komma igång kring årsskiftet och löpa under ett år med totalt cirka 12–14 mättillfällen. För utförligare beskrivning av metodik etc se /Tagesson 2005/.

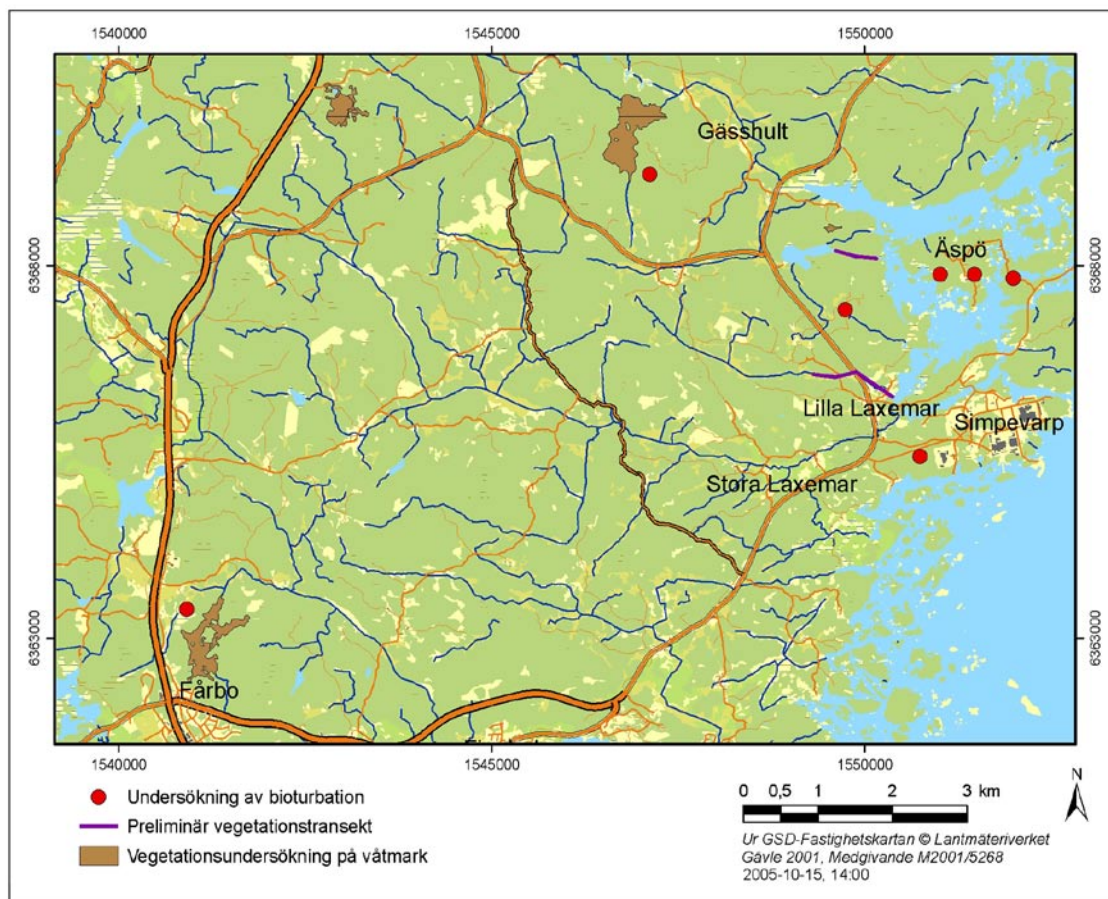
### **Kvantifiering och beskrivning av bioturbation för ett antal vegetationstyper**

Den bioturberande faunan är främst knuten till mer eller mindre väl-dränerade vegetationstyper där grundvattenytan inte är i nivå med markytan under någon del av året. Kvantifiering av den bioturberande faunan kommer därför att göras i granskog, lövskog, tallskog, gräsmark och åker företrädesvis på samma lokaler som användes i /Löfgren 2005/. Studien utförs under sommarhalvåret 2006. Planerade lokaler redovisas i figur 3-6.

## **Limnisk och marin biota**

### **Provfiske i vattendrag**

Provfiske kommer att utföras under sommaren 2006 på tre platser i Laxemarån och på två platser i Ekerumbäcken. Den elfiske-metod som kommer att användas beskrivs i handbok för miljöövervakning /Naturvårdsverket 2005/. Eventuellt kommer undersökningen att kompletteras med annan provfiske-metod för att kvantifiera stora vårvandringar av fisk i Laxemarsån.



**Figur 3-6.** Planerade lokaler för undersökning av bioturbation och vegetationsundersökning på våtmarker samt preliminära vegetationstransekter.

### 3.3 Geologi

#### 3.3.1 Syfte och mål

Syftet med de geologiska undersökningarna under den inledande fasen av platsundersökningen i Oskarshamn har varit dels att nå en konceptuell förståelse i regional skala av både berggrunden (bergarter och deformationszoner) och de kvartära avlagringarna inom undersökningsområdet, dels att få ett tillförlitligt underlag för en fokusering av de fortsatta undersökningarna. Arbetet har bedrivits efter två huvudlinjer: 1) detaljerad undersökning av bergarternas och jordlagrens utbredning på ytan och 2) karakterisering av bergvolymen ner till cirka 1 000 m djup med hjälp av kärn- och hammarborrhål. Åtta strategiskt placerade kärnborrhål (så kallat teleskopborrhål) till cirka 1 000 m djup, och 34 hammarborrhål med djup till cirka 200 m har borrats i delområdet Laxemar (inklusive de som tidigare borrades inom Äspölaboratoriets förundersökningsprogram) för att undersöka egenskaperna hos bergvolymen inom kandidatområdet samt dokumentera förekomsten av deformationszoner. Spröda deformationszoner av olika storlek är en nyckelfråga för platsbeskrivningen eftersom de kan leda grundvatten och har avgörande betydelse för hur ett eventuellt slutförvar på platsen kan utformas.

De kvartära avlagringarna utgör en central del av gränsskiktet mellan geosfär och biosfär, det så kallade geosfär-biosfärinterfacet. Genom de kvartära avlagringarna transporteras en stor del av det ytliga grundvattnet, och kunskapen om den tredimensionella utbredningen av de olika jordarterna är därför väsentlig för den ydrologiska modelleringen. Utbredningen och egenskaperna hos jordarterna har även betydelse för retentionstiden för radionuklider.

Alla geologiska data som hittills har samlats in har analyserats eller befinner sig under analys. Analyserade och bearbetade data utgör underlag för de platsbeskrivande modellerna Simpevarp 1.2 /SKB 2005b/ och Laxemar 1.2 /SKB 2006/. Den platsbeskrivande geologiska modellen Laxemar 1.2 är klar och rapporten är under färdigställande /Wahlgren et al. 2006/. De geologiska platsmodellerna ligger till grund för bergmekanisk, termisk, hydrologisk, hydrogeologisk och hydrogeokemisk modellering, liksom för modellering av bergets transportegenskaper. Därmed utgör de geologiska platsmodellerna även fundamentet för analysen av den långsiktiga säkerheten och för utformningen av slutförvarets berganläggningar.

### **3.3.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar**

#### ***Berggrundsgeologi***

En berggrundskarta över delområde Laxemar med omgivningar upprättades hösten 2004, se figur 2-2 i avsnitt 2.2. Kartan har sammanställts med hjälp av en stor mängd fältobservationer /Nilsson et al. 2004/ och analysdata från prover som främst har insamlats under fältaktiviteterna /Wahlgren et al. 2005/. Vid sammanställningen har tolkningen av flygmätta geofysiska data integrerats med berggrundsgeologiska fältdata och analysdata. Berggrundskartan över delområde Laxemar har sammanfogats med motsvarande för delområde Simpevarp /Wahlgren et al. 2004/, vilket innebär att en sammanhängande berggrundskarta nu existerar över delområdena Simpevarp och Laxemar.

Det dataunderlag som beskriver de olika bergarternas egenskaper inom delområde Laxemar härrör huvudsakligen från mineralogiska, geokemiska, petrofysiska och geokronologiska analyser /Mattsson et al. 2004c, Wahlgren et al. 2005/. Delområde Laxemar domineras av den porfyriska ävrögraniten vilken uppvisar en variation i sammansättningen mellan huvudsakligen granit och kvartsmonzodiorit. Tillgängliga analyser indikerar att ävrögraniten i den centrala delen av Laxemar domineras av granitiska till granodioritiska varianter, medan de perifera delarna domineras av ävrögranit med kvartsmonzodioritisk sammansättning.

Den södra och sydvästra delen av delområdet domineras av kvartsmonzodiorit. Diorit till gabbro förekommer som inneslutningar/enklaver och mindre kroppar, framförallt längs kontakten mellan ävrögraniten och kvartsmonzodioriten i södra delen av delområde Laxemar.

Gångar av fin- till medelkornig granit samt pegmatit utgör de dominerande underordnade bergarterna. Både de granitiska och pegmatitiska gångarna uppvisar en dominerande nordostlig strykning, men stupningen varierar relativt kraftigt.

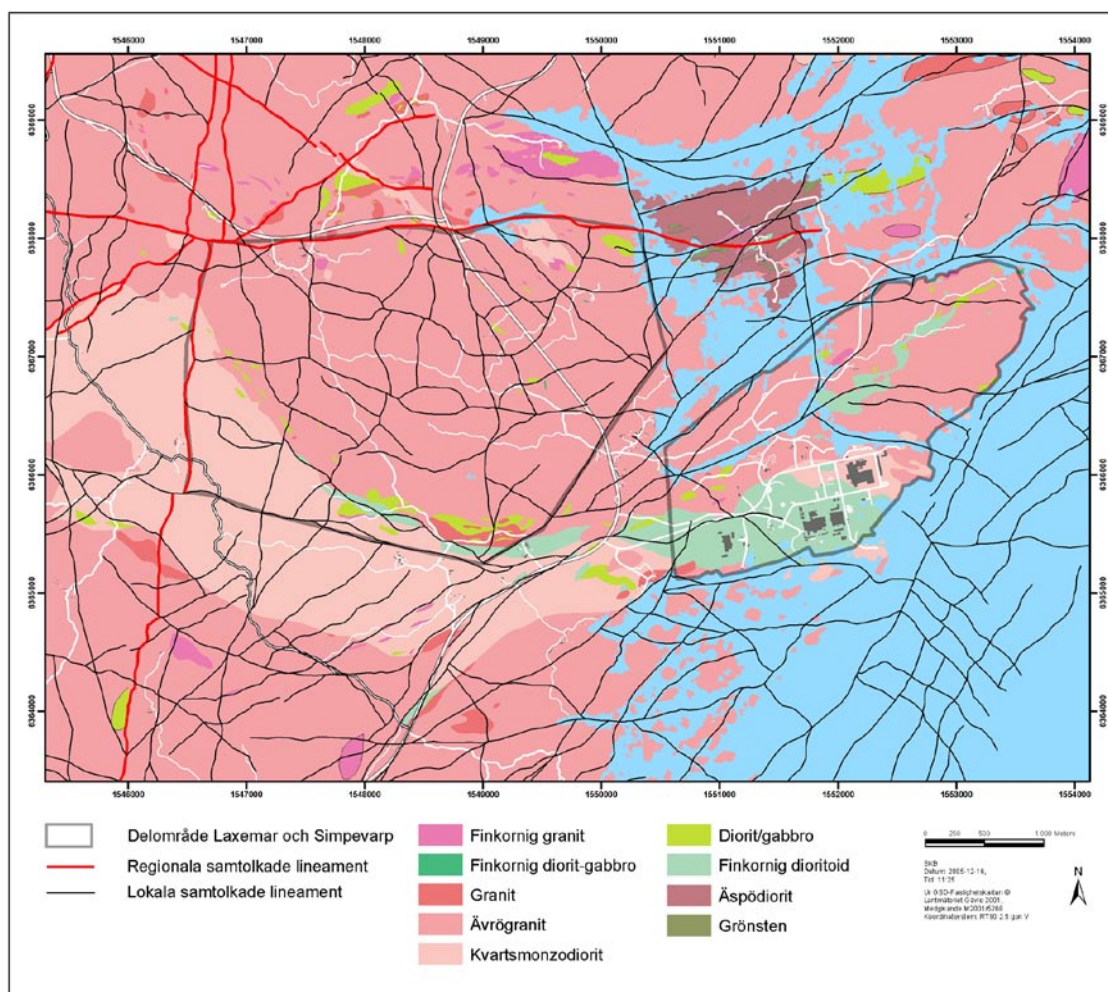
Berggrunden inom delområde Laxemar och dess närmaste omgivningar är strukturellt välbevarad. En vanligtvis svagt utbildad foliation med en öst-västlig till nordvästlig strykning och en varierande stupning förekommer emellertid ställvis.

I samband med berggrundskarteringen inom delområde Simpevarp togs prover för åldersdatering (U-Pb-zirkon och -titanit datering). Ävrögraniten daterades till  $1\,800 \pm 4$  miljoner år och kvartsmonzodioriten till  $1\,802 \pm 4$  miljoner år. Resultaten bekräftar tidigare erhållna dateringsresultat från området /Wikman och Kornfält 1995/.

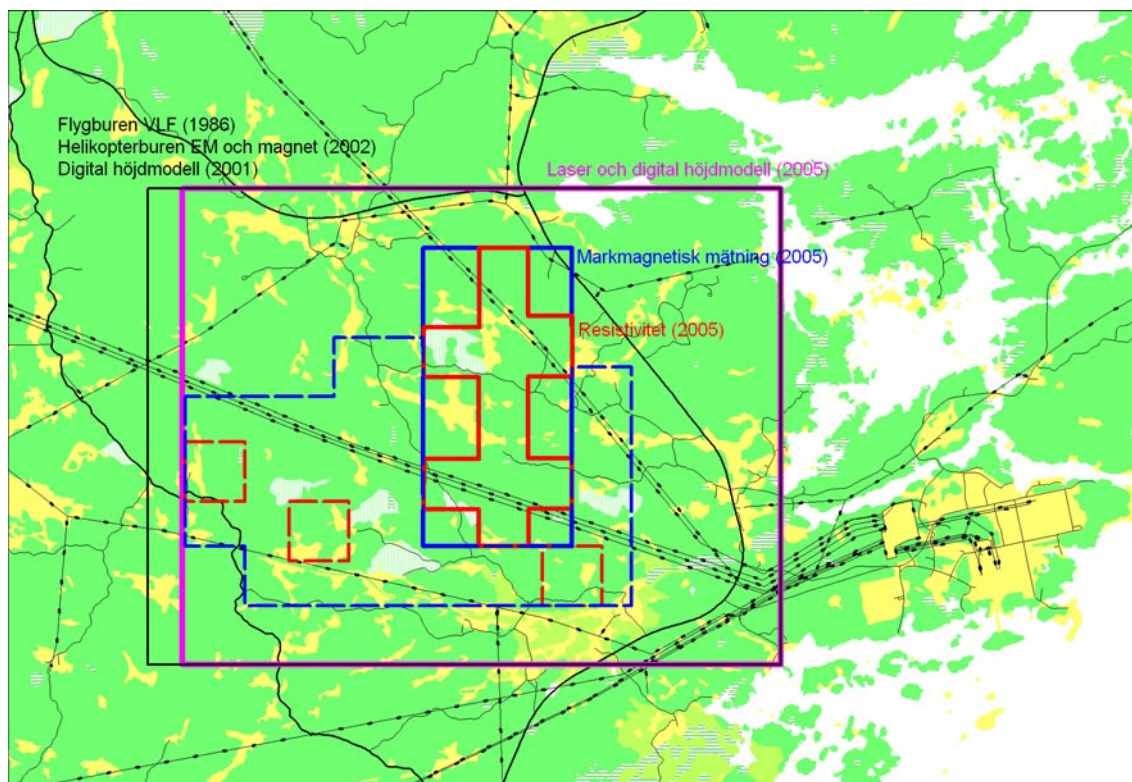
I området mellan delområdena Laxemar och Simpevarp förekommer en hög frekvens av mesoskopiska, låggradiga plastiska skjuvzoner med nordostlig strykning och subvertikal till vertikal stupning. Dessa skjuvzoner definierar två grenar av den så kallade Äspöskjувzonen, vilka även har modellerats som två separata bergdomäner i den geologiska modellen Laxemar 1.2, vilket framgår av figur 2-1. Spridda skjувzoner av liknande karaktär förekommer även inom den övriga delen av delområde Laxemar, fast i avsevärt mindre omfattning.

I ett integrerat arbete inom ämnesområdet geofysik har en tvådimensionell modell av förekomsten av lineament /Triumf 2004/ i undersökningsområdet skapats genom att utnyttja flyggeofysiska, topografiska och batymetriska data samt resultat från äldre refraktionsseismiska mätningar, se figur 3-7. En alternativ identifiering av lineament, baserat på samma underlagsmaterial har också utförts av den finska geologiska undersökningen (GTK), och resulterade huvudsakligen i samma tolkningsresultat. Lineamentskartan utgör, främst tillsammans med markgeofysiska undersökningar och borrhålsundersökningar, ett väsentligt underlag för fastställande och modellering av områdets deformationszoner, av vilka ett urval presenteras i figur 2-15.

Under våren 2005 genomfördes högupplösande flygfotografering och detaljerad laser-skanning med syftet att skapa en detaljerad höjdmodell i en skala som är lämplig för att kunna identifiera lokala mindre deformationszoner, se figur 3-8. Vidare genomfördes ett detaljerat markgeofysiskt mätprogram över cirka 2 km<sup>2</sup> av delområde Laxemar, se avsnitt 3.4.2. En preliminär samtolkning av data från dessa båda undersökningar på valda kontrollrutor och fältkontroller visar att dessa mindre deformationszoner uppvisade ett enhetligt mönster (frekvens och orienteringar) över hela delområdet. Kunskapen om dessa strukturer behöver dock ökas ytterligare eftersom de till stor del styr bergmassans vattenförande mönster. Fortsatta insatser kommer att koncentreras till det fokuserade området, det vill säga till den södra och västra delen av delområde Laxemar.



**Figur 3-7.** Lineamentskarta över undersökningsområdet i Oskarshamn.

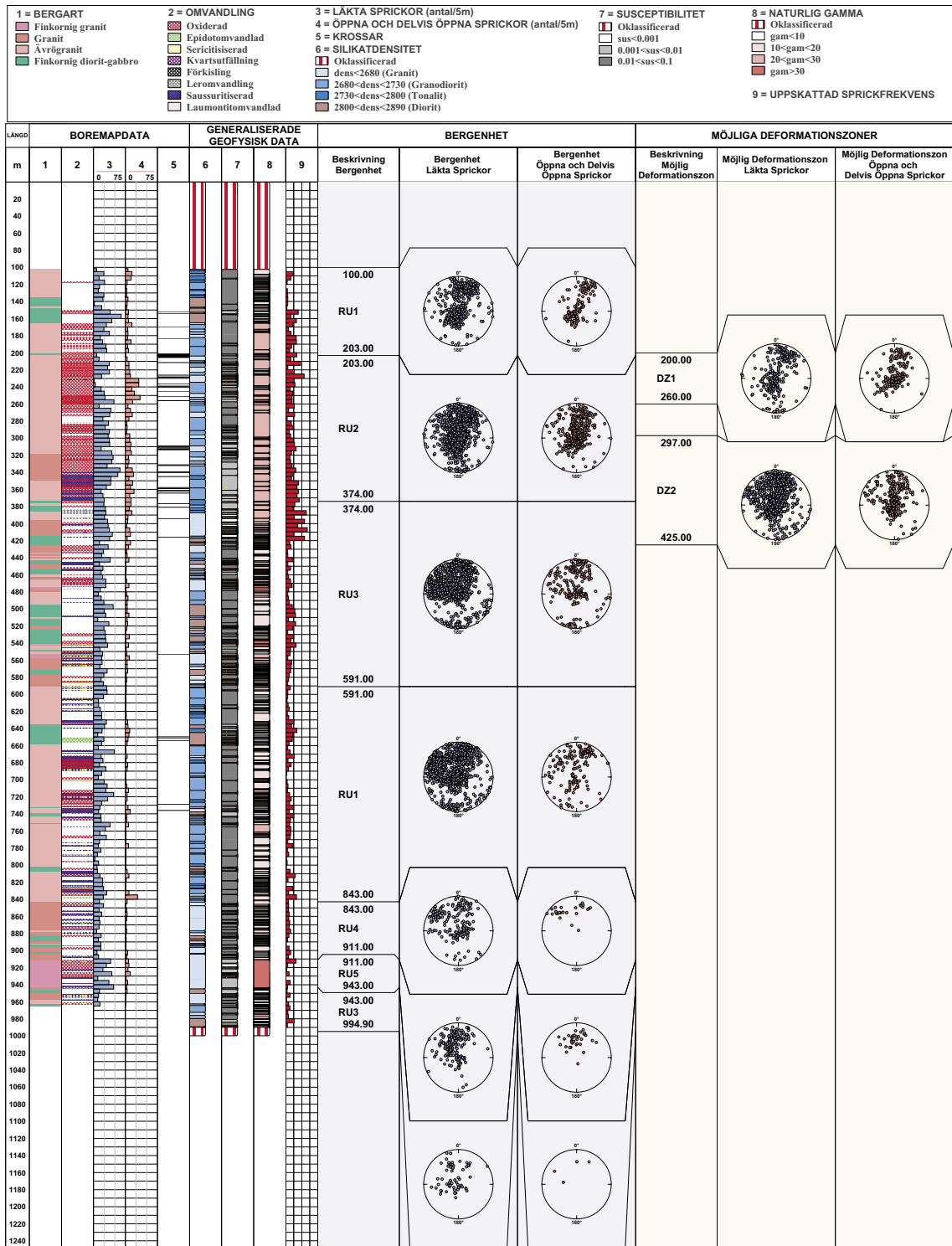


**Figur 3-8.** Område som under våren 2005 undersökts med högupplösande flygfotografering och detaljerad laserskanning samt detaljerad markgeofysik för att kunna identifiera lokala mindre deformationszoner. Våren 2006 planeras nya mätningar. Blå streckad linje visar nya magnetmätningar och röd streckad linje visar nya resistivitetsmätningar.

Detaljerad sprickkartering har utförts på sju platser varav tre inom delområde Laxemar (två av dessa är borrhållsplatser) och fyra inom delområde Simpevarp (varav en är borrhållsplats). Platserna har en regional spridning och representerar de tre dominerande bergarterna i undersökningsområdet. Vidare har linjekartering av sprickor utförts på 24 platser i delområdet Laxemar och på 16 platser i delområdet Simpevarp. Alla borrhållsplatser och hammarborrhåll har karterats i detalj med avseende på bergarter, omvandlingar och sprickor. Resultaten från sprickkarteringen i borrhållena, tillsammans med sprickdata från ytan, används för att bygga upp en spricknätverksmodell (DFN-modell) för hela bergvolymen /Hermansson et al. 2005/.

DFN-modellen beskriver sprickornas längdfördelning, orientering och intensitet i tre dimensioner och utgör underlag för främst hydrogeologiska modeller av bergmassans vattengenomsläpplighet. Speciellt kunskapen om längdfördelning och intensitet är kritiska för förståelsen och kan förstärkas genom detaljerade studier mellan håll och närliggande, lutande borrhåll.

Geologisk enhållstolkning har utförts av varje enskilt kärnborrhåll och hammarborrhåll /t ex Hultgren et al. 2004/ med data från kärnkartering /t ex Ehrenborg och Stejskal 2004/, geofysisk borrhållsloggning /t ex Nielsen och Ringgaard 2004/ inklusive BIPS- (borrhålls-video) och radarloggning /t ex Gustafsson och Gustafsson 2004/ som underlag. Syftet med enhållstolkningen är att genom samtolkning av befintliga mätdata fastställa läget i djupled av litologiska huvudenheter och möjliga deformationszoner, se figur 3-9. Enhållstolkningarna bildar underlag för den tredimensionella modelleringen av bergdomäner och deformationszoner i undersökningsområdet.



Figur 3-9. Enhålstolkning av borrhål KLX06.

Borringarna och analyser av tillhörande borrhålsundersökningar har verifierat att berggrundens karaktär på 1 000 m djup motsvarar det vi ser på ytan. De har också verifierat en del av de framtolkade deformationszonerna, till exempel Mederhults zonen (EW002). Borrhål KLX06 skär igenom nämnda zon på ett djup av 300–400 m vilket ger zonen en stupning på cirka 65° mot söder. Ett flertal hammarborrhål har borrats genom den östvästliga deformationszon (EW007), som skär igenom den centrala delen av Laxemar, samt genom den södra randzonen (EW042) och genom vissa av de nord-sydliga deformationszonerna. Kunskapsläget om de olika deformationszonerna presenterades i avsnitt 2.3.3, under krav 3.

### **Kvartärgeologi**

De kvartärgeologiska undersökningarna har inriktats på kartläggning av jordarternas utbredning på land och i sjöar. Karteringen har resulterat i en kvartärgeologisk karta som täcker delområdena Simpevarp och Laxemar /Rudmark et al. 2005/, se figur 2-3 i kapitel 2. Den minsta ytan som kartlagts är så liten som 10×10 m, därför ger kartan en detaljerad bild av den rumsliga fördelningen av olika jordarter. Sandig morän är den dominerande jordarten i området och täcker cirka 45 % av ytan. En något mera översiktlig undersökning har ägt rum inom delar av det regionala modellområdet. Den minsta markerade ytan i detta område är cirka 1 500 m<sup>2</sup>. Den använda metodiken och jordartsindelningen är densamma för de båda områdena.

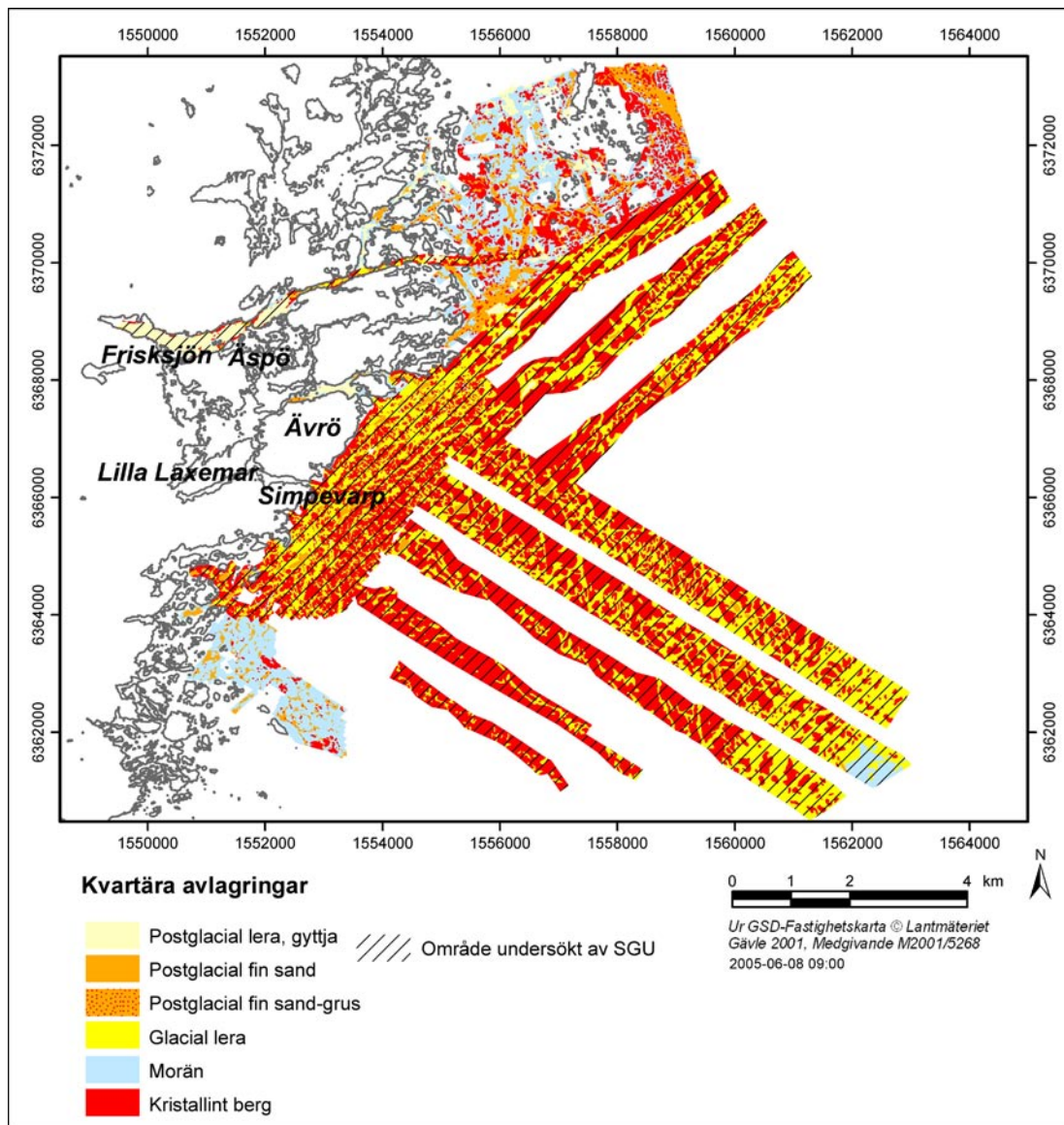
Resultaten bygger på direkta iakttagelser i markytan och i skärningar samt på borringar och grävningar. Drygt 300 lagerföljder har undersökts till djup på två till tre meter med hjälp av enkla handborrar. Mäktigare jordlagerföljder har studerats och dokumenterats genom maskingrävningar på ett 15-tal platser. I samband med maskinell jordborring har jorddjup ner till cirka 12 m påträffats i sprickdalar. I gropar och schakt har prover tagits vilka analyserats med avseende på bland annat kornstorlek och kalkhalt.

Jordartskarteringen visar att jordtäcknet i området är tunt och därför förekommer talrikt med bergblottningar. På ett stort antal hälltor finns tydliga och distinkta isräfflor. Dessa förekommer främst i skärgården och där ofta på välformade rundhällar. Räfflorna visar att den senaste landisen rörde sig från nordväst mot sydost ut till östersjösänkan under isens avsmältningsskede.

På några ställen förekommer glacial lera med mäktigheter på upp till cirka tre meter. Det är framför allt i markanta dalgångar som denna finkorniga jordart avsattes under landisens avsmältningsskede. Ofta överlagras den glaciala leran av yngre finkorniga sediment eller torv.

Undersökningsområdet är ganska flackt och småkuperat. I smala dalgångar finns som regel leriga gyttjiga sediment vilka nyttjas som jordbruksmark. Sedimenten avsattes i havsvikar eller grunda sjöar då landskapet sakta steg upp ur havet. Sedimenten i de högre belägna områdena är således äldre än de som ligger på lägre nivåer och närmare den nuvarande kusten. I dagens grunda havsvikar med ymnig vassvegetation kan man studera den pågående gyttjeavsättningen.

Genomförda maringeologiska undersökningar, se avsnitt 3.4.2, har resulterat i en karta som visar jordarternas utbredning på havsbotten /Elhammer och Sandkvist 2005, Ingvarson et al. 2004/, se figur 3-10.



*Figur 3-10. Maringeologi utanför Simpevarp och Ävrö.*

### **Sen- till postglaciala rörelser**

Undersökningar av indikationer på eventuell postglacial tektonik har pågått under två fältsäsonger och planeras avslutas under 2005.

I samband med inledande flygbildstolkning noterades ett antal iögonfallande och relativt uthålliga berggrundshak inom fastlandsdelen av undersökningsområdet se figur 3-11, det vill säga strukturer som skulle kunna tyda på unga förkastningsrörelser. Flertalet av dessa fältkontrollerades 2004 och det visade sig att de var mer eller mindre starkt slipade av inlandsis och därmed äldre än den senaste isavsmältningen.





**Figur 3-11.** Undersökningsområde för olika steg av neotektoniska studien.

Stratigrafiska undersökningar i maskingrävda schakt med en sammanlagd längd på cirka 170 m genomfördes 2004 på tre platser utmed Fårboåsen väster om Simpevarp /Lagerbäck et al. 2004/. Avlagringar bestående av löst lagrad sand och grovsilt påträffades i nästan alla schakten och i några av dem överlagrades sanden och silten av lera. I vattenmättat tillstånd är denna typ av jordlagerföljder känsliga för markskakningar och försätts lätt i ett flytande tillstånd (eng. liquefaction) med deformationer av de primära sedimentstrukturerna som följd. Inga sådana deformationer har påträffats, men det faktum att de undersökta platserna är belägna mellan 30–100 m över havet betyder att de höjdes ovanför havsytan relativt kort tid efter sedimentens avsättning och att dessa därför var helt vattenmättade och mottagliga för störningar endast under en begränsad tidsperiod.

Hösten 2005 kommer stratigrafiska undersökningar av jordlagerföljder att utföras på ungefär 12 platser mellan Mönsterås och Västervik.

### 3.3.3 Viktiga frågor som återstår att besvara

Eftersom den geologiska beskrivningen utgör fundamentet också för andra ämnesområdens platsbeskrivningar är det viktigt att kunskapsnivån succesivt höjs och osäkerheter reduceras. I avsnitt 2.3.4 sammanställs de kvarstående osäkerheterna i den platsbeskrivande modellen. De återstående frågorna kan kort sammanfattas i följande punkter:

- Karakterisera den rumsliga fördelningen av bergmassorna mellan deformationszonerna inom det fokuserade området vad det gäller bergarternas sammansättning, förekomst och fördelning av underordnade bergarter samt förekomst av lokala mindre deformationszoner.
- Kinematiken, det vill säga rörelsemönstret i plastiska och spröda deformationszoner.
- Geologisk karakterisering och geometri av deformationszoner.
- Sprickors frekvens, geometriska egenskaper samt styrande geologiska faktorer för DFN-modellering av bergmassan mellan deformationszonerna.
- Jordarters egenskaper.

### 3.3.4 Undersökningsprogram

#### *Berggrundsgeologi*

Det geologiska undersökningsprogramet som presenteras här utgår från den programöversikt som ges i avsnitt 3.1.

För bergdomänmodellen gäller det i första hand att med hjälp av mer kemiska och modala analyser av prover från borrhåll, i första hand från förvarsdjup, förbättra karakteriseringen av bergdomänerna vad gäller den mineralogiska och kemiska sammansättningen. En förbättrad förståelse av förekomsten och den rumsliga fördelningen av underordnade bergarter i bergdomänerna är också viktig. Ävrögraniten, som helt dominerar bergdomän A01 (se figur 2-16), uppvisar en stor variation i sammansättning, vilket innebär att bergdomän A01:s egenskaper är dåligt definierade. Ett mål under den kompletta platsundersökningen är att om möjligt dela upp den av ävrögranitdominerade A01-domänen i en kvartsrikare (granitisk till granodioritisk) och en kvartsfattigare (kvartsmonzodioritisk) domän inom delområde Laxemar. Detta kräver prover från kärnborrhål och kommer, om domänuppdelningen är möjlig, att leda till en bättre karakterisering av bergmassan. Eftersom värmeledningsförmågan är kopplad till bergmassans sammansättning är en domänindelning där bergets egenskaper uppvisar en så liten variationsbredd som möjligt av stor vikt för projekteringen, eftersom värmeledningsförmågan påverkar slutförvarets storlek och hur tillgängliga bergvolymen kan utnyttjas.

En förbättrad kunskap om andelen underordnade bergarter och dess rumsliga fördelning i bergdomänerna är också viktigt för den termiska modelleringen och projekteringen av djupförvaret. För detta krävs mer information från borrhål som underlag till en statistisk analys och prognoser av förekomsten och fördelningen av underordnade bergarter inom domänerna.

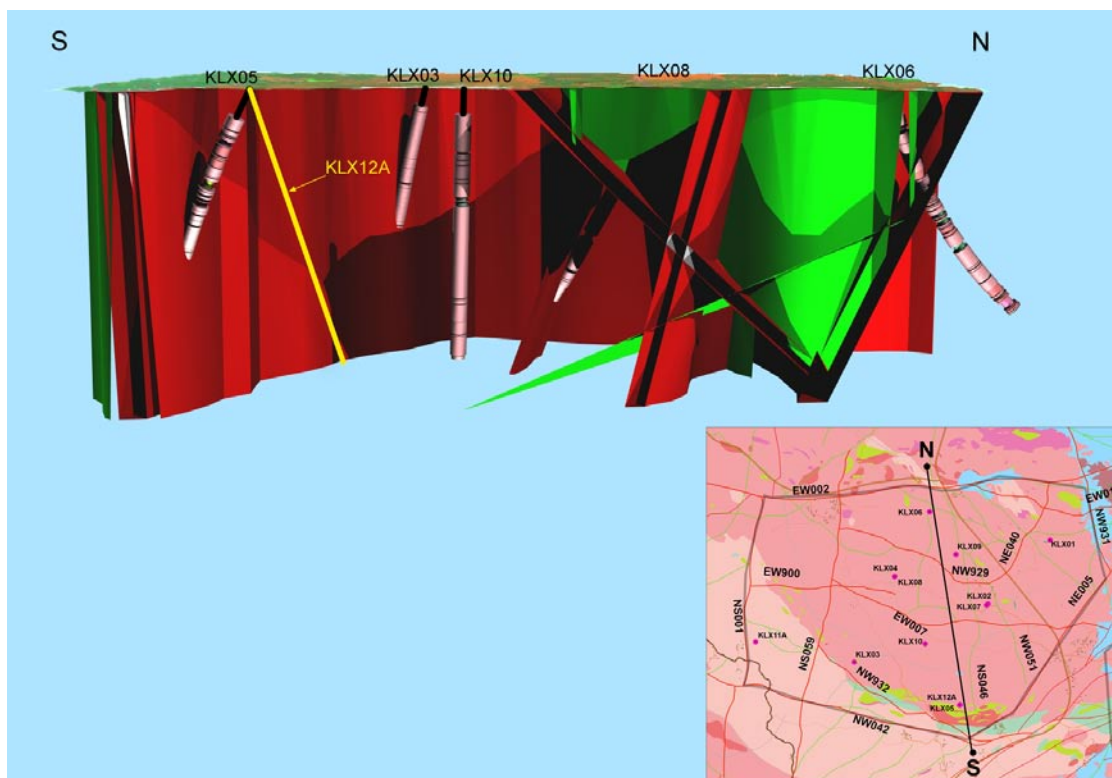
En förbättrad kunskap om graden av omvandling av bergmassan i de olika bergdomänerna mellan deformationszonerna är en viktig faktor för bergmassans transportegenskaper och även för den termiska modelleringen. Detta kräver också information från kommande borrhål för efterföljande undersökning och bearbetning.

Huvudsyftet med det planerade borrhållsprogrammet enligt avsnitt 3.1 är att geologiskt definiera och karakterisera bergvolymen inom det fokuserade området samt fastställa och karakterisera större och mindre deformationszoner. Planeringen av borrhållen görs i första hand utgående från den tredimensionella modellen över bergarter och deformationszoner men också med hänsyn till andra egenskaper för vilka information sammanställts och modellerats tredimensionellt. Exempel på en sådan borrhållsplanering presenterad på aktuell deformationszonsmodell ges i figur 3-12. Geologiska borrhållsundersökningar,

boremapkartering och enhålstolkningar kommer därför att utföras enligt samma rutiner som tidigare. Dessutom kommer ett antal kärnborrhål inom delområde Laxemar att tolkas om med uppdaterad metodik.

En kinematisk studie av såväl plastiska som spröda deformationszoner behövs för förståelsen av den strukturella/tektoniska utvecklingen inom den berggrund som omfattas av platsundersökningen. Låggradiga plastiska skjuvzoner utgör ett underordnat men viktigt strukturellt inslag i den företrädesvis välbevarade berggrunden inom delområdena Simpevarp och Laxemar. Den mest framträdande plastiska skjuvzonen är den så kallade Äspöskjuvzonen (NE005), vilken utgör den västra gränsen av ett nordöstligt bälte av skjuvzoner inom vilket frekvensen av plastiska skjuvzoner är avsevärt högre än inom omgivande berggrund. Plastiska skjuvzoner förekommer även i den övriga delen av undersökningsområdet.

Genom att studera strukturerna i såväl de plastiska som spröda zonerna som verifierats både på ytan och på djupet i borrhål finns en möjlighet att bestämma kinematiken, det vill säga hur rörelsen varit i zonerna, för att därigenom kunna öka kunskapen om den geologiska utvecklingen samt skapa geometriska modeller med högre konfidens. Om zoner i olika riktningar uppvisar systematiskt olika rörelsemönster, kan det stressfält bestämmas som rådde när zonerna bildades och när det gäller de plastiska zonerna även det stressfält som förmodligen rådde vid intrusionen av de magmor som sedermera kristalliserade till de bergarter som utgör berggrunden inom området. I detta sammanhang är det viktigt att studier av sprickmineral görs samordnat med den strukturella karakteriseringen av sprickor, särskilt avseende olika sprickgruppers orientering och frekvens kopplat med deras uppträdande i olika litologiska och omvandlade miljöer. En studie omfattande kinematik och strukturell karakterisering kommer att utföras under hösten 2005 och våren 2006.



**Figur 3-12.** Figuren visar den tredimensionella deformationszonsmodell som användes vid planeringen av borrhål KLX12A.

Tolkade lineament behöver undersökas med avseende på deras representativitet som indikatorer på deformationszoner. Under hösten 2005 planeras därför bland annat en studie där avsikten är att gräva schakt tvärs ett antal representativa och tydliga tolkade deformationszoner för detaljerad undersökning av bergytan. Den nya detaljerade lineamentstolkningen ger även underlag att i fält kontrollera mindre lineament över hällområden för att ge bättre kunskap om lokala mindre deformationzoner. Möjligheter finns även att korsvis kontrollera seismiska refraktionsprofiler och mindre lineament genom fältkontroller.

En geokronologisk undersökning med  $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ - och (U-Th)/He-teknik pågår med syftet att uppnå en bättre tidsmässig avgränsning av den geologiska utvecklingen under både plastiska och spröda förhållanden i berggrunden. Detta kommer att ge ett viktigt underlag för att fastställa när i tiden rörelser ägde rum och den relativa rörelseriktningen längs deformationszonerna mellan olika berggrundsblock.

### ***Spricknätverksmodellen (DFN)***

Ytterligare en detaljerad sprickartering kommer att genomföras, denna gång vid borrhållsplats KLX11. Detaljarteringen kommer att tillsammans med information från redan karterade hållar, existerande och nya kärnborrhål samt korta DFN-borrhål ligga till grund för spricknätverksmodellen (DFN).

Ordinarie sprickartering i alla djupare kärnborrhål utgör den stora mängden data för DFN-modellering. De korta DFN-borrhålen kommer att borraras på borrhållsplats KLX09 vilken domineras av ävrögranit (bergdomän A01) och på borrhållsplats KLX11 som domineras av kvartsmonzodiorit (bergdomän D01). Borrhålen kommer att vara cirka 100 m långa och strategiskt utsatta på respektive borrhållsplats för att ge optimal information om sprickgeometrier. På båda platserna har detaljerad sprickartering utförts, eller kommer att utföras, vilket ger underlag att koppla sprickinformation från borrhål med ytkarterade data.

Den detaljerade lineamentsanalysen ger ytterligare information om större sprickor och lokala mindre deformationzoner som tillsammans med DFN-borrhål och detaljerad hållartering ger ett värdefullt underlag att skatta geometriska egenskaper på sprickpopulationen i 30 till 500 m skalan.

### ***Bergmassans mönster av lokala mindre deformationszoner***

Undersökning av lokala mindre deformationszoners betydelse för slutförvaret och projekteringsarbetet startar under hösten 2005. Detta program genomförs för att bättre förstå egenskaperna hos förekommande lokala mindre deformationszoner (långa sprickor) inom delområde Laxemar. Regionala och lokala större deformationszoner kan förväntas påverka placeringen av deponeringsområden medan lokala mindre deformationszoner enbart påverkar kapselplaceringen.

Syftet med undersökningsprogrammet är att:

- genom jämförande studier av geofysik och fotobilder försöka lokalisera och identifiera lokala mindre deformationszoner,
- skapa underlag för bedömning av frekvens och orientering av mindre deformationszoner,
- karakterisera olika typer av mindre deformationszoner speciellt avseende deformationszonernas vattenförande egenskaper,
- utarbeta metodik för identifiering av mindre deformationszoner i borrhål genom jämförande studier av BIPS, borrhållsgeofysik, radar, differensflödesloggar och kärnkartering,

- utreda förekomst och karaktär av indikerade subhorisontella deformationszoner,
- kunna genomföra jämförande studier av Äspödata avseende förekomst och karaktär av mindre deformationszoner på bergyta, i borrhål och i tunnlår.

Målsättningen är att erhålla ökade kunskaper och förståelse för bedömning av det aktuella områdets hydrauliska mönster, egenskaper och behov av injektering genom att sammanställa befintliga strukturers koppling till litologi, geofysiska egenskaper, bergspänningar, grundvattenförhållanden och tektonik.

### ***Kvartära avlagringar och typprofilsundersökningar***

Genom att undersöka moränens bergarts- och mineralinnehåll får man information om jordarternas egenskaper (exempelvis vittringsbenägenhet), samt om moränens sammansättning speglar den lokala berggrunden. Detta kan göras genom att okulärt bestämma mineralogin i grus, sten och block från olika delar av området. Insatser utförs vanligen i samband med andra aktiviteter då jordlagren friläggs genom grävning

Typprofilsundersökningar är ett integrerat paket av undersökningar vilka kommer att förbättra förståelsen inom flera ämnesområden, främst ytekologi, geologi och hydrogeologi. Huvudsyftet med undersökningarna är att få en ökad kunskap om jordlagren. Detta inkluderar kvartära avlagringar, jordmån och dessas djupfördelning och egenskaper. Undersökningarna gör tvärs över ett antal valda sprickdalar i delområde Laxemar och omfattar såväl grävningar av schakt som jorbörning.

Om möjligt ska även berggrunden och deformationszonerna studeras i de profiler där schakt grävs.

## **3.4 Geofysik**

### **3.4.1 Syfte och mål**

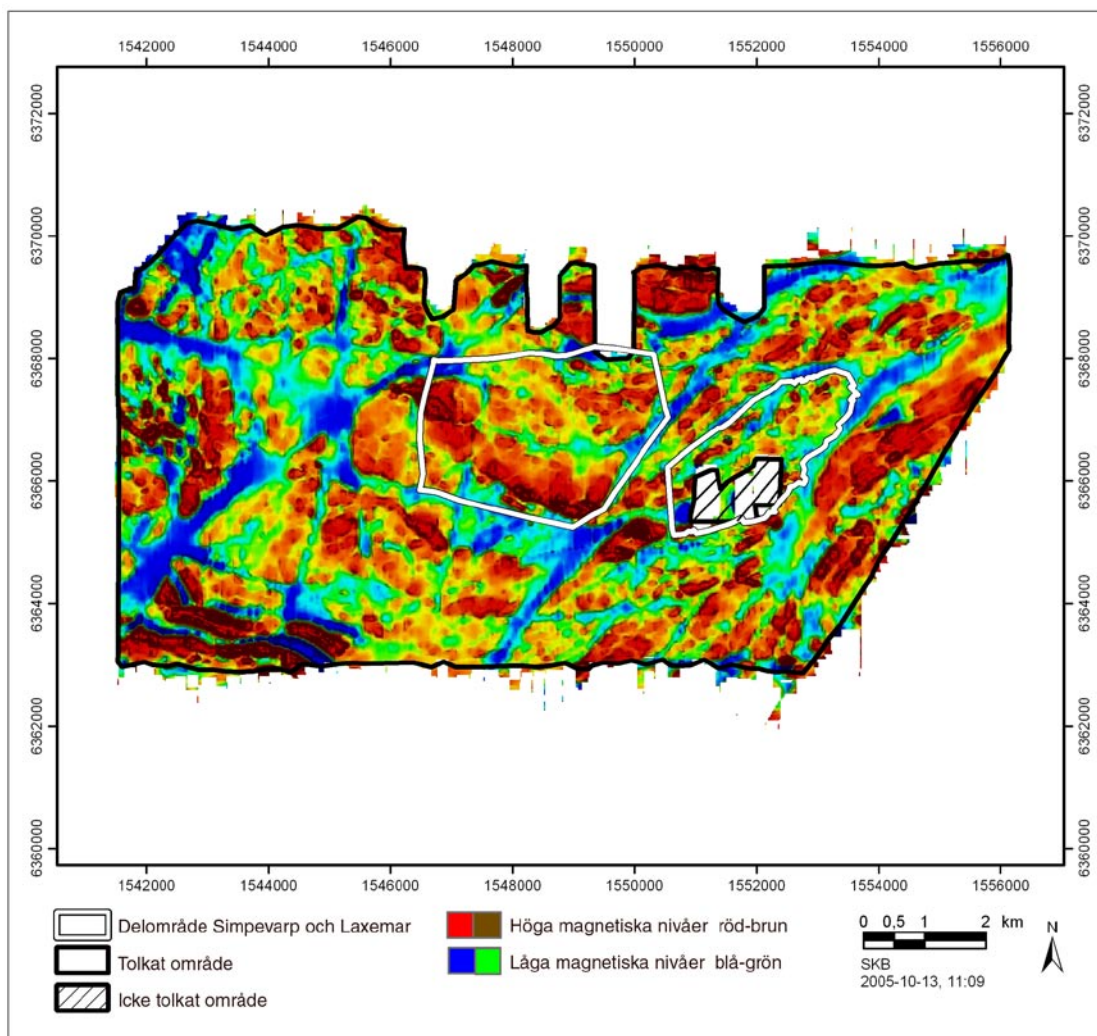
Geofysik utgör inget eget ämnesområde i den platsbeskrivande modellen utan är en ”stödande vetenskap”, primärt till berggrunds- och kvartärgeologin. Syfte och mål med de geofysiska undersökningarna sammanfaller därför huvudsakligen med geologins. Sekundärt är geofysiken till nytta också för bergmekanik och termiska egenskaper, hydrogeologi, hydrogeokemi, transportegenskaper och i viss mån ytsystem för karakterisering av jordlagren. I redovisningen av undersökningsmetoder inför platsundersökningen /SKB 2001a/ beskrivs olika typer av markgeofysiska och borrhålsgeofysiska metoder med avseende på utförande och potential. Ur platsundersökningens perspektiv är viktiga syften med de geofysiska undersökningarna att:

- indikera fördelningen av deformationszoner (spröda och plastiska; sprickzoner och sprickor) och mellanliggande bergmassans egenskaper,
- påvisa eventuella mineraliseringar (vilka kan ha betydelse för eventuell malmpotential) inom undersökningsområdet,
- fastställa jorddjup,
- mäta salthaltsfördelning och berggrundens temperatur i borrhål,
- mäta borrhålens geometri (lutning, riktning och diameter).

### 3.4.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar

Hittills har fem särskilt omfattande och viktiga geofysiska undersökningar genomförts under platsundersökningen. Resultaten har på olika sätt legat till grund för utveckling av den geologiska platsbeskrivande modellen. Undersökningarna är:

1. Flyggeofysiska mätningar över ett regionalt område, sammanlagt cirka 85 km<sup>2</sup>, se figur 3-13.
2. Reflektionsseismiska undersökningar med 9,9 profilkilometer inom delområde Laxemar respektive 3,7 km på Ävrö.
3. Maringeofysiska (och maringeologiska) undersökningar utanför Simpevarpshalvön och Ävrö.
4. Refraktionsseismiska undersökningar över lineament i havet utanför Simpevarpshalvön och Ävrö.
5. Detaljerade markgeofysiska mätningar med magnetometri och resistivitet över ett 2 km<sup>2</sup> stort område centralt beläget i delområde Laxemar. Syftet med mätningarna var att ge underlag för fortsatt fokusering mot ett mindre undersökningsområde i Laxemar.

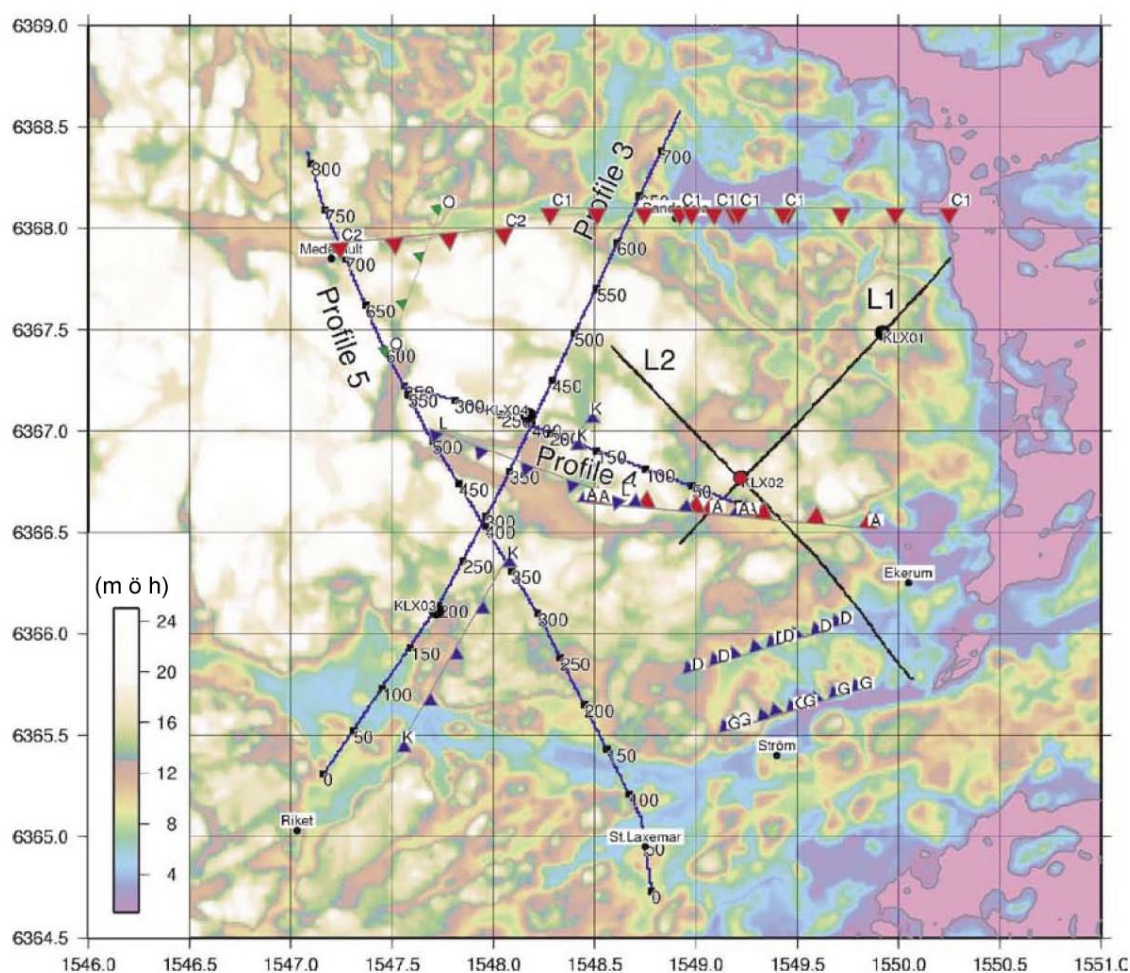


**Figur 3-13.** Magnetisk anomalikarta över Oskarshamnsoområdet från flyggeofysiska helikoptermätningar genomförda under 2002. Blå – gröna färger motsvaras av låg magnetisering respektive röd – bruna färger motsvaras av hög magnetisering. Låg magnetisering tyder som regel på deformationszoner (sprickzoner och sprickor).

Resultatet från de flyggeofysiska mätningarna /Triumpf et al. 2003/ och en översiktlig linjekartering utgjorde bas för SKB:s avgränsning av delområde Laxemar i mars 2003. Resultaten har också varit ett viktigt underlag för lineamentstolkningen /Triumpf 2004a/ och för efterföljande mätningar och utsättning av kärn- och hammarborrhål. Fokus har varit på den centralt belägna tolkade deformationszonen EW007 i delområde Laxemar.

Med hjälp av de reflektionsseismiska undersökningarna har berggrunden kunnat ”genomlysas” ner till cirka tre km djup /Bergman et al. 2002, Juhlin et al. 2004a/. Resultaten visar att det finns både lutande och flacka reflektorer i Laxemar, figur 3-14, medan det utanför Ävrö finns lutande reflektorer. Reflektorer kan förorsakas såväl av sprickzoner som kontakter med mafiska bergarter (gabbro till diorit, etc). Reflektorerna på Ävrö finns nordväst samt sydost om Ävrö och lutar in under ön /Juhlin et al. 2004a, Schmelzbach och Juhlin 2004/.

De maringeologiska och maringeofysiska undersökningarna har främst bidragit med botten-topografi och bergytans topografi, vilka har legat till grund för lineamentstolkningar och givit information om blottad berggrund och kvartärgeologiska avlagringar, se figur 3-10.



**Figur 3-14.** Resultat från reflektionsseismiska mätningar i delområde Laxemar. Den röda reflektorn C lutar 70° mot söder in under delområde Laxemar och motsvaras av Mederhultszonens (EW002) utgående. Den röda reflektorn A lutar mot norr och motsvaras av EW007:s östra dels utgående. Röd reflektor betecknar en säker tolkning (1), blå betecknar en trolig tolkning (2) och grön en möjlig tolkning (3) /Juhlin et al. 2004b/.

För att undersöka om lineament under havet i nära anslutning till kustlinjen utanför Simpevarpshalvön och Ävrö utgör deformationszoner genomfördes under senhösten 2003 refraktionsseismiska undersökningar i havet, figur 3-15. Små laddningar sprängdes under vattnet och registrering av ljudvågorna genomfördes med hjälp av geofoner som placerades på havsbotten /Lindqvist 2004a/. Ljudvågorna bromsas upp i till exempel en sprickzon i berget och färdas långsammare genom sprickzonen vilken därmed kan detekteras.

Petrofysiska provtagningar och mätningar har genomförts såväl i delområde Simpevarp som i delområde Laxemar för att bestämma bergprovers fysikaliska egenskaper så som täthet (densitet), magnetiska egenskaper (magnetisk susceptibilitet) och motstånd mot ledning av elektrisk ström (resistivitet) /Mattsson och Thunehed 2003, Mattsson et al. 2003, 2004c/. Resultaten används som stöd för tolkning av geofysiska mätningar och som underlag till den berggrundsgeologiska beskrivningen.

Ett flertal markgeofysiska undersökningar har genomförts. Förutom de nämnda refraktionsseismiska mätningarna som utförts till havs har magnetometer- och elektromagnetiska mätningar (slingram) utförts för att indikera sprickzoners läge inför utsättning av borrhål /Triumpf 2003/. Magnetometer- och CVES-mätningar (continuous vertical electrical sounding) har utförts i form av så kallade profilmattor för att fastställa jorddjup och deformationszoner i berget /Thunehed et al. 2004/. I figur 3-16 ses en pågående mätning med slingram. Refraktionsseismiska mätningar har också utförts längs med nämnda profilmattor för bestämning av jorddjup och läge av sprickzoner i berg med lägre gånghastighet /Lindqvist 2004b, 2005/ eller som enskilda profiler för att bestämma jorddjup /Lindqvist 2004c/.



**Figur 3-15.** Registrerande seismograf för refraktionsseismisk mätning genomförd utanför Simpevarpshalvön och Ävrö under senhösten 2003 /Lindqvist 2004a/.

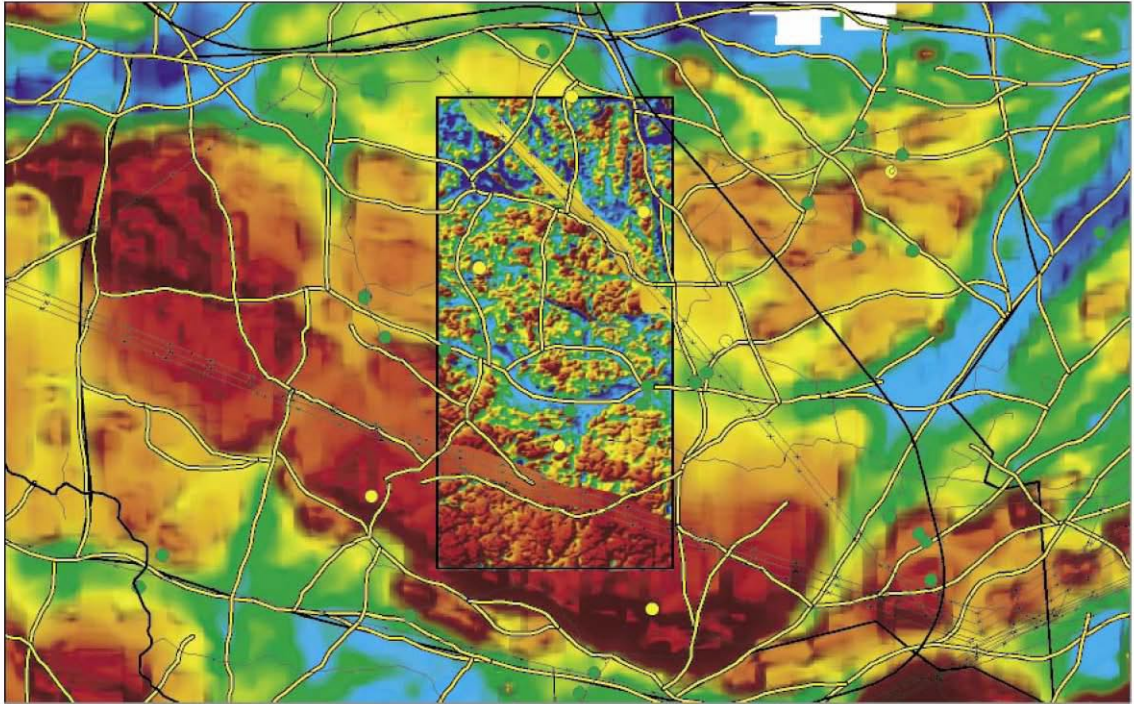




**Figur 3-16.** För elektromagnetiska metoder, till exempel slingram, använder man sig av två ramar, en sändare och en mottagare. Man sänder ut ett elektromagnetiskt fält från sändaren. Om det finns en sprickzon i berget som leder elektrisk ström, till exempel om den innehåller lermineral eller vatten, uppkommer ett nytt fält på grund av elektriska strömmar som bildas av sändarfältet. Det nya fältet kan då avläsas i mottagaren som en förändring /Triumpf 2003/.

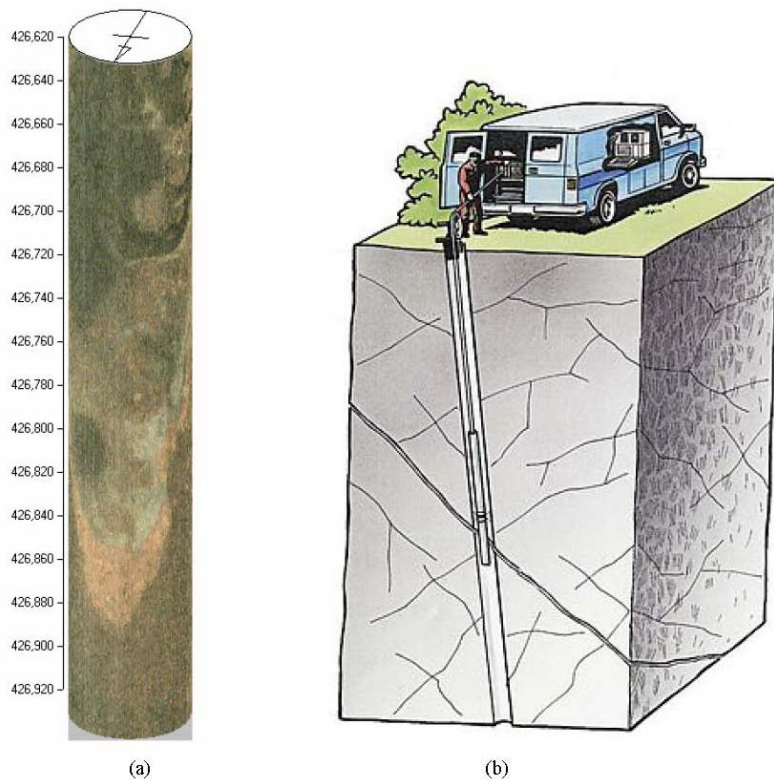
En profil med gravimetri samt utspridda gravimetripunkter har mätts framförallt över delområde Laxemar. Syftet med gravimetermätningarna var att bestämma om den i södra delen av delområde Laxemar förekommande kvartsmonzodioriten, och ett bälte med stort inslag av diorit och gabbro i nära anslutning till kvartsmonzodioriten, stupar mot norr eller inte. Gravimetermätningarna stöder tolkningen att kvartsmonzodioritens kontakt stupar mot norr, troligen förorsakad i huvudsak av inslaget av gabbro och dioritkroppar i ävrögraniten /Triumpf 2004b/.

Detaljerade markgeofysiska mätningar med magnetometri och resistivitet har genomförts över ett 2 km<sup>2</sup> stort område centralt beläget inom delområde Laxemar. Mätningarna genomfördes tillsammans med den i avsnitt 3.3.2 beskrivna detaljerade flygfotograferingen och laserskanningen för att identifiera mönstret av lokala mindre deformationszoner (figur 3-8). Syftet med mätningarna var att ge underlag för fortsatt fokusering mot ett mindre område inom delområde Laxemar. Resultatet av de markmagnetiska mätningarna framgår av figur 3-17 där den markmagnetiska mätningen visas tillsammans med resultatet från de flyggeofysiska (helikopterburna) magnetiska mätningarna /Thunehed och Triumpf 2005/. Resultatet av de geofysiska markmätningarna visar upp en betydligt större detaljrikedom. Egenskaperna hos de blå till grönfärgade anomalierna, lokala mindre deformationszoner (långa sprickor), kommer på olika sätt att kontrolleras i fält, i vissa fall med hjälp av grävning, bormning eller geologisk kartläggning på frilagd eller blottlagd bergyta.



**Figur 3-17.** Resultatet av de detaljerade markmagnetiska mätningarna presenterad tillsammans med resultatet från de flyggeofysiska (helikopterburna) magnetmätningarna /Thunehed och Triumf 2005/.

Traditionell geofysisk loggning har genomförts i de nio hittills utförda kärnborrhålen, KSH01–KSH03, KAV04, KLX03–KLX07, samt i de flesta hammarborrhålen /se t ex Nielsen et al. 2005ab, Nielsen och Ringgaard 2004/. Vidare har BIPS-loggning (videofotografering av borrhålsväggen) och borrhålsradar med dipolantenn och riktantenn (den senare endast i kärnborrhål) genomförts för bestämning av sprickzoner, sprickors och andra bergartskontaktens riktning och läge i borrhålet /se t ex Gustafsson och Gustafsson 2005abc/. I figur 3-18 visas ett resultat från en BIPS-loggning där borrhålsväggen visas som en borrhålskärna samt en principbild där sonden sänks ned i ett borrhål. De geofysiska borrhålsloggningarna har bearbetats och tolkats och använts som underlag för boremappkartering /se t ex Mattsson 2005, Mattsson och Keisu 2005/. Det bearbetade och tolkade underlaget har vidare bidragit med underlag för geologisk enhålstolkning av borrhål /se t ex Hultgren et al. 2004, Mattsson et al. 2004ab/. Såväl BIPS och radar som de bearbetade resistivitets-, densitets-, susceptibilitets- och naturliga gammaloggarna har visat sig vara värdefulla vid den geologiska enhålstolkningen.



**Figur 3-18.** BIPS (borehole image processing system) är ett TV-system som används för att filma borrhålsväggen inifrån borrhålet. BIPS-bilden används sedan vid tolkningen som jämförelse med information från borrhårnan där man i detalj kan studera bergarter och sprickmineral (a). Orienteringen på sprickor eller den vinkel som sprickor skär borrhålets längdriktning beräknas med hjälp av information från TV-bilden. En principskiss för nedsänkning av BIPS-sonden i ett borrhål visas intill (b).

### 3.4.3 Viktiga frågor som återstår att besvara

Med utgångspunkt från programöversikten i avsnitt 3.1 förväntas de geofysiska undersökningarna ge viktiga bidrag till följande frågeställningar:

#### **För geologi**

- Huruvida lineament utgör deformationszoner.
- Deformationszoners (plastiska och spröda) lägen och deras geometri.
- Bestämning av sprickors lägen och orientering.
- Bergartskroppars tredimensionella utbredning mot djupet.
- Anisotropin hos den magnetiska susceptibiliteten över och i nära anslutning till plastiska deformationszoner.
- Jorddjup.

### **För bergmekanik**

- Bestämning av bergartens utbredningshastighet (P-vågor) i borrhålet för att jämföras med mätningar som görs på borrhärnan. Eventuella systematiska skillnader kan vara en information av intresse för bedömningen av borrhärnornas mikrouppsprickning, vilket i sin tur har betydelse för hur testresultat (porositet och hållfasthet) från borrhärneprover ska tolkas. P- och S-vågsmätningar från borrhålet kan även användas för empirisk bestämning av bergets in situ elasticitetsmodul, skjuvmodul och Poissons tal, att jämföras med resultat från de metoder som i första hand används för bestämning av dessa parametrar, vilka baserar sig på laborietester och borrhärnekartering.
- Om bergspänningarna är höga i förhållande till bergets hållfasthet kan dessa ge upphov till brott i borrhålsväggen (så kallade "break-outs") och därför kan data om borrhålets geometri (variation i diameter och ovalitet) användas som indikation på spännings-tillståndet.

### **För termiska egenskaper**

- Bestämning av bergets temperatur och temperaturgradient.
- Bestämning av bergarters densitet med densitetsloggningar (korrigerad densitet) för beräkning av värmeledningens spatiella spridning inom ävrögranit.
- Bestämning av borrhålets geometri (riktning och lutning).

### **För hydrogeologi**

- Vattenförande sprickors (sprickzoners) lägen.
- Borrhåls geometri (riktning, lutning och diameter).
- Jorddjup.
- Saltvattnets läge mot djupet i delområde Laxemar och i den regionala omgivningen västerut.

### **För hydrogeokemi**

- Deformationszoners (sprickzoners och sprickors) lägen och vattenförande egenskaper.
- Vattnets elektriska ledningsförmåga och bergets temperatur.
- Saltvattnets läge mot djupet i delområde Laxemar och i den regionala omgivningen västerut.

### **För transportegenskaper**

- Deformationszoners (sprickzoners och sprickors) lägen och vattenförande egenskaper.
- Berggrundens elektriska ledningsförmåga för beräkning av bergets transportegenskaper och formationsfaktor.

### **För ytsystem**

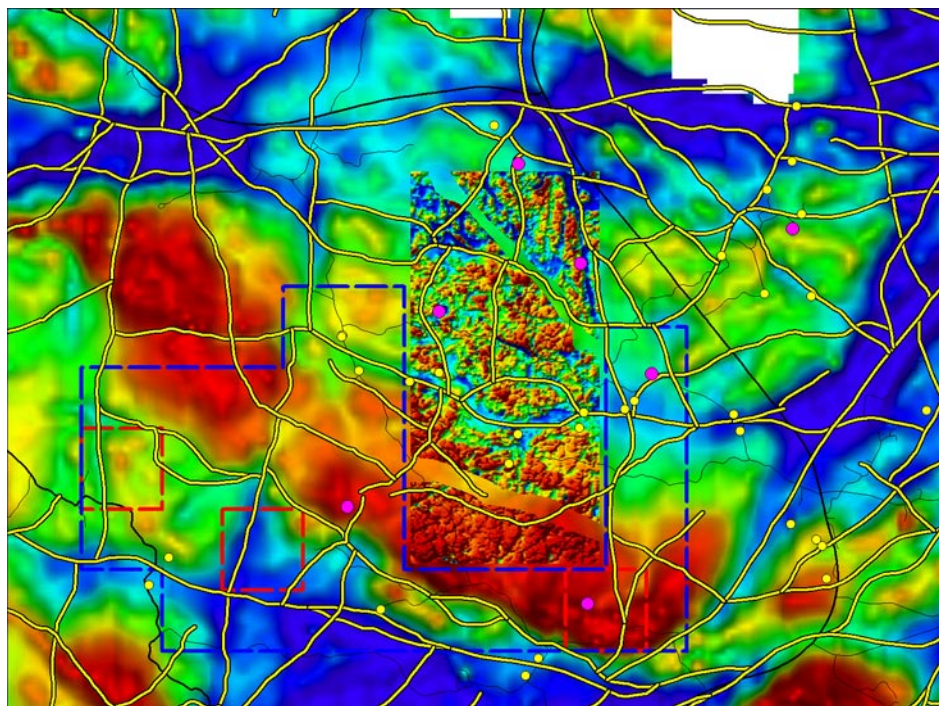
- Jorddjup (tjocklek och fysikaliska egenskaper).

### 3.4.4 Undersökningsprogram

#### **Södra och västra delen av delområde Laxemar**

De fortsatta undersökningarna ska i första hand fokuseras till den södra och västra delen av delområde Laxemar och följande insatser framstår som viktiga från ämnesområdet geofysik, se även programöversikten i avsnitt 3.1:

- Detaljerade markgeofysiska undersökningar, magnetometri och resistivitet med CVES Lunda-metoden, genomförs inom ett 3,8 km<sup>2</sup> stort område inom delområde Laxemar, se figur 3-19. Motsvarande mätningarna har tidigare genomförts på ett cirka 2 km<sup>2</sup> stort område. De detaljerade magnetiska mätningarna genomförs främst för att öka kunskapen om mindre deformationszoner (såväl plastiska som spröda), berggrundens homogenitet och ge information om berggrundens omvandlingsgrad i synnerhet i närhet till såväl plastiska som spröda deformationszoner. En del av mätområdet kommer att täcka områden där kvartsmonzodiorit, diorit och gabbro förekommer. Resistivitetsmätningarna genomförs inom tre mindre detaljrutor (400×400 m) för att öka kunskapen om bergmassans uppsprickning (lokala mindre sprickzoner och förekomst av sprickor). Resistivitetsmätningarna kompletterar de magnetiska mätningarna framförallt avseende längre sprickor eller sprickzoner med ökad elektrisk ledningsförmåga, det vill säga mätningarna ger en indikation på vilka sprickor som är vattenförande eller innehåller lermineral. Bergmassans uppsprickning har stor betydelse för vattengenomsläppligheten i berggrunden.



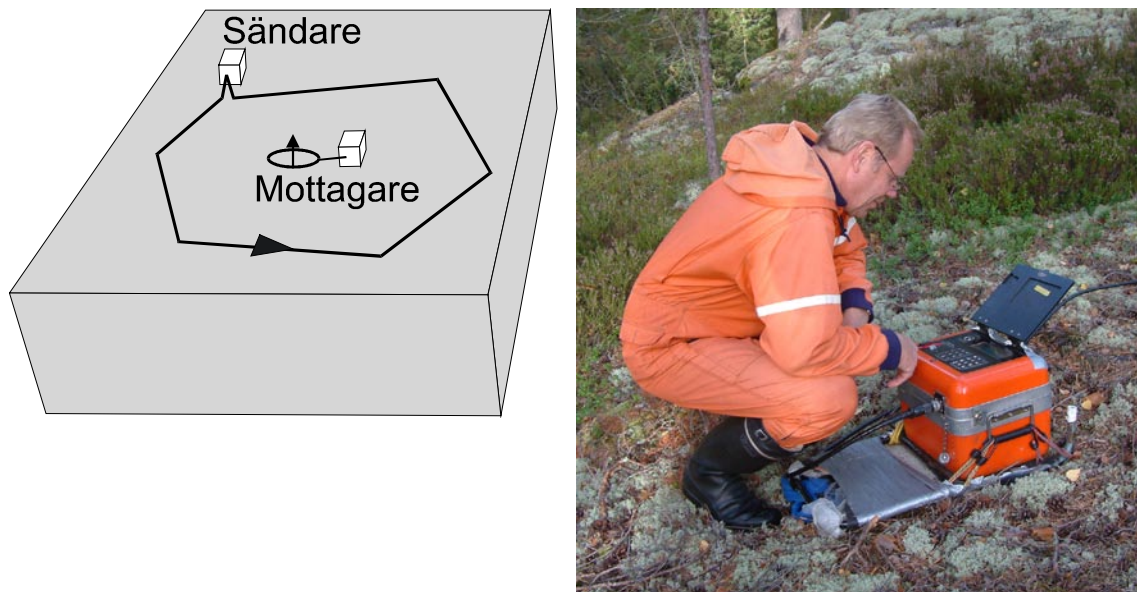
**Figur 3-19.** Detaljerade markgeofysiska undersökningar kommer att genomföras inom ett 3,8 km<sup>2</sup> stort område inom delområde Laxemar. Blå streckad linje visar nya magnetmätningar (3,8 km<sup>2</sup>) och röd streckad linje visar nya resistivitetsmätningar (3 stycken 400×400 m).

- Omkring tio markgeofysiska profiler eller profilmattor med magnetometer och resistivitet placeras i delområde Laxemar över tolkade lineament för att bestämma läget av eventuella sprickzoner före verifiering med borrning av medellånga kärnborrhål eller hammarborrhål. Läget av de markgeofysiska profilerna baseras på tolkning av flygfoton och resultaten från geofysisk helikoptermätning. De markgeofysiska profilerna kompletteras med refraktionsseismik. Varje markgeofysisk profil har normalt en längd på cirka 500–1 000 m.
- BIPS- (videofotografering av borrhålsväggen) och radarmätningar genomförs i kärn- och hammarborrhål i syfte att lokalisera och ge information om bergarter och strukturer. BIPS ger en bild av borrhålsväggen som viks ut 360° och utgör ett huvudunderlag för boremapkartering. Sprickor med en vidd på 1 mm eller mer detekteras. En orientering av sprickor i tre dimensioner erhålls. Borrhålsradar ger information om orienteringen av lokala mindre och större strukturer som skär borrhålet. Båda metoderna beräknas genomföras i alla kärnborrhål och hammarborrhål i borrhålsprogrammet, se avsnitt 3.1, tabell 3-1.
- Geofysisk borrhålsloggning ger information om borrhålets geometri (lutning, riktning och diameter), bergarter (densitet, magnetisk susceptibilitet och naturlig gammastrålning), deformationszoner; plastiska och spröda (sprickzoner och sprickor) (resistivitet och ljudets utbredningshastighet), grundvattnets salthalt och bergets temperatur. Tolkning av borrhålsgeofysik ger stöd för boremapkartering och geologisk enhålstolkning. Geofysisk borrhålsloggning beräknas genomföras i alla kärnborrhål och i cirka två tredjedelar av hammarborrhålen.

### ***Delområde Laxemar med regional omgivning***

För delområde Laxemar, även utanför det fokuserade området, och dess regionala omgivning planeras följande insatser inom ämnesområdet geofysik:

- Mätprogram med mätmetoden TEM (transient elektromagnetisk sondering) genomförs för att erhålla bättre information om läget av salt grundvatten på djupet i delområde Laxemar och i det regionala området, fram till strax väster om väg E22. Vid mätningar med TEM läggs en sändarenhet i form av en cirka 1 600 m lång elkabel ut i terrängen i en slinga eller fyrkant med 400 m långa sidor, se figur 3-20. En mottagare flyttas till fem olika mätpunkter innanför och utanför slingan. Mätning utförs genom att skapa en elektromagnetisk puls i sändarslingan.
- Mätprogram med mätmetoden VES (vertikal elektrisk sondering) genomförs för att erhålla bättre information om jordlagars elektriska ledningsförmåga samt andra egenskaper, till exempel jordlagrens tjocklek och därmed få en uppskattning av djupet till berggrunden. VES genomförs på ett 30-tal platser.
- Mätning av magnetisk anisotropi (AMS) genomförs för att erhålla bättre information om på vilket avstånd vinkelrätt från en större plastisk deformationszon (Åspö skjuvzon) som berget är påverkat av deformation. Den magnetiska anisotropins orientering och förändringen av magnetiska egenskaper i olika riktningar studeras med hjälp av provtagning i fält och mätning i laboratorium. Mätningarna av magnetisk anisotropi genomförs på så sätt att ett 45-tal orienterade bergartsprover samlas längs en eller flera vinkelräta profiler över Åspö skjuvzon. Motsvarande bergartsprover undersöks av geolog vilket också inkluderar studier av tunnslip.



**Figur 3-20.** Mätning med TEM (transient elektromagnetisk sondering). Skissen till vänster visar principen med en sändare (en stor sluten kabelslinga) och en mottagare (en spole). Fotot till höger visar en operatör vid mätinstrumentet som placerats intill mottagaren.

## 3.5 Bergmekanik och termiska egenskaper

### 3.5.1 Syfte och mål

De **bergmekaniska förhållandena** påverkar främst hur förvaret kan utformas och byggas, men har även betydelse för den långsiktiga stabiliteten. Förhållandena styrs av de rådande belastningarna – bergspänningarna – och bergets mekaniska egenskaper. Vilka mekaniska egenskaper en bergvolym har beror dels på egenskaperna hos det intakta berget, dels på förekomsten av sprickor (frekvens, längd, orientering) och deras mekaniska egenskaper. Olika bergarter har olika hållfasthets- och deformationsegenskaper. Hållfasthets- och deformationsparametrar hos intakta bergprover och i viss mån även sprickor kan bestämmas genom laborietester, men det finns skaleffekter som måste beaktas innan data nyttjas för analys av större bergmassor.

**Bergspänningarna** i en bergmassa uppvisar erfarenhetsmässigt en betydande regional och lokal variation både till storlek och i orientering. Bestämningar måste därför göras genom mätningar in situ.

Det bergmekaniska ämnesområdet omfattar dels mätning och analys av bergets hållfasthets-, deformations- och termiska egenskaper, dels mätning och analys av spänningstillståndet i berggrunden. Med stöd av dessa data görs prognoser för stabilitetsförhållanden som underlag för både anläggningsutformning och säkerhetsanalys.

Målet för de bergmekaniska undersökningarna är att:

- Beskriva bergspänningsfördelningen inom undersökningsområdet med stöd av mätningar, indirekta observationer samt modellering.
- Bestämma bergmassans mekaniska egenskaper och fördelning inom undersökningsområdet, inklusive egenskaper hos intakt berg och sprickor.
- Ge underlag för att identifiera eventuella problem där tunnlar måste passera sprickzoner.

Bergets **termiska egenskaper** har betydelse för värmetransporten från deponerade kapslar i slutförvaret. Detta styr de minsta avstånd som kan tillåtas mellan deponerade kapslar, och därmed utrymmesbehovet för hela förvaret. Bergets värmeledningsförmåga är den avgörande parametern i sammanhanget. Denna kan bestämmas genom laborietester, men skalberoende variationer och anisotropi kan behöva beaktas. För att kunna beräkna termomekaniska effekter (inducerade termospänningar och deformationer) krävs därutöver data om bergets temperaturutvidgningsegenskaper, vanligen uttryckt med parametern termisk längdutvidgningskoefficient.

Målet för de termiska undersökningarna är främst att:

- Bestämma de termiska egenskaperna för aktuella bergarter.
- Beskriva hur de termiska egenskaperna varierar i bergmassan.

### **3.5.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar**

#### ***Bergets mekaniska egenskaper***

Kunskap om bergets mekaniska egenskaper inom delområde Laxemar kommer från provning av kärnor från borrhålen KLX02, KLX03, KLX04 och KLX06. Dessutom har data om bergets mekaniska egenskaper på Äspö och i platsundersökningsområdet sammanställts /SKB 2005b, 2006/.

Bergartssammansättningen inom delområde Laxemar bedöms vara mycket likartad den inom delområde Simpevarp och det finns inget som talar för att någon av de inom delområde Laxemar förekommande bergarterna skulle ha väsentligen avvikande mekaniska egenskaper.

Arbetet med laboriebestämning av bergets mekaniska egenskaper har gett följande resultat /SKB 2006/:

- De första bergmekaniska testerna från Simpevarpshalvön, på kvartsmonzodiorit och finkornig dioritoid, visade en del oväntat låga hållfasthetsvärden. Troligen berodde detta på att proverna innehållit partier med läkta sprickor. De senare testerna på ävrögraniten från borrhål i delområde Laxemar visar hög medelhållfasthet och en mindre spridning.
- Den enaxiella hållfastheten för ävrögraniten är i medeltal 195 MPa med en standardavvikelse på 20 MPa.
- Elasticitetsmodulen är för ävrögraniten 70 GPa i medeltal med 5 GPa standardavvikelse.
- Draghållfastheten (indirekt provning) är för ävrögraniten i medeltal 13 MPa.
- Försök med normal- och skjuvbelastning av sprickor tyder på ganska konstanta egenskaper. Friktionsvinkeln för sprickplanen är i medeltal  $37^\circ$ . Hittills har inga skillnader i resultat beroende på sprickornas orientering noterats. Eventuell bias (systematiskt fel i urvalet) vid provtagningen har ännu ej studerats närmare.

#### ***Bergspänningar***

Kunskap om bergspänningar är nödvändig för utformningen av slutförvaret (anläggningsdjup, orientering och utformning av tunnlar, bergförstärkning), och för prognoser avseende eventuella spänningsrelaterade stabilitetsproblem.

Kunskap om spänningsförhållandena i berggrunden inom platsundersökningsområdet finns dels genom utförda platsundersökningar av berggrunden inom delområdena Simpevarp och Laxemar men även genom de omfattande undersökningar och studier som utförts inom ramen för Äspölaboratoriet /t ex Jansson och Stigsson 2002/.



Bergspänningar har mätts inom delområde Laxemar, dels i kärnborrhål KLX02 i samband med undersökningar inför utbyggnaden av Äspö /Ljunggren och Klasson 1997/ och dels i KLX04 som en del av pågående platsundersökningar /Sjöberg och Perman 2005/. I KLX02 (liksom tidigare i KSH01) användes metoden hydraulisk spräckning och i KLX04 (liksom tidigare i KAV04) överborrningsmetoden.

En övergripande bedömning är att spänningssituationen varierar inom området. Spänningsnivån på förvarsdjup är klart lägre i delområde Simpevarp (KAV04, KSH01 och KSH02) än på Äspö och i delområde Laxemar (KLX04 och KLX02). Mätningarna i KLX04 visar på en avvikande orientering, med största huvudspänning stupande 14–60°, men i Äspö har den största huvudspänningen oftast en riktning i nordväst-sydost och flack stupning. Troligen är spänningssituationen längs KLX04 påverkad av att hålet korsar deformationszonen EW007. Detta har illustrerats genom spänningsmodellering inom arbetet med platsbeskrivande modell Laxemar 1.2.

Den samlade bedömningen utifrån dagens begränsade dataunderlag, är att bergspänningarna kan vara en faktor som påverkar platsanpassningen av slutförvaret. Framförallt kan bergspänningarna påverka valet av förvarsdjup, eftersom ökande spänningar mot djupet ökar risken för spjälkbrott i deponeringshålen, vilket skulle ge ett bortfall av deponeringshål. Viss osäkerheten finns i modellen för spänningsmagnitud på grund av att en variation i spänningsfältet inom området, orsakad av rörelser i de större deformationszonerna, inte kan uteslutas. På grund av risken för spjälkbrott är det viktigt att minska osäkerheten om bergets hållfasthet.

### **Termiska egenskaper**

Berggrundens värmeledningsförmåga påverkar hur tätt man kan placera kapslarna i ett slutförvar och därmed utrymmesbehovet för hela förvaret.

Bergets termiska egenskaper inom delområde Laxemar har bestämts genom mätning (TPS-metoden<sup>9</sup>), beräkning från mineralsammansättning, samt beräkning från densitetsloggningar i kärnborrhål<sup>10</sup>. Densitetsloggning har använts endast för ävrögranit, där ett i förhållande till platsbeskrivande modell Laxemar 1.2 modifierat samband mellan värmeledningsförmåga och densitet har fastställts.

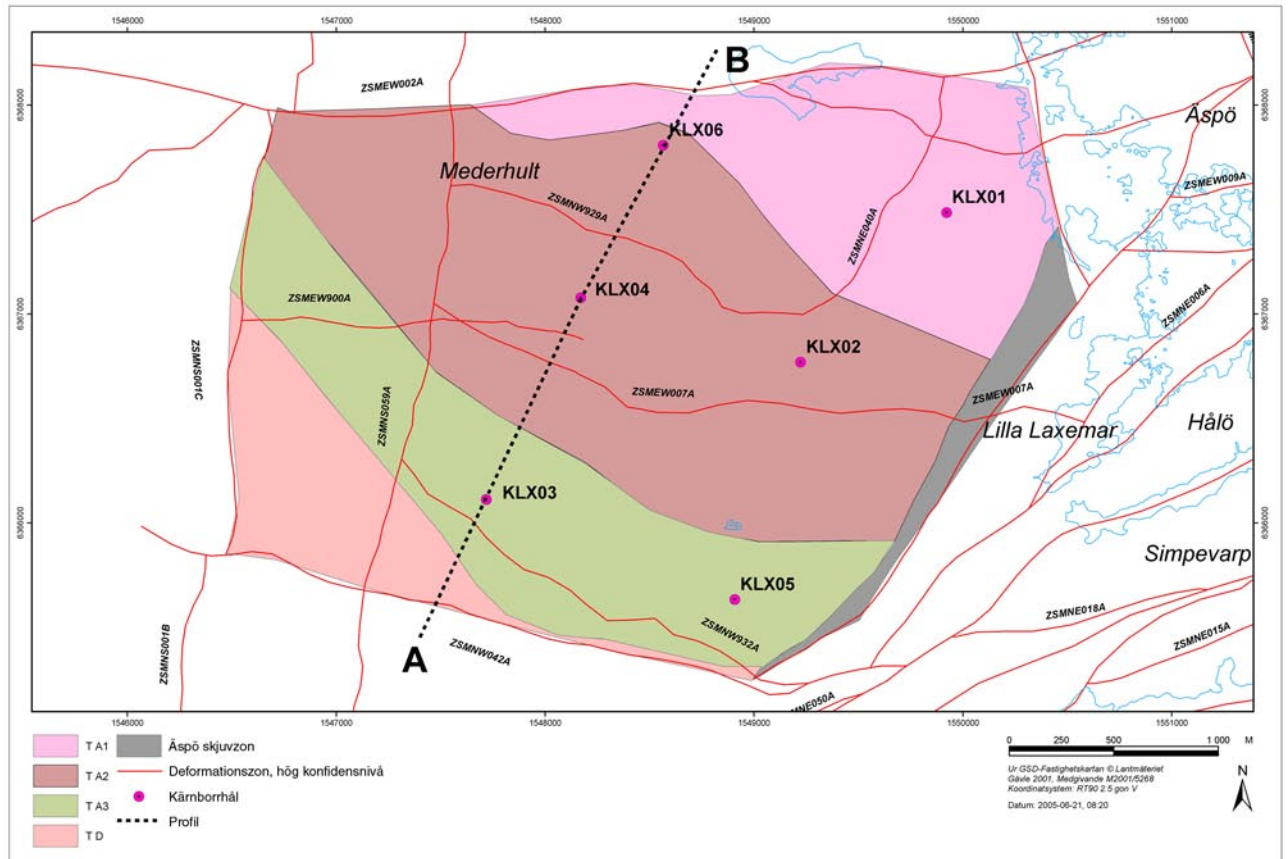
Efter analys och utvärdering av tillgängliga data har delområde Laxemar kunnat delas in i fyra domäner med sinsemellan olika termiska egenskaper, se figur 3-21 /SKB 2006a/:

1. I sydväst, kvartsmonzodiorit med en bedömd värmeledningsförmåga på i genomsnitt 2,74 W/m K (termisk domän TD).
2. I väster och söder, ävrögranit med låg ledningsförmåga – i genomsnitt 2,58 W/m K (termisk domän TA3).
3. Centralt, ävrögranit med något högre värmeledningsförmåga – i genomsnitt 2,93 W/m K (termisk domän TA2).
4. I nordost, ävrögranit med en bedömd värmeledningsförmåga på i genomsnitt 2,74 W/m K (termisk domän TA1).

Variationen inom dessa domäner är emellertid stor.

<sup>9</sup> TPS = metod för bestämning av värmediffusivitet och värmeledningsförmåga (Transient plane source).

<sup>10</sup> Beräkning av bergets värmeledningsförmåga utifrån data från densitetsloggningar bygger på ett empiriskt bestämt samband mellan bergets densitet och värmeledningsförmåga.

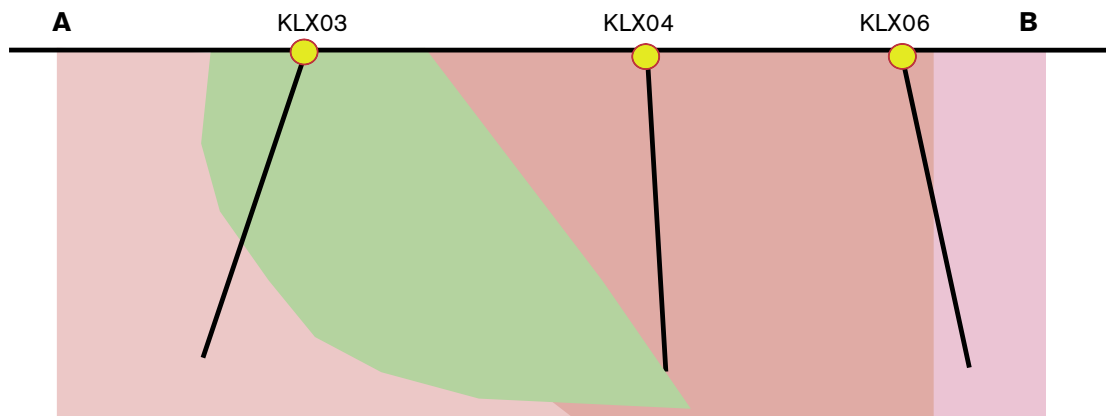


**Figur 3-21.** Termiska domäner i delområde Laxemar.

Data från kärnbrorrhål visar att egenskaperna på djupet i huvudsak är desamma som på ytan se figur 3-22 /SKB 2006a/. Berg med låg värmeledningsförmåga återfinns huvudsakligen i borrhålen KLX03 och KLX05 i söder, samt KLX01 och nedre delen av KLX06 i norr. Ävrögranit med relativt hög värmeledningsförmåga förekommer i de centralt placerade borrhålen KLX02 och KLX04 samt även i den övre delen av KLX06. Variationerna i ävrögranitens termiska egenskaper framgår även i kärnbrorrhål KLX05 och KLX02. Speciellt i domänerna 1 (TD) och 2 (TA3) finns mätvärden under 2,4 W/m K, lokalt ner mot 2,2 W/m K.

Utöver arbetet att bestämma bergets värmeledningsförmåga har den termiska längdvidgningskoefficienten bestämts genom laborietester. Dessa indikerar att längdvidgningskoefficienten ligger i intervallet  $5 \cdot 10^{-6}$  till  $9 \cdot 10^{-6}$ , vilket är normala värden.

De utförda temperaturloggningarna visar stor spridning mellan olika borrhål, varför det finns betydande osäkerheter.



*Figur 3-22. Schematisk profil över termiska domäner i riktning A–B, se figur 3-21.*

### 3.5.3 Viktiga frågor som återstår att besvara

Bergmekanisk hållfasthetsdata, med god statistisk säkerhet, ska tas fram för de mest frekvent förekommande bergarterna inom delområdet. Därför behöver den mekaniska provningen på intakt berg och sprickor fortsätta. Den osäkerhet som finns idag beror främst på att det bara finns prover från ett begränsat antal borrhål. Detta kan innebära att hela bergartsvariationen inom delområde Laxemar inte täckts in, till exempel variation i kvartshalt hos ävrögraniten. Vidare kan tänkas att data från bergarten i aktuella förvarsområden är underrepresenterade.

De mekaniska egenskaperna för större deformationszoner måste klargöras i de fall det blir aktuellt att bygga genom dem. Erfarenheterna från byggandet av Äspölaboratoriet /Stanfors et al. 1997, Andersson och Söderhäll 2001/, Oskarshamns kärnkraftverk och Clab /Curtis et al. 2003/ indikerar dock att tunnelpassage genom den typ av zoner man hade i dessa fall var möjlig med konventionella metoder utan svårigheter.

Bergspänningssituationen i delområde Laxemar är ganska osäker och mätpunkterna som finns ligger båda i den norra delen av Laxemar, ingen mätpunkt ligger i det fokuserade området. Om spänningarna skulle visa sig höga kan det öka risken för spjälkbrottsproblem och därmed ha betydelse för platsanpassningen av förvaret.

Osäkerheten om de termiska egenskaperna är fortfarande stor. Det är bland annat oklart om hittills erhållna data ger en rättvis bild för de delar av berget som är tänkta som deponeeringsområden. Gränserna mellan de termiska domänerna enligt figur 3-21 är osäkra på ytan och ännu mer osäkra mot djupet. Den kanske mest centrala frågan som återstår, är att kunna beskriva hur de termiska egenskaperna varierar i berget. Frågan är viktig för det fortsatta modelleringsarbetet och för att kunna optimera utformningen av förvaret.

### 3.5.4 Undersökningsprogram

Med utgångspunkt från programöversikten i avsnitt 3.1 presenteras i detta avsnitt undersökningsprogram för att bestämma bergets mekaniska egenskaper, bergspänningar samt bergets termiska egenskaper.

### ***Mekaniska egenskaper***

Ökad kunskap om en- och triaxlig tryckhållfasthet, även vid högre inspänningsgrad, behövs för bergmekanisk modellering och stabilitetsanalyser. Hur många enaxliga tryckhållfasthetstest, triaxialtest, indirekta dragtest samt mätningar av längdutvidgningen som behövs avgörs av den geologiska situation i respektive borrhål. Prover tas främst inom djupintervallet 300–500 m för dominerande bergarter. Tester på bergarten diorit-gabbro, som tidigare inte testats, samt på prover med omvandlad ävrögranit kommer att ingå oberoende av var i borrhålen dessa bergarter påträffas. Mekanisk provning, det vill säga uppskattning av normal- och skjuvstyvhet samt skjuvhållfasthet kommer att göras i samma omfattning som tidigare på öppna sprickor samt även på några få läkta sprickor. Testproceduren för spricktester har modifierats under undersökningarnas gång. Därför behövs ytterligare tester för att få ett gott statistiskt underlag från tester med den nya metoden.

P-vågsmätningar fortsätter i de delar av området där sådana mätningar saknas. Mätningarna syftar till att få en uppfattning om på vilket djup som mikrouppsprickningen i borrhålen påbörjas samt en indikering av mikrouppsprickning i samband med spänningsavlastning.

Vidare kommer jämförelseprovning att göras för vissa provningsmetoder under våren och sommaren 2006.

### ***Bergspänningar***

Vid tidigare bergspänningsmätningar i delområde Laxemar har troligen spänningsorienteringen påverkats av deformationszon EW007. För att förbättra kunskapen om bergspänningarna i delområde Laxemar kommer bergspänningsmätningar med både överborrning och hydraulisk spräckning att utföras i ett borrhål (KLX12) under början av 2006. Detta borrhål kommer att placeras i ”det goda berget” på tillräckligt avstånd från deformationszoner. Om mätningarna blir lyckade och resultaten trovärdiga och under förutsättning att de inte indikerar så hög spänningsnivå att den får betydelse för projektering eller säkerhetsanalys, får man anse att mängden data räcker. I annat fall måste mätningar utföras i ytterligare borrhål. Viss osäkerhet finns om tillräckliga resultat är klara vid tidpunkten för datafrys 2.2.

### ***Termiska egenskaper***

Fortsatta insatser med syftet att få säkrare kunskap om bergets termiska egenskaper har hög prioritet. De termiska provningarna fokuseras på ävrögraniten och gabbroen medan provningar i kvartsmonzodioriten görs som kontroll och jämförelse med tidigare resultat. Totalt kommer provtagning och laborietester att utföras på ett selektivt urval av borrhålen från cirka 10 kärnborrhål. Laboriemätningar av värmeledningsförmågan kommer även att omfatta sekundära bergarter och omvandlat berg.

Laborietester av värmeledningsförmåga och termisk expansion görs idag på obelastade prover. Detta kan ge värden som är systematiskt lägre än vad som är fallet under de belastningar som motsvarar förhållanden in situ. Skillnaden kan vara av mindre betydelse, men effekten av tryckberoendet kommer att undersökas för några prover för att bekräfta hypotesen om inspänningsens ringa betydelse, åtminstone för vattenmättade prover.

För att öka förståelsen för hur mineralsammansättningen, i synnerhet omvandlingsprodukter, påverkar värmeledningsförmågan utförs modalanalyser på ett urval av prover från laboriemätningar. Omvandlingsprodukter kvantifieras i möjligaste mån av modalanalysen.

Korrigerade densitetsloggningar från flera borrhål och mätningar av termisk konduktivitet på prover med låg och hög ledningsförmåga behövs för att verifiera etablerade samband och för att få ökad förståelse för värmeledningens variation inom ävrögranit. För att ytterligare minska osäkerheten om värmeledningen i en för kapseln relevant skala har SKB startat en utredning om lämplig teknik för mera storskalig bestämning av värmeledningsförmågan.

Vidare undersöks möjligheten att genomföra mätningar av in situ-temperatur av hög kvalitet och genomförda vid lämpliga tidpunkter.

## 3.6 Hydrogeologi

Det hydrogeologiska programmet omfattar meteorologi, hydrologi och hydrogeologi i jordlager och berggrund. De meteorologiska mätningarna liksom de hydrologiska mätningarna kopplade till vattenkvantitet, vattenföring och vattenstånd, nyttjas också inom programmen för ytnära ekosystem och hydrogeokemi. På motsvarande sätt används mätningar kopplade till yt- och grundvattnets sammansättning, vilka utförs inom ytnära ekosystem och hydrogeokemi, inom hydrogeologiprogrammet som ett hjälpmedel för att klarlägga områdets vattenbalans och vattnets flödesvägar.

### 3.6.1 Syfte och mål

De fortsatta hydrogeologiska undersökningarna syftar till att öka den hydrogeologiska förståelsen samt uppdatera den hydrogeologiska beskrivningen över området så att den uppfyller projekterings- och säkerhetsanalysens behov.

För att underlätta beskrivningen upprättas tredimensionella hydrogeologiska modeller över området, med fokus på (1) den ytnära hydrogeologin (jordlagren och den översta delen av berget) och (2) det djupa bergets hydrogeologi. Modellerna byggs upp med hjälp av tre typer av hydrauliska domäner: jordlager, deformationszoner och bergmassan mellan deformationszonerna. Alla tre domäntyperna måste karakteriseras i varierande grad.

Dataunderlaget ska omfatta såväl geometriska som fysikaliska egenskaper, och ämnesområdet hydrogeologi är här beroende av data från andra discipliner. Exempel på geometriska egenskaper är topografi, sjödjup samt jordlagrens och sprickzonernas lägen och utbredningar. Exempel på fysikaliska tillstånd och egenskaper är dels initial- och randvillkor för tryck och salthalt och dels materialegenskaper som porositet och permeabilitet.

Numerisk modellering används som ett hjälpmedel för att öka förståelsen av områdets hydrogeologi. Genom numerisk simulering, med syfte att beskriva grundvattenflödets storlek och strömningsvägar, kommer antaganden gjorda i den konceptuella hydrogeologiska modellen att kunna demonstreras och prövas. Vilken betydelse har till exempel de osäkerheter i parametervärden som anges i den hydrogeologiska beskrivningen? Kan simulerade resultat, exempelvis avseende pumptester, bekräftas av uppmätta data? Resultaten från simuleringen förväntas kunna visa om kompletterande fältundersökningar krävs eller om redan insamlat dataunderlag är tillräckligt. Modellering är dessutom ett viktigt hjälpmedel för att ta fram underlag till förvarsutformning, säkerhetsanalys och miljökonsekvensbeskrivning.

För att styrka bilden av den hydrogeokemiska utvecklingen, se avsnitt 3.7.1, har transienta grundvattenflödesberäkningar som omfattar tiden sedan den senaste inlandsisavsmältningen genomförts. Dessa simuleringar har lyckats efterlikna de grundvattenkemiska förhållanden som råder idag.

Hydrogeologisk modellering sker i olika skalor, dels i lokal skala i nära anslutning till ett tänkt slutförvar och dels i regional skala inom ett större område.

Merparten av de planerade undersökningarna kommer att koncentreras till den södra och västra delen av delområde Laxemar, det så kallade fokuserade området. Huvudmålen är att dels beskriva de hydrauliska egenskaperna för berget på förvarsnivå och dels beskriva de hydrauliska egenskaper för större deformationszoner som omger det berg som bedöms vara lämpligt för slutförvaret. Undersökningarna ska också ge underlag för beskrivning av jordlagren, och kontakterna jord-berg och ytvatten-grundvatten.

Även området utanför fokuserade området kommer att undersökas men i mindre omfattning än inom det fokuserade området. Detta innebär att dataunderlaget till den lokala hydrogeologiska modellen för det fokuserade området kommer att förbättras avsevärt, medan dataunderlaget i övriga delar inte kommer att förändras i samma utsträckning. Moniteringen kommer dock att fortgå även i kringliggande områden, vilket innebär att data tillkommer även för dessa.

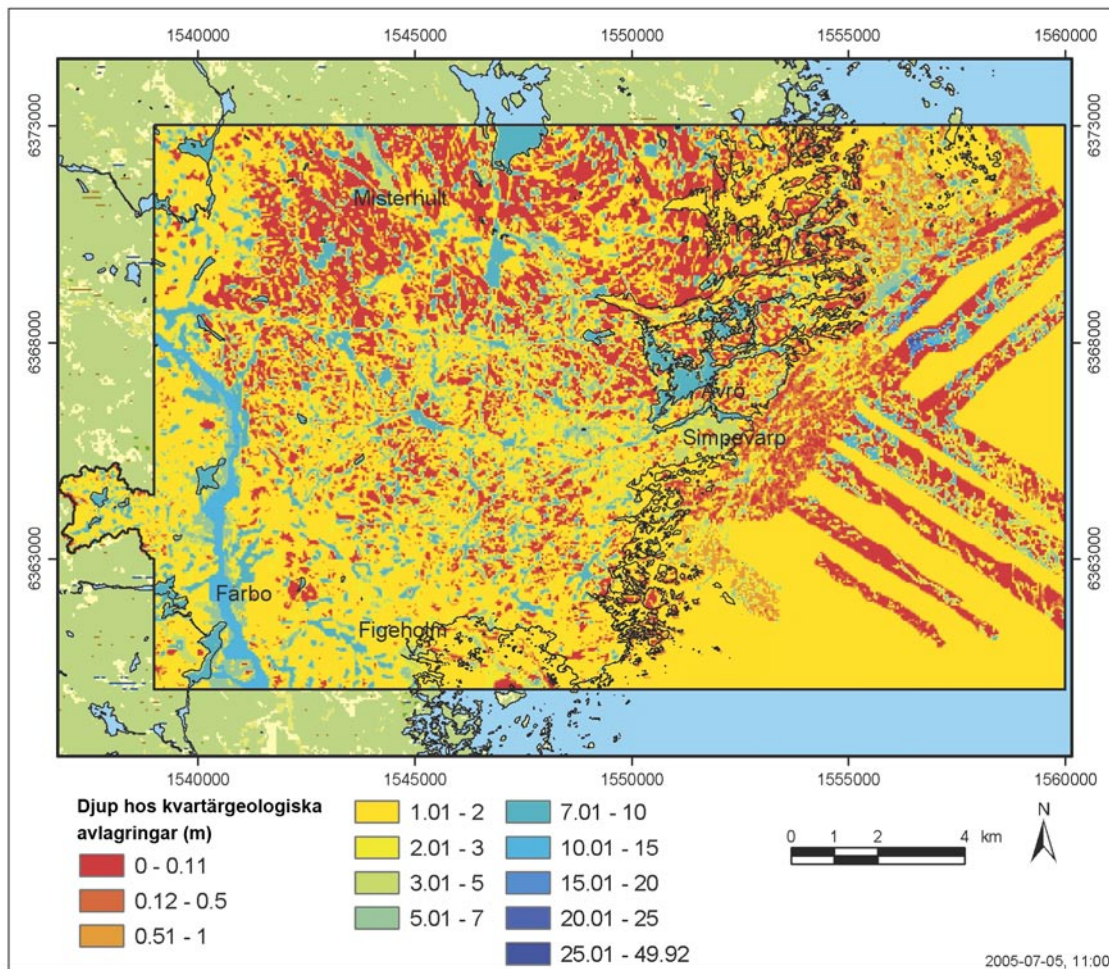
### 3.6.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar

Generellt sett har det varit en god samstämmighet i resultaten från olika typer av hydrotester i berg. Här avses resultat ifrån olika mätningar i kärnborrhål, dels pumptester under borring (med wl-sond), dels PFL-mätningar (Posiva Flow Log) och dels injektionstester med PSS-utrustningen (Pipe String System). Den generella bilden över transmissivitetfördelningen längs borrhål har för dessa metoder varit samstämmig, med beaktande av metodernas inbördes olika mätgränser och olika testskalor. PSS och PFL ger olika typer information men de är delvis överlappande just med avseende på bestämning av transmissiviteten. Överstämelsen stärker tilltron till undersökningsmetodikerna och metodvalen inför de fortsatta undersökningarna.

De viktigaste hydrogeologiska resultaten hittills är den hydrauliska karakteriseringen av jordlagren och berggrunden ner till cirka 1 000 m djup. Resultaten kan sammanfattas i fyra punkter:

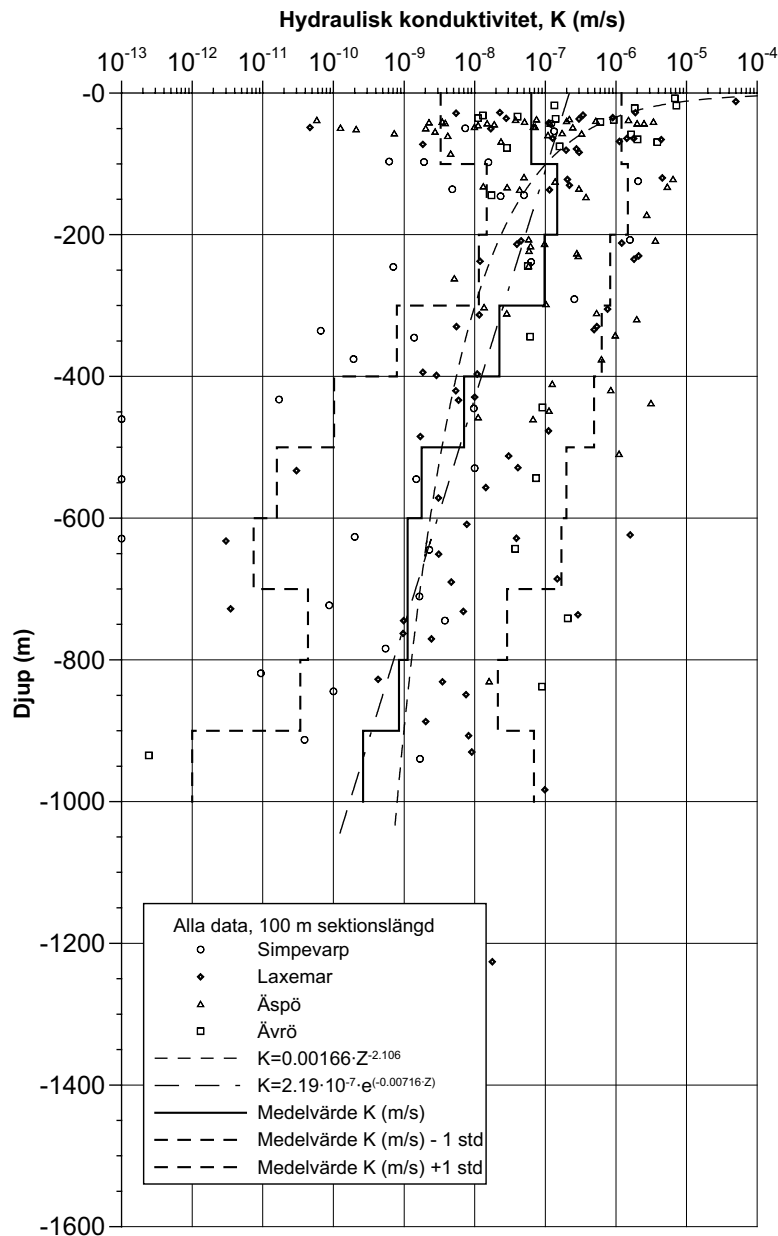
1. De kvartärgeologiska undersökningarna har visat ett mycket uppbrutet jordlagertäcke som är mer heltäckande i den södra än i den norra delen av delområde Laxemar, se figur 3-23. Jordlagren domineras överlag av morän, ibland överlagrad av sand och/eller lera. Inom området är det en stor andel ytnära berg och berg i dagen. Block förekommer ofta ovanpå de finkornigare jordarna, ibland även på större djup. Jordlagrens mäktighet är i genomsnitt cirka 2–3 m och är störst i dalgångarna. Den största jordlagermäktighet som påträffats är cirka 12 m. Hydrogeologiskt har fyra typområden identifierats:
  - Högre belägen terräng med berg i dagen eller ett tunt jordlager.
  - Dalgångar med mäktigare jordlager, inklusive postglaciala sediment som lera, gyttja och torv.
  - Glaciofluviala avlagringar i form av åsmaterial.
  - Småkuperade moränområden.

Grundvattenytan i jordlagren är ytlig och är generellt belägen cirka en meter under markytan. Det största avståndet från markytan till grundvattnet i jordlagren som påträffats är tre meter. Moränens hydrauliska konduktivitet ( $K$ ) har bestämts genom slugtester och analyser av kornstorlekskurvor, och är i genomsnitt cirka  $4 \cdot 10^{-5}$  m/s /Werner et al. 2005/. Inga mätningar har utförts på andra jordarter än morän (till exempel isälvsediment eller lera).



**Figur 3-23.** Modellerade djup hos de kvartära avlagringarna /Nyman 2005/.

2. Berget ner till cirka 200–400 m djup är ofta mycket uppsprucket och hydrauliska konduktiviteten relativt hög. Längre ner är det glesare mellan de vattenförande sprickorna och den hydrauliska konduktiviteten är där mycket lägre, åtminstone en tiopotens lägre än i det övre partiet av hålet, utom i borrhål KLX07A där relativt hög hydraulisk konduktivitet återfinns längs hela hålet. Det tycks finnas en trend med avtagande hydraulisk konduktivitet med djupet, se figur 3-24. Detta gäller både delområde Laxemar och delområde Simpevarp men har inte påträffats i tidigare undersökningar på Äspö.
3. Den genomsnittliga hydrauliska konduktiviteten varierar mellan olika bergarter. Bergdomäner som domineras av basiska bergarter har en något lägre hydraulisk konduktivitet än de granitiska. Spricktransmissivitet hos de olika bergarterna är dock ungefär densamma.



**Figur 3-24.** Hydraulisk konduktivitet (m/s) som funktion av djup (meter över havet) från 100 meterstester på delområde Laxemar; delområde Simpevarp samt på Äspö /SKB 2006/. De hydrauliska konduktiviteterna har utvärderats med olika metoder och representerar "bästa val".

4. Omfattande hydrauliska mätningar har utförts i de större deformationzonerna enligt följande,

**EW007:** Mätningarna visade att zonen är hydrauliskt högkonduktiv, åtminstone i de övre partierna ner till 200 m. Enskilda tester har visat att zonen i sina övre delar har en transmissivitet i intervallet  $8 \cdot 10^{-5}$ – $8 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Den tycks vara mindre konduktiv i sitt centrala parti, eftersom ingen hydraulisk konduktivitet kunde påvisas mellan östra och västra delen av EW007. Transmissiviteten hos zonen har i den platsbeskrivande modellen ansatts till  $5 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s /Tabell 3-7 i SKB 2006a/.



**EW002:** Inom delområde Laxemar har endast borrhålen KLX06 och HLX20 borrats mot EW002. Dessa är i markytan belägna 200 m ifrån varandra och är hydrauliskt konnekterade. Enskilda tester har visat att transmissiviteten är  $4 \cdot 10^{-5}$ – $3 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Transmissiviteten hos zonen har i den platsbeskrivande modellen ansatts till  $4 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s /Tabell 3-7 i SKB 2006a /.

**NW042:** Interferenstester tyder på att denna deformationszon inte är hydrauliskt konnekterad i hela sin sträckning. Zonen är högkonduktiv i sin västra och centrala del. Här erhöles enskilda transmissiviteter i intervallet  $1 \cdot 10^{-5}$ – $4 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s. Dock är den hydrauliska konnektiviteten däremellan ej bekräftad eftersom responsen vid interferenstester är osäker. Den östra delen tycks vara relativt impermeabel då ett par hål visat sig torra vid borrning, dock har den hydraulisk kontakt med det centrala mer permeabla partiet. Transmissiviteten hos zonen har i den platsbeskrivande modellen ansatts till  $4 \cdot 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/s /Tabell 3-7 i SKB 2006a/.

**NS059 norra delen:** Borrning och interferenstester mellan två hammarborrhål i denna deformationszon bekräftar förekomsten av en sprickzon med hög transmissivitet på cirka  $2 \cdot 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s.

Ett viktigt resultat är också att mätsystem för långtidsobservationer av såväl meteorologiska och hydrologiska parametrar som grundvattenparametrar har satts i drift. Denna utgör en hörnsten för insamling av data till den platsbeskrivande modellen för flera ämnesområden och som underlag till miljökonsekvensbeskrivningen. Systemet beskrivs i avsnitt 3.10.

Bortsett från de platsspecifika resultat som tagits fram har också viktiga metodrelaterade resultat framkommit, framförallt när det gäller hydrauliska detaljundersökningar av kärnborrhål. De två standardmetoder som har använts för detaljundersökningarna är sektionsvisa injektionstester (utförda med PSS,) samt differensflödesloggning (utförda med PFL).

**Tabell 3-2. Fördelning av hydraulisk konduktivitet i mätskalan 5 m mätt med Posiva Flow Log uppdelat på bergart i borrhål i delområde Laxemar och delområde Simpevarp (KAV01, KAV04A, KSH01, KSH02A, KLX02, KLX03 och KLX04). Tabellen baseras på litologiska enheter som är längre än 1 m i borrhärnan (Sicada-koden Rocktype). Deformationszoner tolkade från enhålstolkning och RVS-modell är inkluderade i data /SKB 2006/.**

Bergart	Hydraulisk konduktivitet, K (m/s) (geometriskt medelvärde)	Standardavvikelse (Log <sub>10</sub> K)	Antal observationer	Kommentar
Alla bergarter	$9,8 \cdot 10^{-11}$	1,72	1 426	
Finkornig dioritoid	$4,7 \cdot 10^{-11}$	1,58	327	
Diorit/gabbro	–	–	5	Bara en mätning över mätgräns. Troligen jämförbar med finkornig dioritoid och kvartsmonzodiorit.
Kvartsmonzodiorit	$1,7 \cdot 10^{-11}$	2,05	167	
Ävrögranit	$1,2 \cdot 10^{-10}$	1,74	827	
Granit	$1,5 \cdot 10^{-9}$	1,74	20	
Pegmatit	–	–	2	Bara en mätning över mätgräns: K = $1,1 \cdot 10^{-9}$ m/s.
Finkornig diorit-gabbro	$5,0 \cdot 10^{-12}$	2,99	28	
Finkornig granit	$1,8 \cdot 10^{-9}$	1,29	50	

Erfarenheterna från undersökningar av två kärnborrhål i delområde Simpevarp (KSH01A och KSH02) tyder på att de två undersökningsmetoderna i viss mån överlappar varandra men ger olika typer av data. Resultaten från båda metoderna är viktiga för utvärderingen av vattengenomsläpplighet i analysarbetet. Som ett exempel kan nämnas att PSS har ett större mätområde avseende vattengenomsläpplighet (hydraulisk transmissivitet) än PFL. Framför allt kan låga transmissiviteter kvantifieras bättre med PSS än med PFL, PSS kompletterar där PFL saknas.

Nackdelen med PSS är att minimilängden på en mätsektion i borrhålet är fem meter med nuvarande utformning av utrustningen. Följaktligen mäts med PSS en transmissivitet med en geometrisk upplösning på fem meter. Upplösningen längs med hålet vid flödesmätningar med PFL är däremot så hög som 0,1 m. Med PFL kan därför enskilda spricktransmissiviteter bestämmas. Dessa ger tillsammans med kartering av borrhärna, boremapdata, och digitaliserad TV-loggning av borrhålsväggen, BIPS, värdefull och användbar information för arbetet med sprickmodellen av området (Hydro-DFN modellen). PFL har även möjlighet att mäta elektrisk konduktivitet i specifika sprickor vilket bidrar till förståelsen av de hydrogeologiska och hydrogeokemiska modellerna.

En metodutvärdering har även gjorts för mätningar av absoluttryck under borring. Mätningarna utförs med en sond i borrhärngen (wl-sond). Preliminärt har denna utvärdering visat att hittills gjorda mätningar ger ett tryck som motsvarar det hydrostatiska trycket, vilket tolkas som att några abnormala tryckförhållanden inte föreligger inom området, vilket också var förväntat utifrån områdets relativt flacka topografi.

Numeriska grundvattenflödesmodelleringar i regional skala har genomförts baserat på modellversion Laxemar 1.2 /Hartley et al. 2006/. Modelleringen har nyttjat kemidata, såsom salthalt, isotopförhållande ( $\delta^{18}\text{O}$ ) och blandningsproportioner av olika vattentyper, för att testa och kalibrera den numeriska modellen. Den nuvarande numeriska modellen förmår att relativt väl beskriva rumsliga fördelningen av salthalt,  $\delta^{18}\text{O}$  och blandningsproportioner på samma sätt som observationerna i borrhål. Kemiobservationerna är dock få i vissa områden varför ytterligare vattenprovtagning kommer att kunna förbättra möjligheterna att testa den regional grundvattenflödesmodellen. Speciellt nya prov för att beskriva den rumsliga fördelningen av salthalt, glacialt vatten samt Littorinavatten bedöms vara viktiga.

### 3.6.3 Viktiga frågor som återstår att besvara

Flera viktiga frågor återstår att besvara men några frågeställningar lyfter sig från mängden. De viktigaste kan sammanfattas i nedanstående fem punkter. Insatser inriktade på att kvantifiera bergmassans egenskaper och variabilitet i potentiella deponeringsområden är prioriterade enligt diskussion i avsnitt 2.3.3.

- **Större deformationszoners hydrauliska egenskaper.**  
Stor möda och mycket resurser har hittills lagts ner på karakteriseringen och förståelsen av de större deformationszonerna. Detta arbete kommer att fortsätta, och fokuseras till de större deformationszonerna som avgränsar och delar upp deponeringsområden. Undersökningar enligt (a) i avsnitt 3.6.4 nedan.
- **Lokala mindre deformationszoners hydrauliska egenskaper.**  
Hittills har karakteriseringen fokuseras till de större deformationszonerna. Det återstår att klarlägga lokala mindre deformationszoners rumsliga fördelning och vattenförande egenskaper, vilka styr grundvattenströmningen i bergmassan. Undersökningar enligt (b) i avsnitt 3.6.4 nedan.

- **Karakterisering av bergmassan för DFN-modellering.**  
En bättre förståelse av kopplingen mellan spricksystemets geometri och hydrauliska egenskaper är nödvändig för att få bättre överensstämmelse mellan mätningar och modeller. Två studier av bergmassan under detaljkarterade hållar görs för detta syfte. Nyckelfrågan i sammanhanget är tilltron till en extrapolation från ytliga till djupare delar av berget. Undersökningar enligt (b) i avsnittet 3.6.4 nedan.
- **Verifiering av deponeringsområden.**  
En väsentlig del av kommande undersökningar är att verifiera bergets hydrauliska egenskaper inom de bergvolymerna som väljs som möjliga deponeringsområden. I dessa områden behövs riktade och optimerade undersökningsinsatser med samma undersökningsmetodik som använts tidigare. Undersökningarna kommer också att omfatta installation av kompletterande jordrör i jordlagren i de områden som kan komma att påverkas av förvaret. Undersökningar enligt (b) och (d) i avsnittet 3.6.4 nedan.
- **Karakterisering och förståelse av de hydrogeologiska förhållandena i viktiga utströmningsområden och i kontaktzoner mellan jord-berg och ytvatten-grundvatten.**  
De hittills genomförda undersökningarna av berg respektive jordlager har utförts separat och även modelleringen har fokuserats på de enskilda delsystemen. Både undersökningar och modellering behöver i större utsträckning beakta kontaktzonen mellan jord-berg, varför riktade insatser behöver göras just för detta. Även karakterisering och förståelse av viktiga utströmningsområden, främst sådana som kan förväntas vara av betydelse för modelleringen av radionuklidtransport, och kontakten mellan yt- och grundvatten behöver förbättras. Undersökningar enligt (c) och (d) i avsnitt 3.6.4 nedan.

Den övergripande strategin och undersökningarnas ramverk för att besvara ovanstående frågor ges i avsnitt 2.4.4 respektive 2.4.5. I följande avsnitt 3.6.4 presenteras målsättning, syfte och program för de fortsatta hydrogeologiska undersökningar.

### 3.6.4 Undersökningsprogram

Huvudmålet med de fortsatta undersökningarna i det fokuserade området är att ta fram hydrogeologiska data (variabler och parametrar) för den platsbeskrivande modelleringen. Dessa data utgör underlag för att öka kunskapen om de hydrauliska egenskaperna i de större deformationszonerna som avgränsar och delar upp deponeringsområdena samt att öka kunskapen om de hydrauliska egenskaperna hos bergmassan på förvaringsnivå och jordlagren.

De geologiska och hydrogeologiska undersökningarna av de större deformationszonerna syftar till att ge en samlad bild av deras geometri och karaktär. Ur hydrogeologisk synvinkel är det zonernas egenskaper (främst transmissivitet) och hur de är hydrauliskt kopplade till andra större zoner som efterfrågas. Interferenstester är en metod som både bekräftar tolkningen av en zons geometri och dess hydrauliska förbindelser med närliggande zoner. Data från interferenstester kan också utnyttjas för att testa grundvattenflödesmodellernas mer storskaliga uppträdande (dock relativt lokalt sett ur ett regionalt perspektiv). Rumslig variabilitet av transmissivitet (främst djupberoende) kommer att uppskattas utifrån undersökningarna, men uppskattningarna måste huvudsakligen baseras på generella iakttagelser för flera deformationszoner. Detaljstudier av vissa deformationszoner, som baseras på interferenstester samt geologiska och hydrogeologiska borrhålsdata representativa för deformationszonerna och zonernas närhet, bidrar också till en ökad förståelse för hur zonernas heterogenitet bör beskrivas och modelleras. Både PSS- och PFL-mätningar förväntas ge underlag till hur zonernas heterogenitet bör beskrivas.

De hydrauliska egenskaperna hos bergmassan mellan de större deformationszonerna beskrivs stokastiskt, oftast med hydrauliska sprickmodeller. Denna beskrivning är viktigast för försvarsnivå. För att skapa tillräckliga underlag för de hydrauliska sprickmodellerna är det inte tillräckligt att bara fokusera på försvarsdjup. Modellerna bygger i hög grad på integrerad information från både deformationszonsmodellen av de större zonerna och kartering av hållar samt borrhål för att få underlag på fördelningar för såväl storlek på sprickor och zoner som deras orientering. Dessa data ska primärt ge ett underlag för trovärdiga, relativt ytnära, sprickmodeller som modifieras (om nödvändigt) med hjälp av borrhålsdata för att beskriva djupberoendet.

Två viktiga arbeten som syftar till att ge bättre underlag för modelleringen av sprickor och sprickzoner planeras under platsundersökningen; karakterisering av mindre deformationszoner och underlag för DFN-modellering, se avsnitt 3.1 och tabell 3-1 samt efterföljande beskrivning i detta kapitel. De två programdelarna förutsätts bekräfta att den metodik som används av geologi och hydrogeologi för att ta fram sprickmodeller som beskriver både mindre sprickor och mindre sprickzoner fungerar bra. Ett flertal borrhål kommer att borras i den bergvolym som bedöms vara lämplig som deponeringsområde för att ge viktiga underlag. Information från borrhålen förväntas ge underlag för en bedömning av den storskaliga rumsliga variabiliteten av bergets vattengenomsläpplighet på försvarsnivå och för att fram hydrauliska sprickmodeller relevanta för försvarsnivå baserat på borrhålsdata och ytnära observationer.

Förutom att bergmodellen ska förbättras under KPLU ska också jordlagermodellen samt bergytmodellen uppdateras med nya undersökningsdata. Detta görs för att ytnära hydrologiska processer ska kunna modelleras på ett tillräckligt noggrant sätt.

Det hydrogeologiska undersökningsprogrammet som presenteras nedan utgår från programöversikten i avsnitt 3.1.

### **Översikt över kommande undersökningar**

Det hydrogeologiska undersökningsprogrammet som presenteras nedan utgår från programöversikten i avsnitt 3.1.

De fortsatta undersökningarna kommer företrädesvis att genomföras i det fokuserade området: södra och västra delen av delområde Laxemar. Syftet med den kompletta platsundersökningen är att fullborda den geovetenskapliga karakteriseringen av det fokuserade området och komplettera erhållen kunskap. För de hydrogeologiska huvudaktiviteterna innebär detta att:

- a. mer detaljerat undersöka möjliga lokala större sprickzoners egenskaper, position och utsträckning inom det fokuserade området,
- b. undersöka bergmassans hydrauliska egenskaper mellan de större deformationszonerna från markytan och ner under försvarsdjup med djupa borrhål inom det fokuserade området,
- c. komplettera kartläggningen av den ytnära hydrologin i form av fördjupade undersökningar av hydrologiska/hydrogeologiska förhållanden inom viktiga utströmningsområden, särskilt sådana där den hydrauliska kontakten mellan jord och berg och mellan ytvatten och grundvatten kan studeras,
- d. komplettera kartläggningen av den ytnära hydrogeologin (berg och jord) inom och nära det fokuserade området. Undersökningarna innefattar installation av jordrör och bestämning jordlagrens hydrauliska egenskaper,

- e. om den pågående modelleringen visar att det finns en påtaglig nytta med att rand- och initialvillkor kan motiveras bättre kan vissa hydrogeologiska undersökningar bli aktuella i det regionala området.

### **Undersökningar av jordakvifären och den ytnära hydrologin**

De undersökningar som beskrivs här kopplar främst till punkterna (c) och (d) ovan.

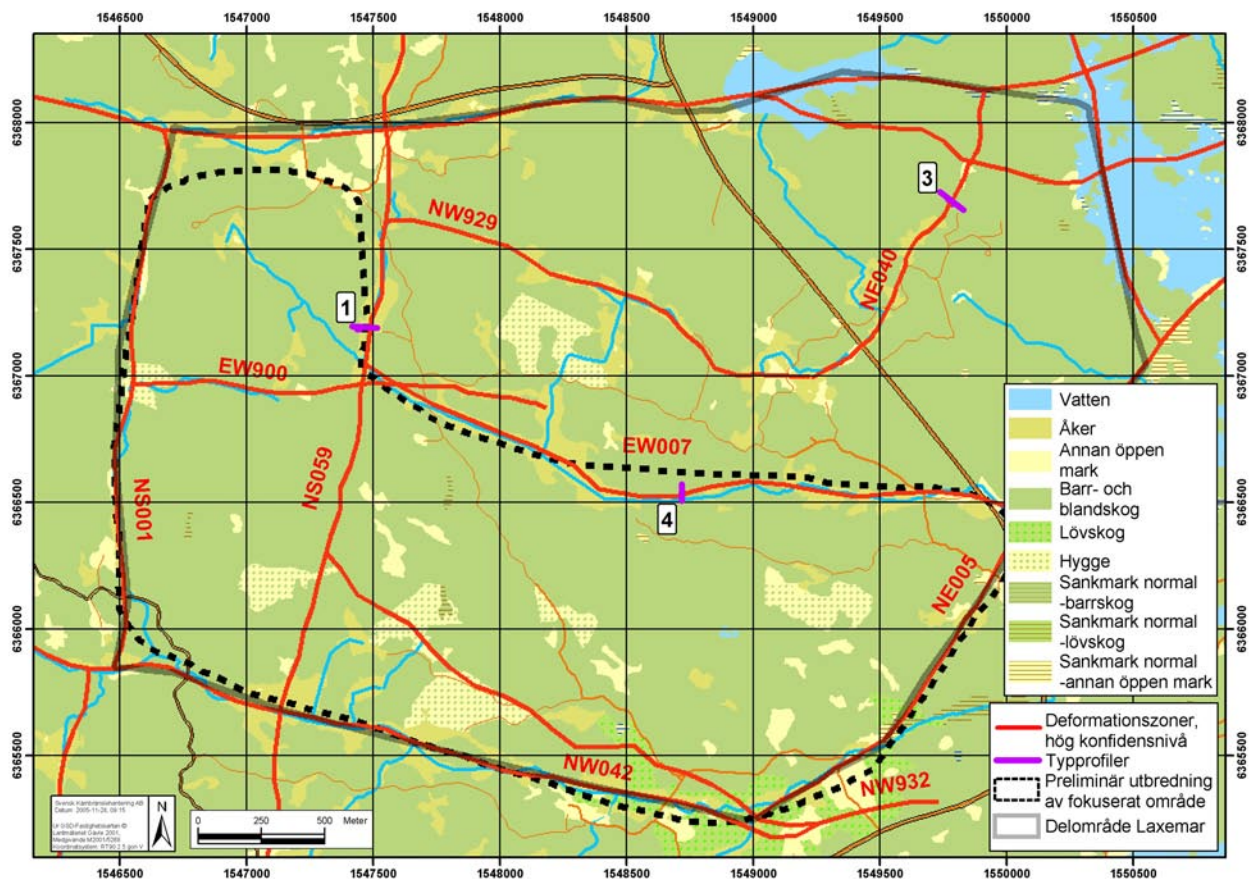
För att öka kunskapen om vattenomsättningen i området och förfina den konceptuella modell som utgör grunden för de numeriska simuleringarna är det viktigt att ytterligare studera den hydrauliska kontakten mellan ytvatten, jordgrundvatten och berggrundvatten. Ett antal jordschakt för att frilägga berget har utförts där man tolkat deformationszoner. Dessa undersökningar består av kronstorleksanalys av jordlagren och kartering av bergets sprickighet i kontakt med jordlagren. Undersökningarna ska bidra till beskrivningen av hur kontaktzonen mellan jord och berg ser ut, och därmed belysa förutsättningarna för hydraulisk kontakt mellan jord- och berggrundvatten. Lågt liggande partier i terrängen, såsom våtmarker, kommer att studeras för att belysa i vilken utsträckning de utgör utströmningsområden eller separata hydrologiska system. Insatser kommer att koncentreras till områden som förväntas vara viktiga för förståelse och kvantitativ modellering av radionuklidtransport.

Den monitorering som genomförs i Oskarshamn, omfattar bland annat insamling av meteorologiska data, vattenflöden i vattendrag samt yt- och grundvattennivåer, och ger möjlighet att studera effekter av såväl naturliga förändringar som av mänskliga aktiviteter. Exempel på frågor som kan belysas är hur jord- och berggrundvattennivåer i olika delar av området förändras vid kraftig nederbörd och vid variationer i havsnivå, hur grundvattennivåerna i jord och berg samvarierar, om områdets sjöar alltid utgör utströmningsområden, och hur vattennivån i jordrör förändras vid pumpningar för interferenstester i närliggande borrhål i berget. Planerna för fortsatt monitorering redovisas i avsnitt 3.10.1 och 3.10.2.

För att studera grundvattenbildningen planeras förutom pågående vattenföringsmätningar och vattenkemiska analyser också riktade undersökningar med interferens- och/eller spårämnestester samt monitorering av vattenkemin.

Undersökningar ska utföras vid tre så kallade typprofiler för att bestämma den hydrauliska kontakten mellan jord- och bergakvifären. Vid dessa profiler finns både hammarborrhål och jordrör, se figur 3-25. Karakteriseringen av jord- och bergkontakten består av två komponenter:

- Ett interferenstest där hammarborrhål i berg pumpas och grundvattennivån i jordrör observeras. Hammarborrhålet manschetteras med två manschetter för tryckobservation i tre sektioner under testet. Eventuellt kan spårförsök med konservativa spårämnen komma att utföras i samband med interferenstestet. När testerna är klara ska tryck mätas i hammarborrhål och jordrör instrumenteras för långtidsobservationer.
- Långtidobservationer av grundvattentryck, meteorologiska parametrar och vattenföring i vattendragen, se avsnitt 3.10.5. Observationerna ger möjlighet till att följa grundvattennivåerna i berg- respektive jordakvifären under längre tidsperioder. Detta ger möjlighet att studera korrelationen mellan nederbörd och responser hos grundvatten- och ytvattensmagasin. Informationen förväntas bidra till karakterisering och förståelse av jord-bergkontakten och av lokal grundvattenbildning.



**Figur 3-25.** Typprofiler i delområde Laxemar där undersökningar ska genomföras för den hydrogeologiska karakteriseringen av jord/bergkontakten. (Numreringen av profilerna hänför sig till de tidigare profilundersökningar som gjorts vid totalt sex profiler. Av dessa har tre valts ut (1, 3 och 4) för vidare hydrogeologiska undersökningar.)

Det föreligger ett behov av ytterligare jordrör och strategin för utsättning av dessa styrs i första hand av behov inom modelleringen av ytnära hydrogeologi. För närvarande planeras drivning av ytterligare cirka 20 jordrör med följande huvudsyften:

- Kompletterande kartering av jordlager och jordakvifären inklusive våtmarker. Här avses riktade insatser för en bättre karakterisering av samspelet mellan våtmark och jordakvifär. Dessutom kan modelleringen ge upphov till frågeställningar som besvaras bäst genom kompletterande borrhörningar.
- Karakterisering och monitorering av jordakvifär inom förvarsområde. Området där förvaret placeras kommer under dess drifttid att vara föremål för grundvattenavsänkning. För att erhålla referenstidserie i område där största avsänkning kan prognosticeras skall jordrör drivas inom det fokuserad området
- Kompletterande undersökningar för karakterisering av jordrörens lägen i termer av in/utströmning och utvärdering av rörens representativitet för området som helhet.
- Karakterisering av jordlager i sjö/havsvikar. För ändamålet planeras att driva 1–2 rör i Frisksjön och 1–2 rör i Norre Fjärd belägget öster om Frisksjön. Med befintliga installationer och karakteriseringar erhålls dessutom en komplett öst-västlig profil där hydrodynamiken i yt- och jordgrundvattensystemet kan följas.

Undersökningarna i jordrör kommer som tidigare att bestå av slugtest och instrumentering av grundvattennivåer för långtidobservationer. Dessutom kommer slugtester att genomföras i gamla rör, som inte testats tidigare för att dom varit torra eller varit miljörör i anslutning till kärnbronningen.

Inom området finns ett stort antal privata brunnar, i jord och i berg. Ett förvar i området kan komma att påverka brunnarnas grundvattennivåer, varför monitorering av grundvattennivåerna planeras. Omfattningen och när monitoreringen ska starta har ännu inte bestämts.

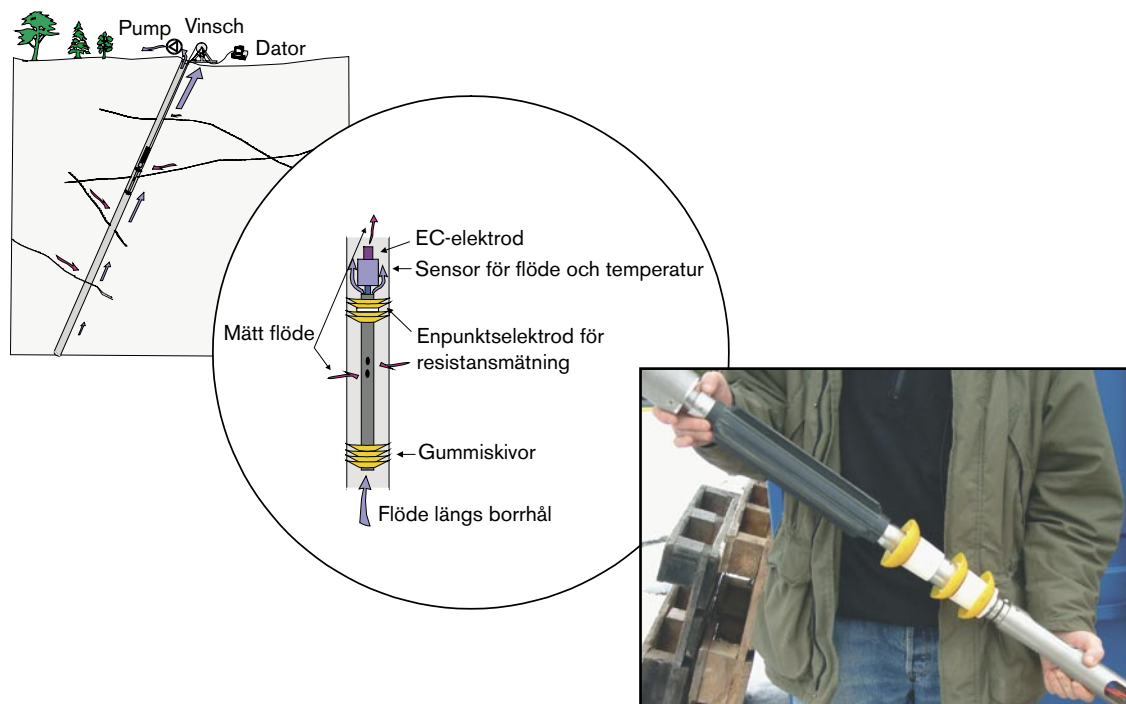
### Undersökningar i kärn- och hammarborrhål

De undersökningar som beskrivs här kopplar främst till punkterna (a), (b), (d), och (e) ovan. Borrprogrammet beskrivs i avsnitten 3.1 och 3.9.

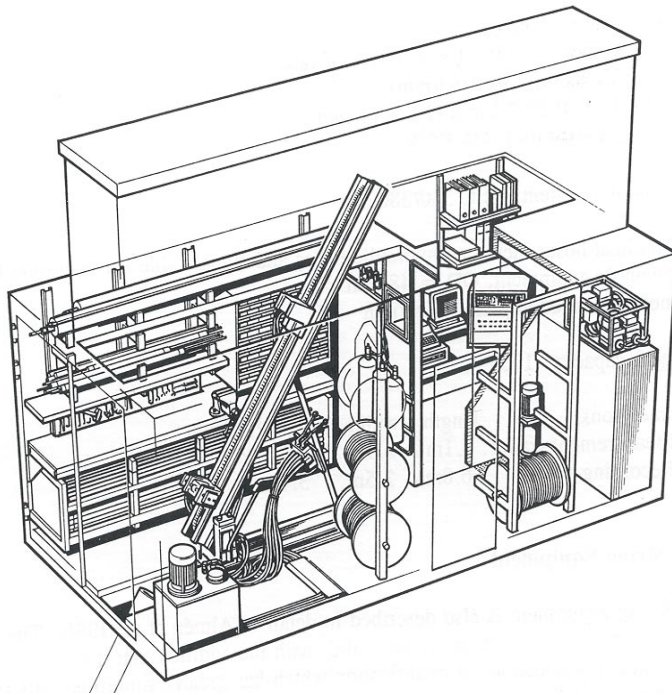
#### Kärnbronnhål

Pumptester ska utföras i samtliga kärnbronnhål utom i de korta hålen (10–100 m), enligt borrprogrammet i tabell 3-1. Pumptester under kärnbronning (WL-tester) planeras att genomföras var 100:e m enligt en utvecklad metodik och kontrollerade stigningsmätningar genomförs cirka var 300:e m. De hittills utförda tryckmätningar under borring har utvärderats och utfallet innebär att de kommer att avvecklas under 2005.

Vattenförande sprickors positioner och egenskaper utgör grundläggande och mycket viktig information som tas fram för merparten av bronnhålen i platsundersökningen. Den hydrogeologiska detaljundersökningen av djupa kärnbronnhål kommer att omfatta både differensflödesloggning (PFL), se figur 3-26 samt injektions- och pumptester (PSS), se figur 3-27. Metodernas användning kommer att kontinuerligt värderas och fokuseras mot de behov som kommer fram i modelleringen.



**Figur 3-26.** Schematisk illustration av PFL-sonden. Denna mätmetod utgör tillsammans med PSS en grundpelare i den hydrogeologiska karakteriseringen i kärnbronnhål.



**Figur 3-27.** Schematisk illustration av PSS-utrustningen. Denna mätmetod utgör tillsammans med PFL en grundpelare i den hydrogeologiska karakteriseringen i kärnbråhåll.

Att undersökningsmetodikerna innefattar båda metoderna (PSS och PFL) motiveras av att båda ger information som är betydelsefull för platsmodelleringen. Möjligen kan fokuserade undersökningsprogram för de respektive metoderna tillämpas i vissa kärnbråhåll framöver.

De hydrauliska injektionstesterna genomförs antingen med 100, 20 eller 5 m sektioner (5 m endast i intervallet 300–700 m, det vill säga vid potentiellt förvarsdjup). De mer omfattande testerna (större programmet) kommer att genomföras i cirka sju bråhåll, preliminärt är dessa KLX10 och KLX11 samt fem av de medellånga bråhåll (500–600 m) som borras för karakterisering och verifiering av bergvolymerna för deponeringsområde och centralområde.

Injektionstester kommer inte att användas för karakterisering av de korta kärnbråhållen (max 100 m), här ska den hydrauliska karakterisering endast göras med PFL.

I samband med injektionstesterna genomförs vid behov pumpstester av individuella hydrauliska strukturer, och/eller provtagning av grundvatten för kemisk analys (se avsnitt 3.7 Hydrogeokemi). Tryckresponser från pumpstester registreras i omgivande observationsbråhåll.

Mätningar av naturligt grundvattenflöde planeras i ytterligare tre bråhåll, KLX08, KLX10 och KLX11. Dessa görs på olika djup i 3–5 sektioner per bråhåll med en utspädningsmetod. Tillsammans med mätningarna i KLX03 och KHS02 fås en kvantifiering av det naturliga grundvattenflödet längs en tänkt profil som sträcker sig igenom bergvolymerna för ett eventuellt deponeringsområde i öst-västlig riktning. Mätningarna görs tillsammans med ämnesområdet Transport, se avsnitt 3.8, som även kommer att utföra SWIW-tester i samband med grundvattenflödesmätningarna.

Ett antal interferenstester kommer att utföras vilka diskuteras i separat avsnitt längre fram i detta avsnitt.



## Hammarborrhål

Redan i samband med borrhningen av hammarborrhål erhålls hydrogeologisk information genom att grundvatteninflöden observeras kontinuerligt och borrhjunkningshastigheten registreras. Direkt efter borrhning genomförs hydrauliska tester i form av enkla helhålpump-tester i alla hammarborrhål. Syftet med dessa tester är att bestämma borrhålets transmissivitet och om möjligt observera tryckresponser i omgivande borrhål. Ytterliggare karakterisering med injektionstester och flödesloggning görs vid behov. I samband med pumptesterna tas vattenprover för kemisk analys.

För perioden 2006–2007 planeras cirka åtta nya hammarborrhål vilka skall testas enligt ovan.

Flödesloggning har hittills inte utförts i hammarborrhålen i delområde Laxemar på grund av att hydrauliska responsmätningar har prioriterats. Pumptester med flödesloggning (HTHB) kommer att utföras i cirka 5 till 10 hammarborrhål. Hålen väljs baserat på primära borresultat, översiktskartering och enkla pumptesterna.

## Interferenstester

De undersökningar som beskrivs här kopplar främst till punkterna (a), (b), (d), och (e) ovan.

Interferenstester används för att förstå den hydrauliska kontakten inom undersökningsområdet. Information om hur sprickzoner och spricknätverk kopplar hydrauliskt används bland annat som stöd för den hydrogeologiska modellen. Ett antal interferenstester kommer att genomföras.

Speciell fokus på interferenstester för följande syften:

- **Större deformationszoner.**

Dessa undersökningar kopplar främst till punkt (a) ovan. Genom att penetrera en deformationszon med borrhål på fler ställen, kan variabiliteten i zonen egenskaperna studeras och, om zonen inte är alltför låg-transmissiv, zonen geometri och utsträckning bekräftas med interferenstester. Dessutom kan den hydraulisk kontakt med närliggande deformationszoner eventuellt bekräftas. Observationspunkterna bör inte ligga längre bort än cirka 500 m från den avmanschetterade sektionen i det borrhål som pumpas. Pumpningen som företrädesvis görs med PSS-utrustningen måste vanligtvis pågå flera dagar och den efterföljs av en återhämtningfas som är ungefär lika lång. Det är mycket viktigt att andra aktiviteter som riskerar att störa trycket inte pågår under vare sig pump- eller återhämtningfas. I vissa av dessa tester kan det vara av intresse att genomföra spår försök för att bekräfta konnektivitet mellan zoner och få information om zonernas transportegenskaper. Spår försöken planeras från fall till fall och kräver sannolikt att borrhålen är placerade på avstånd kortare än cirka 500 m. Beroende på sprickzonens transmissivitet kan betydligt kortare avstånd bli aktuella.

- **Bergmassans lokala mindre deformationszoner (cirka 10–1 000 m långa sprickor och sprickzoner).**

Dessa undersökningar kopplar främst till punkt (b) ovan. I samverkan med ämnesområde geologi undersöks karaktären på mindre deformationszoner nära markytan, se 3.3.4. Syftet är både att dokumentera en metodik för att identifiera mindre deformationszoner vilken kan tillämpas på alla borrhål och att koppla geofysiska och topografiska anomalier till vad som kan anses vara lokala mindre deformationszoner som förväntas vara av betydelse för slutförvaret. På detta sätt kan ett underlag till den rumsliga beskrivningen av mindre deformationszoner i statistiska termer fås. Zonerna karakteriseras med hjälp av ett kärnborrhål, i vilket PFL genomförs, och ett hammarborrhål som används som pumphål vid interferenstest med kärnborrhålet.

- **Bergmassans karakterisering för HydroDFN.**

Dessa undersökningar kopplar främst till punkt (b) ovan. Både de hydrauliska DFN modellerna (HydroDFN) och de geologiska DFN modellerna (GeoDFN) måste knytas bättre till både ytdata som borrhålsdata, och på ett relevant sätt ta hänsyn till eventuella djuptrender. Bristen i data har inneburit att detaljerade DFN modeller byggs upp nära markytan för att verifiera att data från olika källor kan representeras av DFN modellerna. Det är sedan en förutsättning för att kunna extrapolera modellerna mot djupet, se 3.3.4. För detta ändamål borrar fem stycken 100 m djupa speciellt utplacerade borrhål på två platser. Det krävs både hydrauliska enhålstester och interferenstester i dessa hål. På båda platserna används PFL som huvudutrustning. Detta är en specialvariant av interferenstester som kommer att prövas för att ge underlag till DFN modelleringen. Metodiken har inte prövats av SKB tidigare och beroende på utfall kan det bli aktuellt att genomföra interferenstesterna enligt traditionell metodik med pumpning mellan manschetter och observation av tryck i omgivningen. Vid interferenstesterna kommer tre av hålen att pumpas, ett åt gången, och samtidigt genomförs PFL-loggning i de övriga fyra hålen. Totalt planeras utförande av tre interferenstester med ett pumphål och fyra observationshål vardera. Preliminärt planeras denna typ av tester att utföras vid KLX09 (våren 2006) och KLX11 (hösten 2006). Mätprogrammet för hösten 2006 kan komma att modifieras efter erfarenheter från mätningarna som görs under våren 2006.

- **Storskaligt interferenstest.**

Dessa undersökningar kopplar främst till punkt (a) och (b) ovan. I kombination med spårförsök syftar detta i första hand till att verifiera upprättade platsbeskrivande modeller över deponeringsområdet. Testerna inbegriper bergmassan i den stora skalan, det vill säga inklusive förekommande lokala större och mindre deformationszoner. Dessa tester är tidskrävande (cirka 3+3 månader) och kräver hydrauliskt stabila förhållanden över ett stort område. De kommer därför att genomföras först när övriga undersökningar slutförts, det vill säga efter datafrys 2.3, se också avsnitt 3.1 och 3.8.

## **3.7 Hydrogeokemi**

### **3.7.1 Syfte och mål**

Ämnesområdet hydrogeokemi omfattar undersökningar av kemiska förhållanden i ytvatten och i grundvatten ner till cirka 1 000 m djup i berggrunden. De två huvudsakliga syftena med de hydrogeokemiska undersökningarna är /SKB 2001a/:

1. Att karakterisera och beskriva grundvattnet med avseende på kemisk sammansättning, ursprung, utveckling, huvudsakliga flödesvägar och uppehållstider samt att identifiera de kemiska reaktioner och processer som påverkat grundvattnets utveckling fram till idag, för att därigenom kunna förutsäga grundvattnets framtida utveckling.
2. Att erhålla representativa och tillförlitliga värden på vissa kemiska komponenter som är viktiga för att projektera ett slutförvar för använt kärnbränsle och för att göra analyser av den långsiktiga säkerheten hos förvaret. De komponenter som avses är bland annat sådana som i höga eller i vissa fall för låga koncentrationer kan påskynda korrosionen av kopparkapslarna som innesluter kärnavfallet, försvaga barriären av bentonitlera, ha betydelse för utformningen av återfyllnadsmaterialet i tunnlarna eller påverka hur radionuklider kan transporteras i vattnet om en kopparkapsel skulle bli otät.

Det primära syftet med de planerade hydrogeokemiska undersökningarna är att åstadkomma en mer fullständig bild av grundvattensituationen i delområdena Laxemar och Simpevarp genom att komplettera, verifiera och öka datamängden, framför allt när det gäller djupa grundvatten. Kemidata som erhållits hittills har använts bland annat för att beskriva grundvattenkemins djupberoende. Mer data från fler borrhål ska ge bättre möjlighet att interpolera resultaten till en tredimensionell fördelning av grundvattenkemin inom delområde Laxemar.

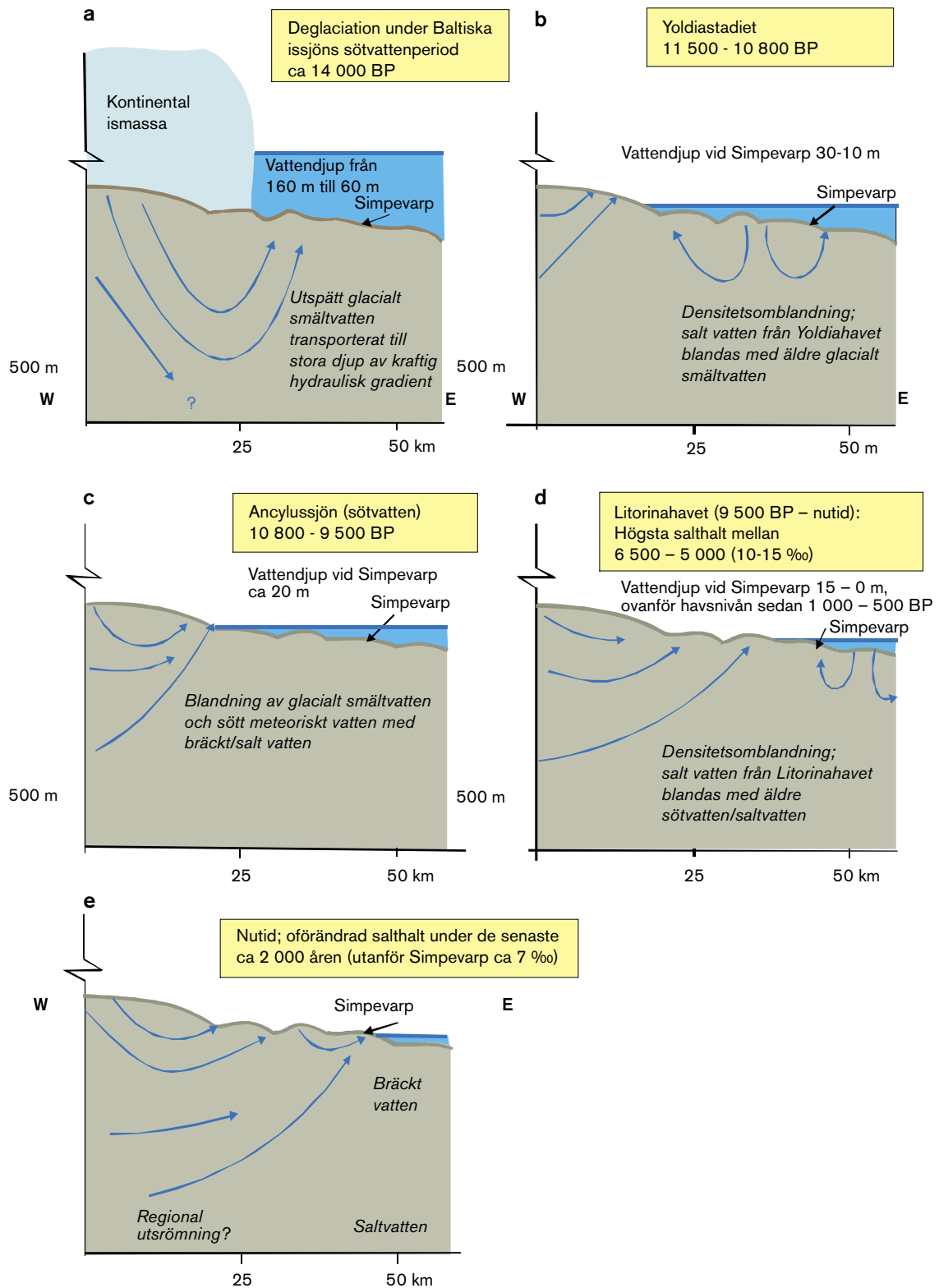
Resultat av hydrogeokemiska undersökningar inom ramen för det internationella samarbetet vid Äspölaboratoriet och från andra undersökningar (typområden) i Sverige och Finland har givit en entydig bild av den storskaliga hydrogeokemiska utvecklingen. Denna beskrivs för en kustnära plats i figur 3-28. De viktigaste faktorerna för utvecklingen är avsmältningen av en inlandsis med efterföljande havsstadier som täcker området under olika långa tider, beroende på avståndet till strandkanten idag. Denna konceptuella hydrogeokemiska modell styrks av att hydrogeologiska beräkningar kan återskapa dessa förhållanden, jämför avsnitt 3.6.1.

Fördelningar av lösta komponenter liksom isotopkvoter används för att ge information om grundvattnets ursprung och historia. Denna information, tillsammans med en grundvattenflödesmodell som beskriver den dynamiska utvecklingen av grundvattenkemin i delområdena Laxemar och Simpevarp, se figur 3-28 ger stöd för valet av de olika typvattnen (ursprungliga vatten), som meteoriskt vatten, Östersjövatten, vatten från Litorinahavet, glacialt smältvatten etc, som bör ingå vid blandningsberäkningar. Sådana beräkningar görs i syfte att försöka återskapa vattensammansättningar i verkliga vattenprov med hjälp av olika portioner av typvattnen. Skillnader mellan beräknade och uppmätta halter visar i vilken omfattning kemiska och biologiska reaktioner har förekommit. Jämviktsberäkningar mellan kemiskt aktiva bergmineral och i grundvattnet lösta kemiska komponenter visar i vilken omfattning det hydrogeokemiska systemet är stabilt eller dynamiskt. Beräkningarna har betydelse för tolkningen av grundvattnets omsättningstider.

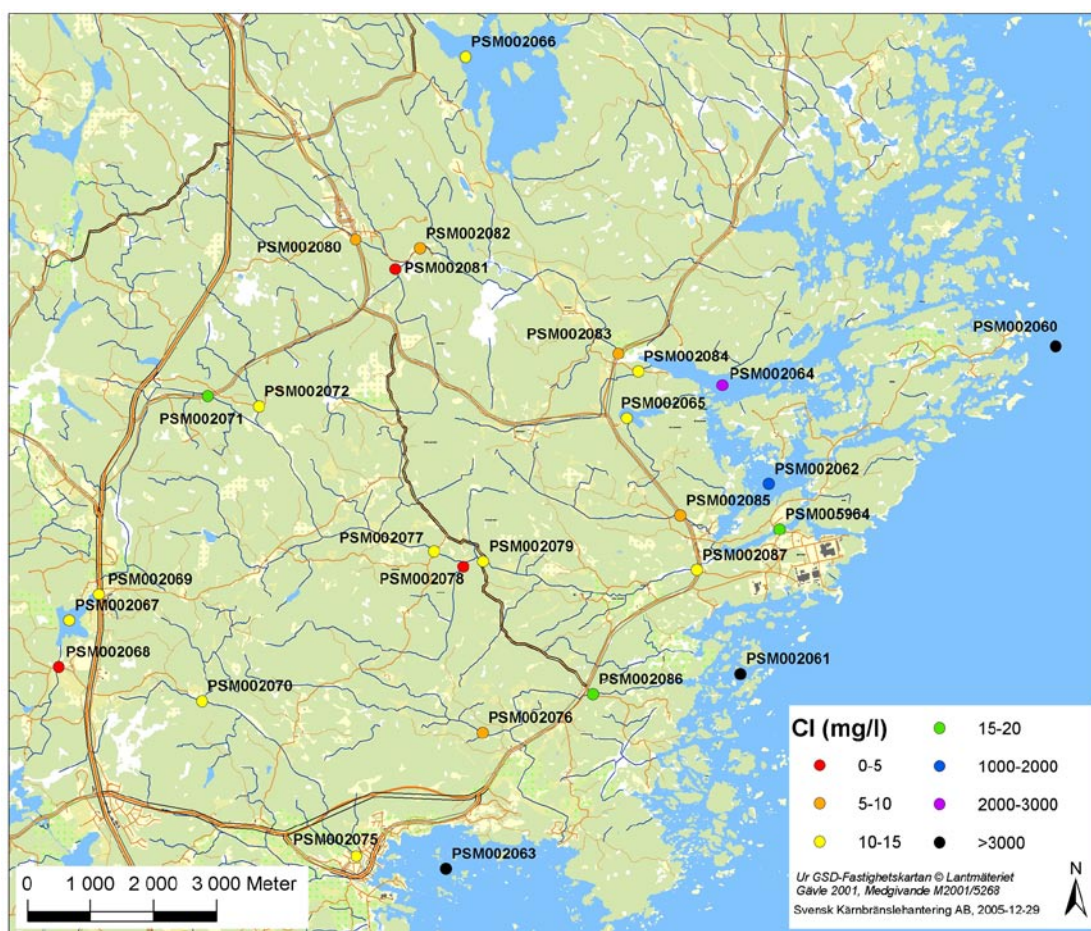
Vissa kemiska komponenter är viktiga för projekterings- och säkerhetsanalys och det finns uppställda önskemål, eller till och med krav på halterna i grundvattnet för att platsen ska vara lämplig för ett slutförvar. Det är till exempel viktigt att visa att det råder syrefria förhållanden i grundvattnet eftersom förekomst av syre påverkar dels kopparkapselns korrosionsbenägenhet, dels radionuklidens löslighet. Vidare är totala salthalten samt halter av tvåvärda katjoner viktiga för bentonitens funktion. Innehållet av kolloider och mikrober samt pH-värde har stor betydelse för nuklidernas möjligheter att transporteras med grundvattnet. Kolloider och mikrober kan fungera som bärare av radionukliderna. För samtliga dessa parametrar behövs relativt få data med hög kvalitet från förvarsdjup och från tilltänkt förvarsplats.

### 3.7.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar

En två år lång provtagningskampanj för **ytvatten** i havsvikar, sjöar och vattendrag avslutades i december 2004. Data från ett tjugotal provtagningspunkter och 37 provtagnings-tillfällen har samlats in. Av resultaten framgår att ytvattnet i platsundersökningsområdet till största delen är mesotroft (varken särskilt näringsrikt eller näringsfattigt) med högt innehåll av humusämnen. Resultaten visar också att den buffrande förmågan överlag är god i sjöarna och i de flesta rinnande vatten. De flesta provtagningspunkterna till havs uppvisar låga halter av näringsämnen men i de skyddade kustnära punkterna var kvävehalten förhöjd /Engdahl 2004a, Ericsson och Engdahl 2004a/. I figur 3-29 visas kloridhalterna i de olika provtagningspunkterna.



**Figur 3-28.** Olika stadier i Östersjöns historia vid Simpevarp efter senaste istiden a) Istid-Baltiska issjön, b) Yoldiahavet, c) Ancylussjön, d) Litorinahavet och e) nuvarande Östersjön. Dessa stadier med ömsom sött, ömsom salt vatten, liksom landhöjningen, har påverkat grundvattnets utveckling och resulterat i dagens grundvattensammansättning /Laaksoharju 2004/.

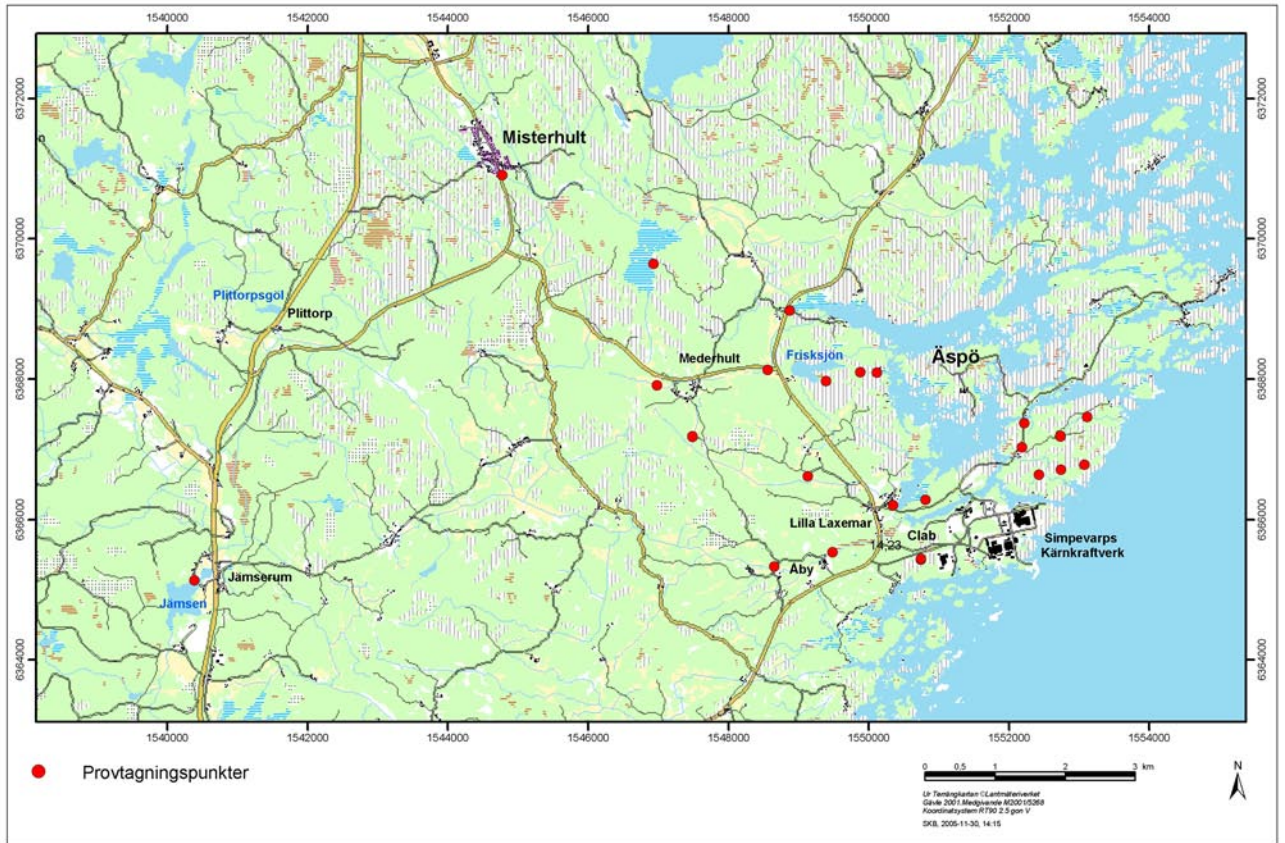


**Figur 3-29.** Karta med provpunkter för ytvatten. Vattentypen indikeras med hjälp av en färgskala från rött till svart för låg respektive hög kloridkoncentration.

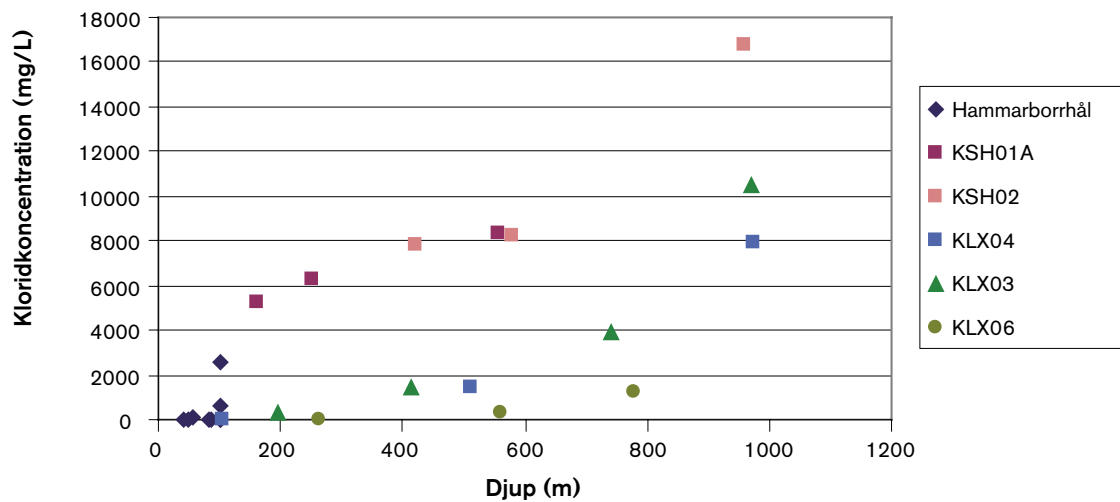
Provtagningskampanjen för **ytnära grundvatten** i delområde Simpevarp avslutades i juni 2005. Resultaten från provtagningen omfattar analyser av vattenprover från 10 jordrör (i ett av jordrören har provtagningarna fortsatt på grund av att den kemiska sammansättningen var avvikande). Motsvarande provtagning i jordrör i delområde Laxemar påbörjades något senare och kommer att avslutas under sommaren 2006 /Ericsson och Engdahl 2004b/. Provtagningspunkterna presenteras i figur 3-30.

Hydrogeokemiska data har också erhållits från ett tjugotal hammarborrhål och elva kärnborrhål. Proven från hammarborrhålen representerar i regel hela borrhålet medan fem av kärnborrhålen (KSH01A, KSH02, KLX03, KLX04 samt KLX06) är undersökta i ett antal avgränsade sektioner. I samtliga kärnborrhål har prover tagits i samband med borrhållning och hydrokemisk loggning (slangprovtagning).

I figur 3-31 har kloridhalterna från hammarborrhål samt undersökta sektioner i kärnborrhålen plottats mot djupet. För hammarborrhålen är det genomsnittsdjupet på borrhålen som anges i diagrammet. Diagrammet visar tydligt hur kloridhalten i delområde Simpevarp ökar kraftigt med djupet för att plana ut något vid dryga 7 000 mg/l i djupintervallet 150 till 600 m. På större djup ökar salthalten igen. I delområde Laxemar är situationen en annan. Där når sötvattenprofilen mycket djupare än i borrhålen i delområde Simpevarp. En förklaring till detta kan vara att delområde Laxemar efter den senaste istiden höjdes ur havet tidigare än vad delområde Simpevarp gjorde. Detta har lett till att det, från början, salta vattnet successivt har ersatts av sötare vatten. Denna process har pågått under en längre tid i delområde Laxemar jämfört med vad som varit fallet i delområde Simpevarp.



**Figur 3-30.** Provtagningspunkter för ytnära grundvatten under den första två år långa kartläggande kampanjen.



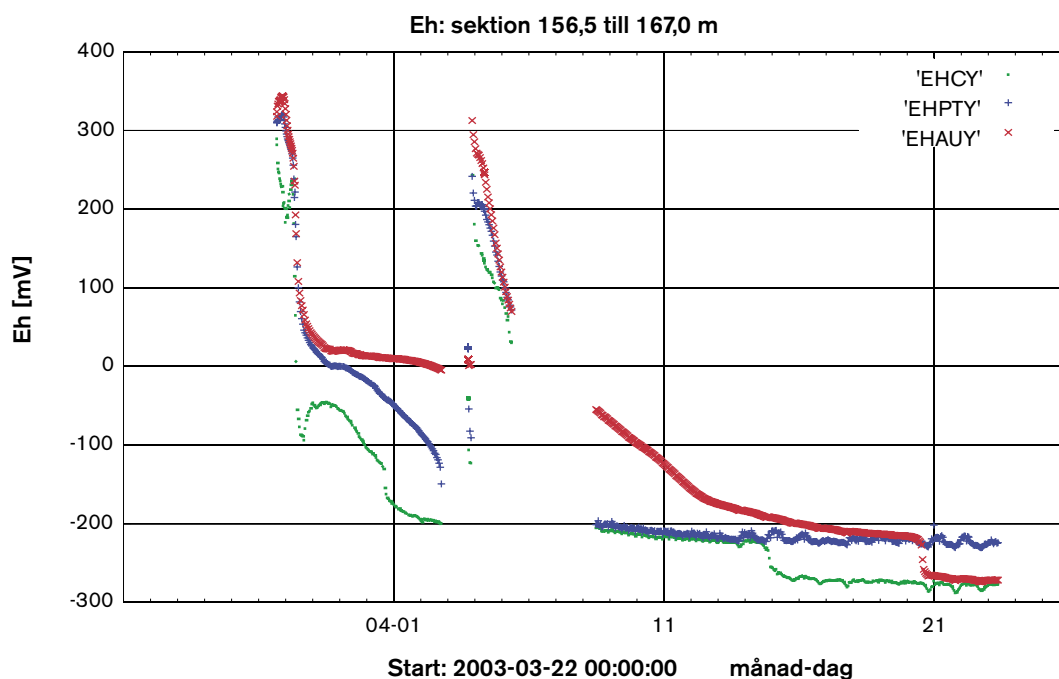
**Figur 3-31.** Kloridhalter vid olika djup i delområdena Simpevarp och Laxemar. För hammarborrhålen har punkterna avsatts vid genomsnittsdjupet för borrhålen.

För att påvisa att reducerande (syrefria) förhållanden råder i grundvattnet har redoxpotentialmätningar hittills utförts i totalt sju borrhålssektioner vid olika djup i två kärnborrhål (KSH01A och KLX03). Redoxpotentialen ligger mellan  $-160$  mV och  $-260$  mV, vilket bekräftar att förhållandena är syrefria. Figur 3-32 visar ett exempel på redoxpotentialmätningar där värdet stabiliserar sig på drygt  $-200$  mV /Wacker et al. 2004/.

Mikrobiologiska undersökningar har genomförts i borrhålssektioner i kärnborrhålen KSH01A och KLX03. Resultaten från KSH01A visar att det totala antalet mikroorganismer varierade mellan  $7,2 \cdot 10^4$  och  $1,4 \cdot 10^5$  och antalet avtar med djupet, se tabell 3-3. Detta överensstämmer med tidigare observationer från den Fennoskandiska skölden /Pedersen och Kalmus 2004/.

**Tabell 3-3. Resultat från mikrobundersökningar i KSH01A. Tabellen visar det totala antalet mikroorganismer i de olika sektionerna.**

Borrhål (sektion, m)	Totala antalet mikroorganismer (mikroorganismer ml <sup>-1</sup> )	Standardavvikelse	Antal observationer
KSH01A (156,5–167)	$1,4 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^4$	8
KSH01A (245–261,6)	$1,0 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^4$	6
KSH01A (548–565)	$7,2 \cdot 10^4$	$9,3 \cdot 10^3$	6



**Figur 3-32.** Mätningar av redoxpotential (Eh) i kärnborrhål KSH01A, sektion 156–167 m. De olika kurvorna representerar olika mätelektroder. Den första perioden i mätningen med en skarpt nedåtgående trend beror bland annat på att det syre som följer med utrustningen ner i borrhålet måste förbrukas. (Ökningen i redoxpotential strax efter den 1/4-04 beror på att utrustningen lyftes upp ur borrhålet på grund av pumpbyte).

### 3.7.3 Viktiga frågor som återstår att besvara

Den södra och västra delen av delområde Laxemar utgör nu fokuserat område för fortsatta undersökningar. Framförallt i den västra delen behöver vattensammansättningen på förvarsdjup och därunder fastställas i de borrhål som placeras där. Data behövs även från de randzoner som avgränsar undersökningsområdet och från EW007.

Sedimentporvatten från borrhämnor tagna i våtmarker, sjöar och havsvikar återstår att analysera. Vatten som transporterats genom sedimentlager innehåller höga halter av restprodukter från organisk nedbrytning och har därmed en avvikande sammansättning jämfört med övriga vattentyper. Sedimentporvattnet kan därför eventuellt utgöra ett typvatten som bör ingå i blandningsberäkningar.

Vattnets innehåll av kolloider kan ha betydelse för nuklidtransport eftersom kolloider kan fungera som bärare av radionuklider. Det är svårt att bestämma kolloidinnehållet i grundvatten eftersom halten kan påverkas av i stort sett varje förändring av exempelvis tryck, pH, koncentration och temperatur i grundvattnet. Två metoder för kolloidbestämning används för närvarande: 1) fraktionering genom två cylindriska membranfilter med olika genomsläpplighet, det vill säga molekyler upp till en viss storlek passerar och 2) filtrering genom en serie filter med minskande porstorlek.

Viktiga aspekter för den fortsatta hydrokemiska platsmodelleringen är:

- Grundvattnets ursprung och utveckling.
- Hydrokemi i olika transmissiva zoner och bergmatrisen.
- Interaktion mellan ytvatten- och djupvattensystem.
- Cirkulationsdjupet för aktivt modernt grundvatten.
- Förekomsten av utflödesområden och dess kemi.
- Rumsrig variabelitet.

Allteftersom utvärderingen av kemidata fortskrider kan ytterligare frågeställningar komma fram och andra krav på prioriteringar bli nödvändiga när analysarbetet avancerat ytterligare.

### 3.7.4 Undersökningsprogram

Fortsatta undersökningar avser främst djupa grundvatten. De två år långa kemiska kartläggningarna av ytvatten och nederbörd i området är avklarade /Ericsson och Engdahl 2005a, Ericsson 2005/. Vattenprovtagning i ett fåtal utvalda provpunkter överförs därefter till programmet för långtidsobservationer, se avsnitt 3.10.

Planerade hydrogeokemiska undersökningar omfattar kärnborrhål, hammarborrhål samt vissa återstående aktiviteter avseende ytnära grundvatten. Undersökningarna som presenteras nedan utgår från programöversikten i avsnitt 3.1.



### **Hydrogeokemiska undersökningar i kärnborrhål**

De hydrogeokemiska undersökningar som planeras i kärnborrhål, listade i kronologisk ordning från borrhållstillfället och framåt i tiden, är:

1. Uttag av vattenprov under borrhåll med vattenprovtagare, som utvecklats speciellt för detta ändamål, planeras i samtliga nya kärnborrhål (dock ej i de borrhål som endast är 10–100 m).
2. Hydrokemisk loggning (slangprovtagning) planeras i de kärnborrhål som borrar till förvarsdjup och därunder. Slangprovtagningen genomförs strax efter färdigställandet av kärnborrhålet för att få en översiktlig bild av vattensammansättningen i borrhålet efter avslutad borrhåll. Vidare kan data användas för att förstå variabiliteten i kemin och skillnaden mellan kemin i sprickzoner jämfört med öppet borrhål.
3. Fullständig kemikarakterisering planeras i ytterligare ett kärnborrhål (KLX08). I detta borrhål planeras fyra sektioner bli aktuella för provtagning. I den fullständiga kemikarakteriseringen ingår kolloid- och bakterieprovtagning som delaktiviteter. Sprickmineralanalyser utförs i samma borrhållssektioner som kemikarakteriseringen av grundvattnet.
4. I några utvalda kärnborrhål där ingen fullständig kemikarakterisering genomförs kommer kompletterande undersökningar av vattenkemin att göras i samband med hydrotester/pumptester samt under utspädningsmätningar/SWIW (se 3.8.4). Planen är att detta genomförs i sex borrhål och totalt 12 borrhållssektioner.
5. Porvattenanalys på prov från borrhållskärnor (matrisvatten) kommer enligt planerna att utföras i ytterligare ett borrhål (KLX08).

Ovanstående undersökningsprogram för kärnborrhål kan, allteftersom modelleringsarbetet framskrider, komma att ändras något. I vissa fall kan det bli nödvändigt att utföra specialanalyser av grundvatten för att ytterligare fastställa grundvattnets ursprung och egenskaper. Specialisotoper ( $^{36}\text{Cl}$ ,  $^3\text{He}/^4\text{He}$  och U-serie isotopstudier) samt ädelgasanalyser (helium, argon, neon, krypton och xenon) kan användas i vissa kärnborrhål för att spåra vattnets ursprung, redox förhållanden och interaktion mellan yt- och djupsystem.

### **Hydrogeokemiska undersökningar i hammarborrhål**

I de hammarborrhål som ska flödesloggats inom det hydrogeologiska programmet kommer också grundvatten att provtas för kemiska analyser. Denna provtagning innebär endast små extra arbetsinsatser. Proven ger kemidata med god spridning över området och av tillräckligt hög kvalitet för den tredimensionella hydrogeokemiska modellen samt för blandningsberäkningar.

### **Hydrogeokemiska undersökningar av ytnära grundvatten**

De hydrogeokemiska undersökningar av ytnära grundvatten som planeras utgörs av:

1. Den två år långa provtagningskampanjen för ytnära grundvatten kommer att avslutas under 2006. Därefter övergår provtagningen i ett program för långtidsobservationer, se avsnitt 3.10.
2. Analys av porvatten i nedfrysta sedimentkärnor som togs under sommaren 2004 kommer att analyseras under 2006. Dessa representerar en havsvik, en våtmark och en mosse.

## 3.8 Transportegenskaper

### 3.8.1 Syfte och mål

Programmets huvudsyfte är att lämna underlag för bestämning av bergets transportegenskaper och för beräkningar av transport av radionuklider till säkerhetsanalysen. De viktigaste retentionsegenskaperna i detta sammanhang är bergets förmåga att fördröja radionuklider genom:

- Sorption (fastläggning på sprickytor och i bergets porer).
- Diffusion (inträngning i mikrosprickor och i porer).

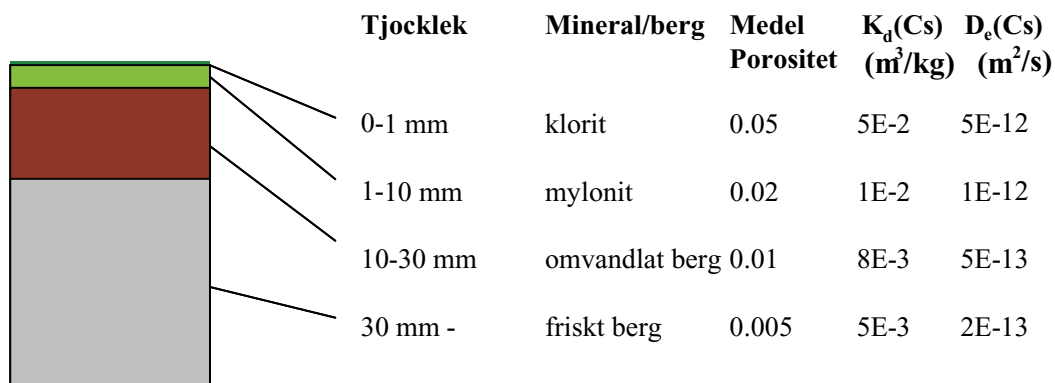
För reaktiva (sorberande) ämnen är några av de viktigaste parametrarna matrisdiffusivitet (ett mått på hur snabbt ett ämne kan tränga igenom, diffundera genom, bergmatrisen), matrisporositet och sorptionskoefficienter (mått som anger bergarters förmåga att fastlägga olika ämnen på sprickytor och i porer). Matrisdiffusiviteten kan även beräknas utifrån bestämningar av formationsfaktorn (mått som anger förhållandet mellan diffusion i bergmatrisen och i fritt vatten). Dessa parametrar bestäms främst genom laboriemätningar på bitar av borrhärnor, men också indirekt genom spårämnesförsök och tolkning av bergets resistivitet.

Laboriemätningar har fördelen att de kan utföras under kontrollerade förhållanden men nackdelen att de utförs i en störd miljö, där proverna har blivit spenningsavlastade och där kemin är annorlunda än i den naturliga miljön på förvarsdjup. Genom att tillämpa en kombination av laboriemätningar och fältmetoder (till exempel spårämnesförsök och resistivitetmätningar) försöker man övervinna problemet och åstadkomma en bättre förståelse för dessa processer.

Den strategi som ligger till grund för den platsbeskrivande transportmodellen består dels av en strategi för laboriemätningar och tolkningen av dessa /Widestrand et al. 2003/, och dels en modelleringsstrategi /Berglund och Selroos 2003/. I den förra specificeras mängden prover och urvalet av typiska bergarter och spricktyper som ska undersökas. Strategin omfattar även ett tillvägagångssätt för hur prover, som ska genomgå mer omfattande analyser av porositetsfördelning och sorptionsegenskaper ska väljas. Strategin anger också, tillsammans med metodbeskrivningarna, hur data ska utvärderas.

Modelleringsstrategins fundament är att kombinera de tredimensionella flödesmodellerna över området med de uppmätta transportparametrarna. De förra ger en statistisk beskrivning av flödesvägarnas rumsliga fördelning, av de tillhörande transporttiderna för grundvattnet samt av de så kallade transportmotstånden. Transportparametrarna utnyttjas för att upprätta en platsbeskrivande så kallad retardationsmodell som beskriver fördröjningen av radionuklider i berget.

Ett exempel på hur en beskrivning av en spricktyp kan se ut finns i figur 3-33. Samtolkning mellan geologi, mineralogi, hydrogeokemi och transportegenskaper utgör en viktig del i den platsspecifika retardationsmodellen.



**Figur 3-33.** Exempel på beskrivning av berget nära en sprickyta med typiska retentionsparametrar;  $K_d$  (sorptionskoefficient) och  $D_e$  (matrisdiffusivitet) /Widestrand et al. 2003/.

### 3.8.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar

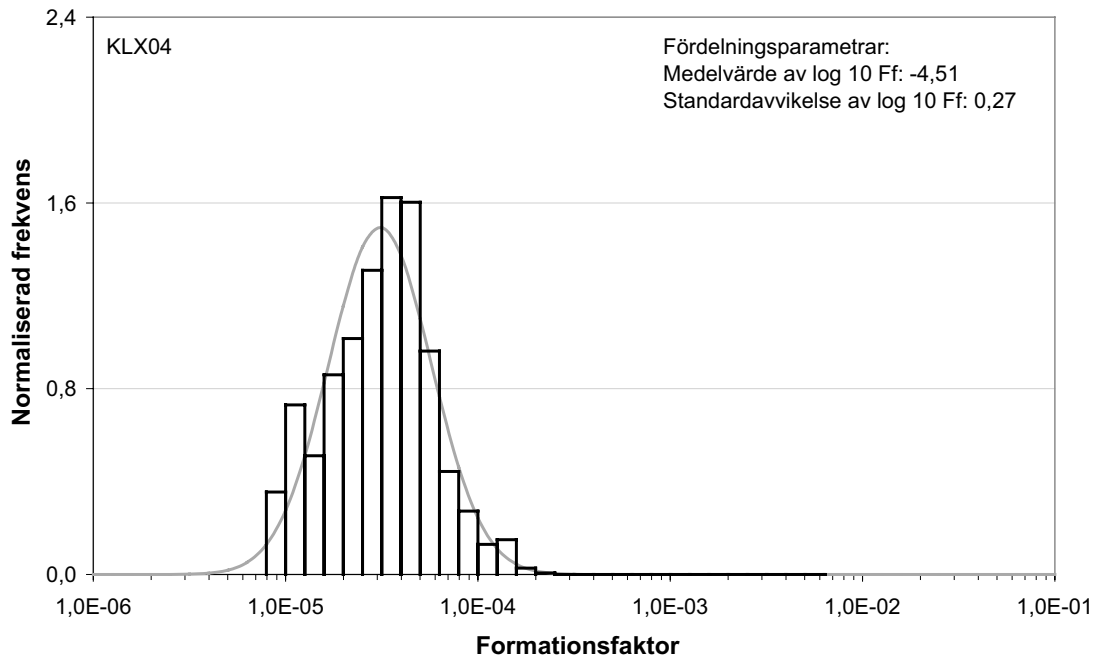
Målen hittills har varit att inleda tidskrävande laboriemätningar på kärnbitar samt att genomföra grundvattenflödesmätningar i något av de första djupa kärnborrhålen /SKB 2001a/. Dessa mål har uppnåtts i och med att batchsorptionsmätningar startats våren 2005 samt att grundvattenflödesmätningar och enhållspårförsök (så kallade SWIW-tester) genomförts i KLX02 och KLX03 i delområde Laxemar samt i KSH02 i delområde Simpevarp /Gustafsson och Nordqvist 2005/.

Genomdiffusionsmätningar på kärnbitar har pågått sedan våren 2004 men endast ett 20-tal data på diffusiviter har kunnat bestämmas beroende på den långsamma diffusionen /Börjesson och Gustavsson 2005/. Mätningarna visar att matrisdiffusiviteten för HTO (tritium) ligger i intervallet,  $D_e = 0,5-13 \cdot 10^{-13} \text{ m}^2/\text{s}$  vilket är i samma storleksordning som tidigare uppmätts i svenskt urberg. För att erhålla ett större statistiskt underlag har diffusiviteter huvudsakligen bestämts indirekt genom beräkningar av formationsfaktorn från in situ loggningar av resistivitet i borrhål. Detta har gjorts från borrhålen KLX03 och KLX04 i delområde Laxemar samt KSH01A och KSH02 i delområde Simpevarp /Löfgren och Neretnieks 2005ab/. Figur 3-34 visar den statistiska fördelningen av formationsfaktorn i KLX04. Dessa bestämningar har också kompletterats med laboriemätningar av resistivitet på ett hundratal kärnprover /Thunehed 2005, Thunehed och Triumf 2005/.

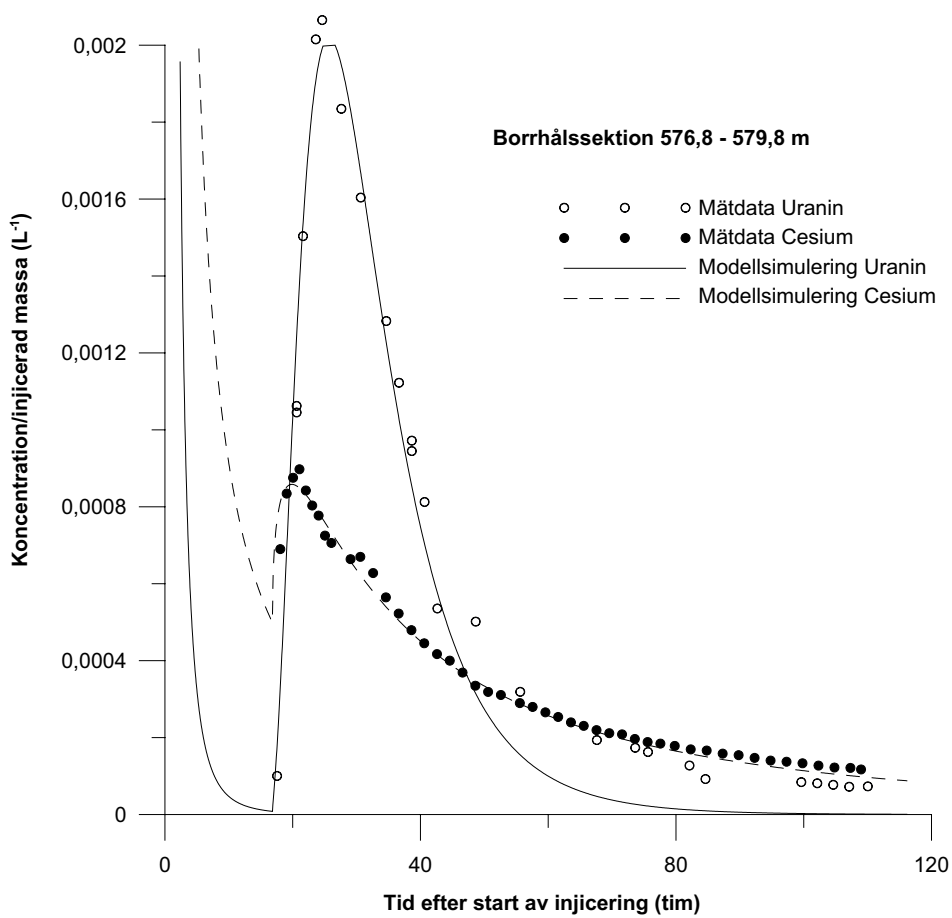
Porositetsmätningar, som gjorts på cirka 270 prover, indikerar låga porositeter i bergmatrisen, 0,1–0,5 %, för samtliga huvudbergarter /Börjesson och Gustavsson 2005/ vilket är i paritet med vad som förväntas för svenskt urberg.

Andra viktiga ingångsdata för beräkning av transport av radionuklider är grundvattenflöde, fördelning av flödande sprickor och hydrogeokemiska egenskaper. Grundvattenflödesmätningar med SKB:s utspädningssond har utförts i totalt sju sektioner i borrhålen KLX02 och KSH02 (djupintervall 170–960 m) och mätningar pågår i ytterligare åtta sektioner i KLX03 (djupintervall 120–980 m). Resultaten visar stor variation i flöden och en tendens till att flödet avtar mot djupet. Hydrauliska gradienter som beräknats utifrån de uppmätta flödena ligger runt 2–9 % /Gustafsson och Nordqvist 2005/.

Två enhållspårförsök (SWIW-tester) har också utförts i KSH02 och ytterligare ett pågår för närvarande i KLX03. Försöken utförs med tillsats av både vattentroget färgspårämne (uranin) och ett sorberande ämne (cesium). Resultaten från KSH02 visar att sorptionen av cesium är i samma storleksordning som tidigare uppmätts i försök på Äspölaboratoriet /Winberg et al. 2000, 2002/. Figur 3-35 visar en modellsimulering av genombrottskurvorna



Figur 3-34. Fördelningen av formationsfaktorer för bergmatrisen i KLX04.



Figur 3-35. Exempel på modellsimulering av genombrottskurvor från SWIW-test med uranin och cesium i sektion 576,8–579,8 m i borrhål KSH02.

för uranin och cesium där man kan se att anpassningen till uraninkurvan inte är bra för senare tider vilket kan indikera att man behöver ta hänsyn till andra processer, till exempel diffusion, för att förklara kurvans utseende.

### 3.8.3 Viktiga frågor som återstår att besvara

Eftersom många av de mätningar som ska förse modelleringen med platspecifika transportdata fortfarande pågår, har de hittills genomförda modelleringsinsatserna baserats på endast en mindre del av det planerade underlaget. Detta innebär att möjligheterna att identifiera detaljerade frågeställningar i samband med observationer vid utvärdering och modellering av platsdata har varit begränsade. Det ska i detta sammanhang framhållas att platspecifika sorptionsdata ännu inte funnits tillgängliga, och att underlaget för beskrivning av diffusions-egenskaper till största delen består i data från resistivitetsmätningar.

De porositets- och diffusivitetsdata som presenterats hittills visar generellt på relativt stor rumslig variabilitet. Om denna variabilitet på mätskalan också är viktig på de aktuella modellskalorna återstår att ta reda på. Det är också väsentligt för modelleringen att försöka bestämma om skillnaderna i egenskaper hos olika bergmaterial är tillräckligt stora (det vill säga statistiskt signifikanta) för att de ska behandlas som olika enheter i transportmodellen. Det ska också noteras att modelleringen hittills inte haft tillgång till resultat från mätningar på material från sprickor (sprickfyllnadsmaterial, material på sprickväggar och omvandlade bergmaterial nära sprickor), och att de parametrar som beskriver dessa material är ett väsentligt inslag i de ”retardationsmodeller” som ska presenteras /Widestrand et al. 2003/.

En viktig uppgift för transportprogrammet blir att utarbeta ett bra underlag gällande bergmassans och sprickzonernas diffusions- och sorptionsegenskaper. Viktigt är att undersöka de rumsliga variationerna i parametervärden för det intakta berget och att ta fram underlag för en identifiering och beskrivning av ”tysprickor” enligt föreslagen strategi /Widestrand et al. 2003/. Denna information bör i huvudsak kunna fås från de pågående laboratorieförsöken, med vissa kompletteringar under de fortsatta undersökningarna.

Under arbetet med platsbeskrivande modellering av transportegenskaper har det också visat sig att redovisningar av andra platsdata och modelleringsresultat som kan ge stöd åt beskrivningen sannolikt kommer att bli viktigare än vad som antogs ifrån början. Detta innebär att man måste kunna visa att de retentionsprocesser som inkluderas i beskrivningen också kan komma att aktiveras på den aktuella platsen och att angivna parametervärden för dessa processer är rimliga. Insamling och analys av data från andra ämnesområden har således varit viktiga i den hittills genomförda modelleringen, se /Byegård 2005/. Användningen av stödjande data och modellering, inklusive så kallad processbaserad modellering, kommer att behöva utvecklas vidare framöver.

Det är också viktigt att klarlägga grundvattnets naturliga rörelser inom undersökningsområdet och dess randzoner. Hur stora vattenflöden strömmar genom området? Vilka är de ur strömningssynpunkt viktigaste zonerna och vilka flödesegenskaper har dessa? Sådana frågor kan besvaras genom att mäta grundvattenflöden i sprickor och sprickzoner och därigenom bestämma den hydrauliska gradienten. Förbindelser mellan sprickzoner på djupet och den högtransmissiva ytliga delen av berggrunden av speciellt intresse, men även förbindelser mellan sprickzoner är viktiga att kartlägga liksom hur vattenflödet varierar med djupet längs en sprickzon. Dessa frågor hanteras i nära samarbete med det hydrogeologiska programmet.

Andra viktiga frågor för ämnesprogrammet är att klarlägga de högtransmissiva sprickorna/sprickzonerna och deras inbördes förbindelser liksom betydelsen av fördröjning av radionuklider i jordlagren som förekommer med varierande mäktighet i området. Jordlagrens sorptionsegenskaper kommer därför att undersökas med laboratoriemätningar (batch-sorption).

### 3.8.4 Undersökningsprogram

Med utgångspunkt från programöversikten i avsnitt 3.1 presenteras här undersökningsprogrammet för bergets transportegenskaper.

Under 2006 kommer huvuddelen av laboratorieprogrammet att slutföras, men genomdiffusionsmätningar kommer sannolikt att fortsätta till 2007 i de täta bergarterna. Batchsorptionsmätningar, både i jordlagren och på borrhåll, och bestämningar av porositetsfördelning med den så kallade PMMA-metoden /Siitari-Kauppi et al. 1998/ kommer att slutföras under 2006. Möjligen kan kompletteringar behöva göras i viktiga randzoner.

Bestämningar av formationsfaktorn genom analys av resistivetsmätningar har visat sig vara en bra metod för att få ett stort statistiskt material för att utvärdera diffusivitet i bergmatrisen. Analys kommer därför att utföras för samtliga djupa kärnborrhål. Verifikation av in situ resultat görs genom uttag av borrhållsprover och mätning av resistivitet i laboratorium i vissa utvalda borrhål. I modelleringen kommer resultaten från resistivetsmätningarna att kunna användas för att utvärdera diffusivitetens rumsliga variabilitet och dess skalberoende.

Grundvattenflödesmätningar och enhålsspårprov (SWIW-tester), som utförs i kärnborrhål KLX03 under hösten 2005, kommer att genomföras i ytterligare 2–3 kärnborrhål under 2006–2007. För närvarande planeras mätningar i KLX08, KLX10 samt KLX11. Det exakta valet av borrhål och borrhållssektion påverkas av hur transmissivetsfördelningen ser ut i borrhållen.

Hydrogeologisk karakterisering av större deformationszoner genom interferenstester beskrivs i 3.6.4. Möjligheterna att utföra ett kontrollerat flerhålsspårprov i någon del av zonen eller i någon eller några av dessa tester ska utredas. Syftet med ett sådant försök skulle dels vara att få en verifikation av zonens konnektivitet och geometri samt, om möjligt, en uppfattning om zonens transportegenskaper, exempelvis indikationer på kanalbildning.

Storskaliga flerhålsspårprov kräver ofta förberedelser i form av en infrastruktur med ett antal instrumenterade borrhål. Med instrumentering menas i det här fallet att borrhållen delas upp i isolerade sektioner vilket möjliggör tryckregistrering och spårämnesinjicering i enskilda sprickzoner. Flerhålsspårprov, som måste utföras sent i programmet när andra störande aktiviteter avslutats, kan ge en helhetsbild av vattentransportens storlek och transportvägarna i området. Förutom de ovan nämnda spårproven i enskilda deformationszoner planeras ett storskaligt spårprov som inbegriper bergmassan inklusive lokala större och mindre deformationszoner. Med tanke på att dessa försök behöver utföras under relativt ostörda förhållanden och över längre tid (månader) är det lämpligt att utföra ett storskaligt spårprov i kombination med långtidsprov pumpning (LPT) som ett verifierande försök i slutet av platsundersökningen, när övriga undersökningar slutförts, det vill säga efter datafrys 2.3, se också avsnitt 3.1.5.

Spår försök i enskild spricka/sprickzon i syfte att demonstrera att sorption och diffusionsparametrar bestämda från laborieförsök även gäller i större skala planeras för närvarande inte att genomföras under platsundersökningen. Dessa försök planeras istället att genomföras under jord under slutförvarets byggskede.

I samband med borrhningar av kommande kärnborrhål kommer, då så är möjligt med hänsyn till avstånd och tidsaspekter, spårämnen att tillsättas spolvattnet så att transport mellan spolvattenbrunn och kärnborrhål kan studeras.

## **3.9 Borrhning**

### **3.9.1 Syfte och mål**

Borrhning utgör inget eget ämnesområde i den meningen att det ingår i den platsbeskrivande modellen. Det är snarare ett stödområde och en nödvändig förutsättning för att kunna samla ämnesspecifika data från djupet till de platsbeskrivande modellerna.

Borrhning och borrhålsundersökningar är de enda metoder som kan ge exakta beskrivningar av förhållandena på djupet i berggrunden. Yttäckande geologiska och geofysiska undersökningar från markytan och från luften är nödvändiga komplement som underlag för en integrerad analys av jord och berg under markytan. Borrhning ger möjlighet att ta prover av materialet i form av borrhax (lossborrade bergfragment) eller borrhärlor. Borrhålet utnyttjas därefter för att med olika borrhålsmetoder undersöka bergets egenskaper (mineralfördelning, sprickor, belastningar, vattengenomsläpplighet mm) samt grundvattenflöden och grundvattnets kemiska sammansättning, det vill säga de undersökningar i borrhål som beskrivits i avsnitten 3.3–3.8. Längs borrhålet ger borrhning detaljerad information, men i bergvolymen bara information i form av mer eller mindre glesa stickprov. Detta innebär en uppenbar begränsning eftersom berggrunden ofta kännetecknas av stor rumslig variation. Borrhning och borrhålsundersökningar är ett nödvändigt komplement till de yttäckande geologiska och geofysiska undersökningar från markytan och från luften för att få fram det underlag som behövs för en integrerad analys och 3-D modellering av berggrundens egenskaper.

Tre huvudtyper av borrhål nyttjas i platsundersökningen:

- Kärnborrhål, för undersökning av berget ner till som mest cirka 1 000 m djup /Ask et al. 2005c/.
- Hammarborrhål, genom eventuella jordlager och den ytliga delen av berggrunden, ner till maximalt cirka 300 m djup /Ask et al. 2005b/.
- Jordborrhål, ner i eller genom jordtäcket och eventuellt ett kort stycke ner i ytberget /Johansson och Adestam 2004/.

### **3.9.2 Viktiga resultat från genomförda undersökningar**

Kartorna i figur 2-10 och figur 2-11 visar lägen och typ för samtliga borrhål som hittills utförts i undersökningsområdet.

De undersökningar som borrhålen används för, ställer speciella krav på borrhålskonstruktioner och genomgående höga kvalitetskrav på utförandet. Kraven gäller bland annat raket och geometri i övrigt, materialval i installationer, renhet, spolvattenhantering samt dokumentation av borrhningsprocessen. Dessa krav har i allt väsentligt kunnat uppfyllas.

De förändringar av tekniken som gjorts har syftat till förenkling och effektivisering och har kunnat genomföras utan att ge avkall på kvalitetskraven.

Det innebär inte att borrhningarna löpt helt utan missöden, något som knappast går att uppnå, särskilt inte vid kärnborrning på stora djup. Som helhet har störningsmomenten varit få och inte allvarliga. Den framgångsrika borrhningen är ett resultat av både den metodkunskap som byggts upp under tidigare skeden av kärnavfallsprogrammet (typområden, Äspölaboratoriet, och förberedelser inför platsundersökningarna) och av kompetensen hos utförande borrhentreprenörer.

### **Kärnborrning**

Läget vid halvårsskiftet 2005 är att totalt nio borrhplatser har etablerats i delområdena Simpevarp och Laxemar. Tio kärnborrhål med längder omkring 1 000 m har färdigställts under platsundersökningen på de båda delområdena, borrhningen av det elfte kärnborrhålet har just startat och det tolfte ska snart påbörjas. Till detta kommer tre 100-m och ett 200-m borrhål. Med borrhutrustning, arrangemang för spolvattenhantering, försörjningssystem, kringutrustning, upplagsytor och tillfartsväg liknar borrhplatsen en mindre byggarbetsplats. Se figur 3-36 som visar borrhplatsen vid KSH01.

Tabell 3-4 sammanfattar tekniska data för de kärnborrhål som var borrhade den 1 juli 2005. Hålen är antingen nära vertikala eller har en lutning på cirka 60°. Helt vertikala hål, liksom hål flackare än 60°, undviks av mättekniska skäl, även om de inte skulle innebära några borrh tekniska svårigheter. Vid kärnborrning blir det borrhade hålets diameter 75,8 mm och borrhkärnans diameter 50,2 mm.



**Figur 3-36.** Borrhplats KLX05 i delområde Laxemar.

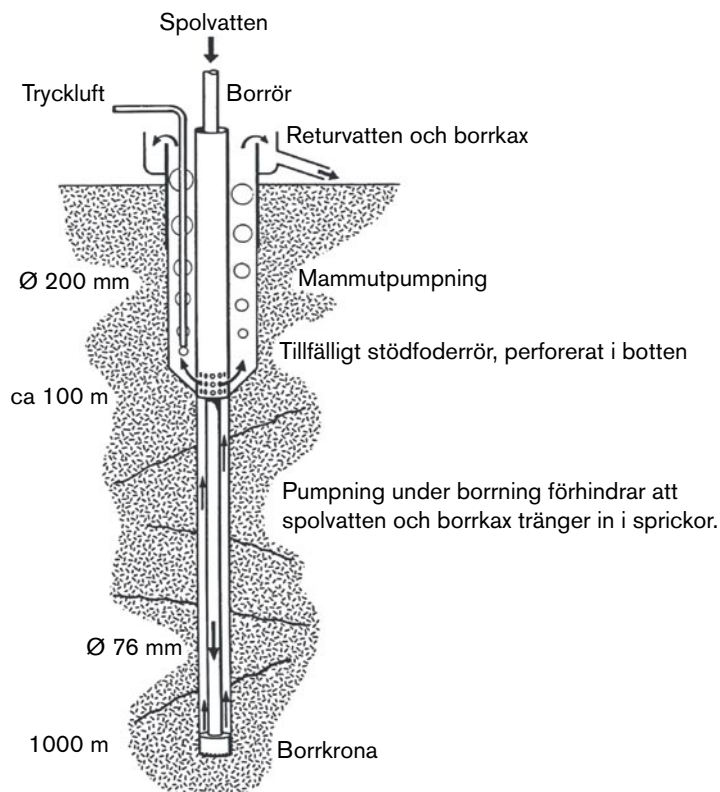


**Tabell 3-4. Tekniska data för kärnborrhål som utförts inom platsundersökningen i Oskarshamn.**

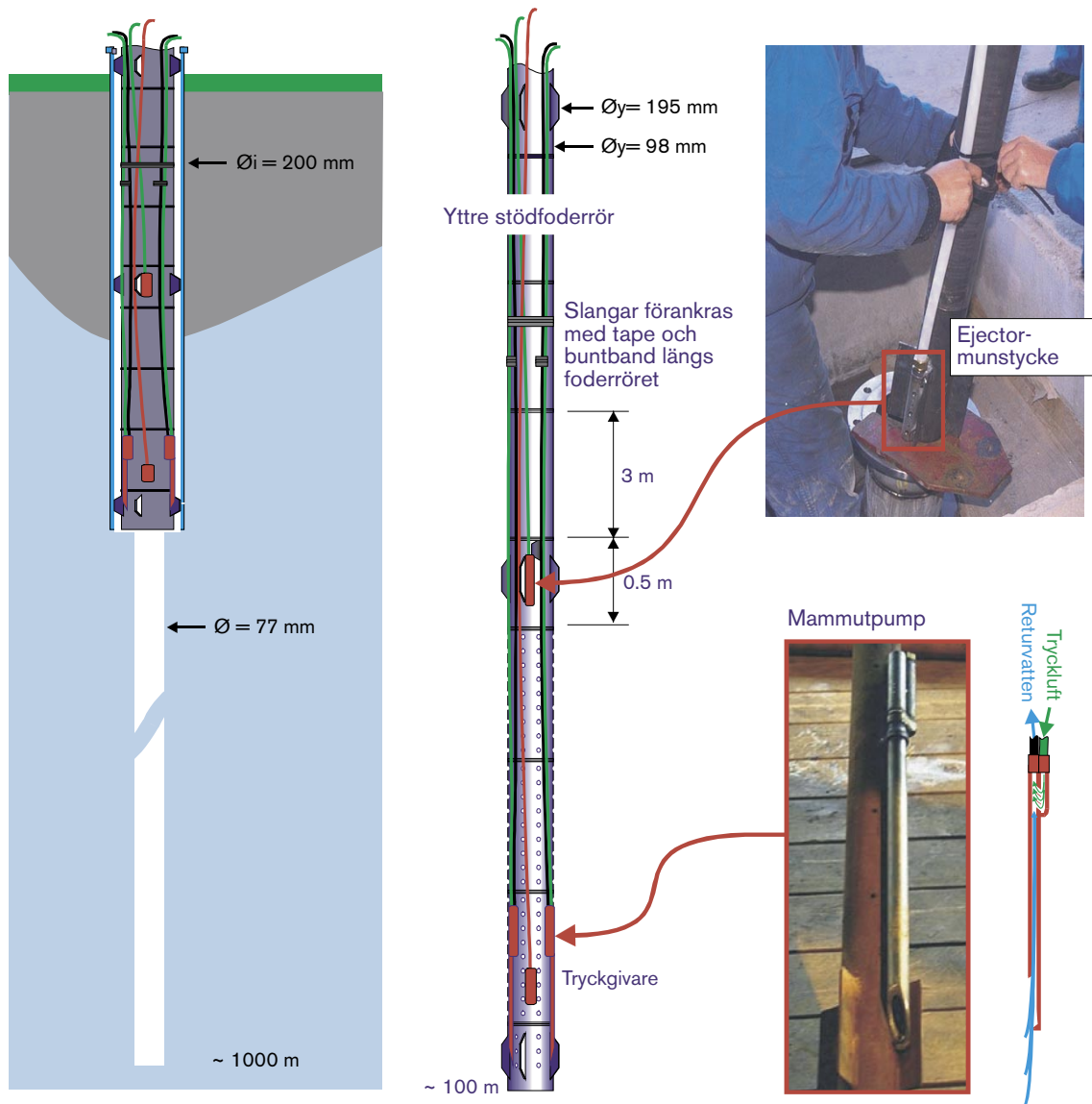
Beteckning	Typ	Orientering (bäring/lutning)	Längd (m)	Vertikalt djup (m)	Kommentar
<b>Delområde Simpevarp</b>					
KSH01A	Teleskopborrhål	174/81	1 003	964	Borrades för att få geologisk djupinformation från östra delen av Simpevarpshalvön och underlag för vidare undersökning på djupet. Fullständig kemikaraktisering utförd. /Ask et al. 2004a/
KSH01B	Kärnborrhål	178/88	100	100	Vid KSH01A. Borrades för att få kärna de första 100 metrarna.
KSH02	Teleskopborrhål	331/86	1 001	993	Borrades centralt på Simpevarpshalvön för undersökning av berggrunden ner till cirka 1 000 m. Bergspänningsmätningar med överborrningsmetoden utförda. /Ask et al. 2004b/
KSH03A	Teleskopborrhål	125/59	1 001	827	Borrades för undersökning av deformationszon NE024 i östra delen av delområdet. /Ask et al. 2004c/
KSH03B	Kärnborrhål	128/64	101	90	Vid KSH03A. Borrades för att få kärna de första 100 metrarna.
KAV04A	Teleskopborrhål	77/85	1 004	990	Borrades på Ävrö för att undersöka ett från norr stupande lineament Bergspänningsmätningar med överborrningsmetoden utförda. /Ask et al. 2005a/
KAV04B	Kärnborrhål	134/90	101	101	Vid KAV04A. Borrades för att få kärna de första 100 metrarna.
<b>Delområde Laxemar</b>					
KLX03	Teleskopborrhål	199/75	1 000	952	Borrades i sydvästra delen av delområde Laxemar för en första undersökning av berggrunden där. Fullständig kemikaraktisering utförd. /Ask et al. 2005d/
KLX04	Teleskopborrhål	0/85	993	963	Borrades centralt i delområdet för undersökning av berggrunden. Bergspänningsmätningar med överborrningsmetoden utförd. /Ask et al. 2005c/
KLX05	Teleskopborrhål	190/65	1 000	871	Borrades i södra delen av delområdet för att undersöka kontakten mellan granit och kvartsmonzodiorit samt om deformationszon NW042 stupar mot norr. /Ask et al. 2005e/
KLX06	Teleskopborrhål	330/65	995	798	Borrades i nordöstra delen av delområdet för att undersöka deformationszon EW002. /Ask et al. 2005f/
KLX07A	Teleskopborrhål	175/60	845	628	Borrades från samma borrhål som KLX02 men söderut för att undersöka bergvolymen under deformationszon EW007, östra delen.
KLX07B	Kärnborrhål	174/85	200	197	Borrades som B-hål till både KLX02 och KLX07A för att få kärna de första 200 metrarna.
KLX08	Teleskopborrhål	199/60	1 000	828	Borrades från samma borrhål som KLX04 men mot söder för att undersöka bergvolymen under deformationszon EW007, västra delen. Fullständig kemikaraktisering ska utföras.

Beteckning	Typ	Orientering (bäring/lutning)	Längd (m)	Vertikalt djup (m)	Kommentar
KLX09	Teleskopborrhål	267/85	Påbörjades 26 augusti 2005		Borras centralt i norra delen av delområdet för att öka kunskapen om bergmassans egenskaper och förekomster av mindre deformationszoner.
KLX10	Teleskopborrhål	251/85	Påbörjades 18 juni 2005		Borras i centrala delen av delområdet för att öka kunskapen om bergmassans egenskaper och förekomsten av mindre deformationszoner.

De långa kärnborrhålen är alla av så kallad teleskopkonstruktion, se figur 3-37 och 3-38. Det innebär att de första cirka 100 metrarna hammarborras med en diameter på 200 mm, alternativt 250 mm om stabilisering och/eller tätning behövs. Om så är fallet kläs hela denna del av borrhålet in med ett rostfritt foderrör och hela spalten mot berget tätas med cement. I annat fall sätts foderrör endast genom jord och cirka 10 m ner i berg och spaltinjekteras för att inget markvatten ska tränga ner i borrhålet. Därefter installeras ett löst stödfoderrör tillsammans med pump- och mätutrustning. Avslutningsvis monteras ytterligare ett stödfoderrör som centrering och stöd för borrsträngen. När detta är gjort kan kärnborrningen från 100 m till fullt djup genomföras. Under borringen mammutpumpas borrhålet i den övre breda delen för att så mycket spolvatten och borkkax som möjligt ska transporteras upp ur borrhålet. Efter slutförd borrning fräses djupkalibreringsspår in i borrhållsväggen cirka var 50:e m varefter stödfoderrören tas bort och krökmätning genomförs. Borrhålets krökning kontrolleras under pågående borrning och om den är större än en för borrhålet uppsatt specifikation används styrd borrning i erforderlig omfattning.



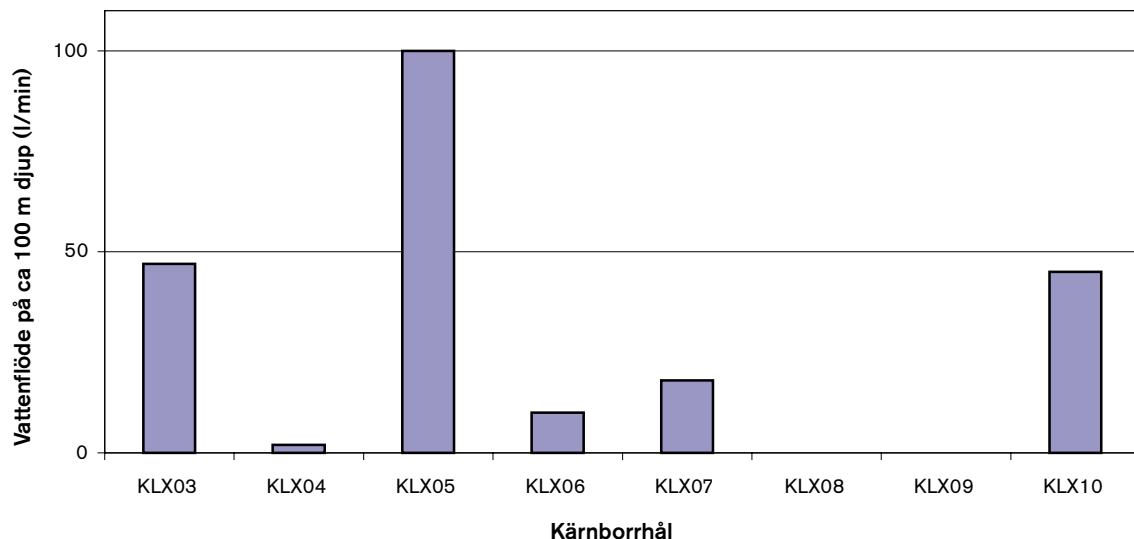
**Figur 3-37.** Borrning av kärnborrhål med teleskopdel. Efter borringen tas det tillfälliga stödfoderröret bort. Därefter kan, tack vare borrhålens utformning, pumptester med dränkbar pump och installation av omfattande manschettsystem för grundvattenmonitoring (se figur 3-48) utföras.



**Figur 3-38.** Schematisk illustration av stödfoderrör i kärnborrhålets teleskopdel och installationer för mammutpumpning under kärnbörning.

Kapaciteten för kärnbörningen har varit i genomsnitt cirka 80 m per vecka (7-dagarsvecka med börning 12 timmar per dygn). I genomsnitt har varje borrkrona klarat cirka 80 m börning, därefter har kronan behövt bytas. Med tillägg för etablering m m tar det tre till fyra månader att borra ett långt kärnborrhål.

Inga stora vatteninflöden har påträffats i den hammarborrade delen av teleskophålen, se figur 3-39. Under hela kärnbörningen från cirka 100 m till cirka 1 000 m har pumptester för kapacitetsbestämningar och vattenprovtagning gjorts var 100:e m, ibland tätare om en distinkt vattenförande sprickzon har indikerats. Om mer än 1 liter/minut uppmätts så har en tryckmätning gjorts i motsvarande avsnitt, se även avsnitt 3.6.2.



**Figur 3-39.** Uppmätta vatteninflöden i teleskopdelar av kärnbrörrhål utförda inför kärnbrörning under platsundersökningen i delområde Laxemar. I borrhål KLX03 sattes tät casing längs hela teleskopdelen och i KLX05 cementstabiliserades avsnittet cirka 75–100 m innan kärnbrörning fortsatte från 100 m djup.

### Kontroll av spolvatten

Spolvatten för kärnbrörningen har tagits från fyra olika hammarbörtrade spolvattenbrunnar:

- HSH03 – gav spolvatten till KSH01, KSH02, KSH03 och KAV04.
- HLX14 – gav spolvatten till KLX03.
- HLX10 – gav spolvatten till KLX04, KLX05, KLX07, KLX08 och KLX10.
- HLX20 – gav spolvatten till KLX06 och KLX09.

Innan vattnet används för spolning kontrolleras kvaliteten främst med avseende på salthalt och organiskt innehåll. Från den godkända brunnen pumpas vattnet till borrhålets plats där kvävgasbubbling sker under övertryck för att minimera halten löst syre i vattnet. Efter bestrålning med UV-ljus och märkning med spårämne är vattnet klart att pumpas ner i borrhålet. UV-bestrålningen har till uppgift att döda bakterier och förhindra organisk tillväxt. Märkningen med spårämnet uranin gör det möjligt att ha kontroll på det spolvatten som kommer i retur vid börningen samt att detektera eventuella rester av spolvatten i vattenprover som tas vid pumpstester, vilka utförs både i samband med börningen och i senare skeden av platsundersökningen.

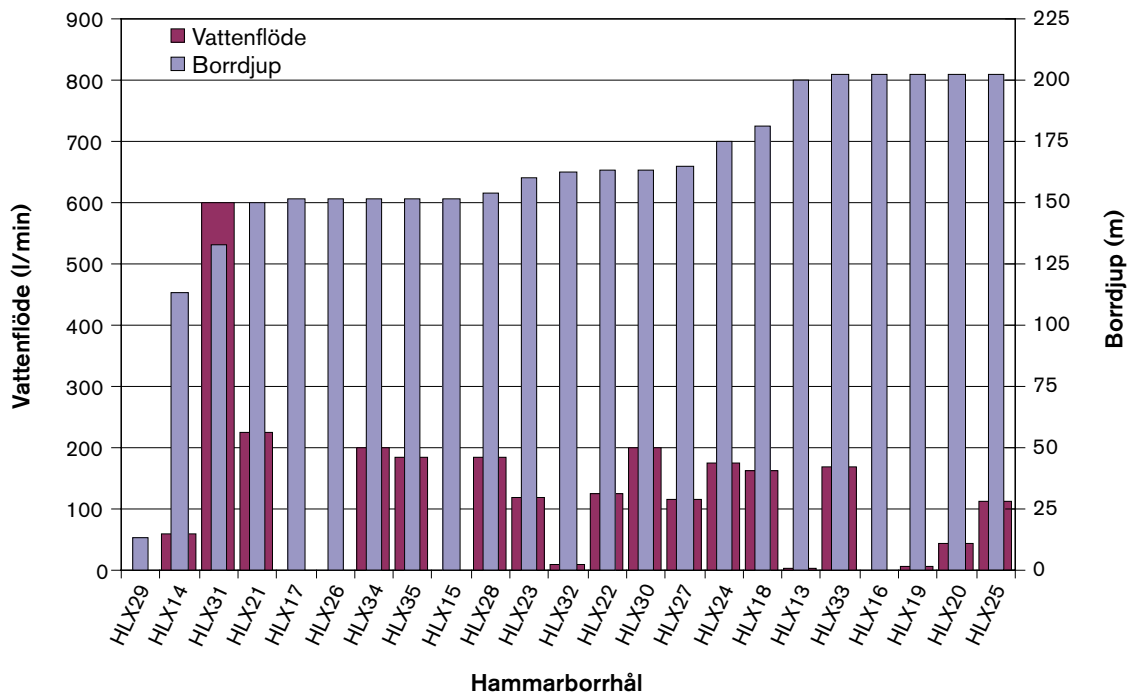
### Hammarbörning

Förfarandet att hammarborra hål har vidareutvecklats sedan platsundersökningen startade, vilket medfört effektivare börning. Med det förfarande som nu används färdigställs ett 200 m borrhål på 3–4 dagar. Figur 3-40 visar översiktlig geologisk kartering av borkax vid hammarbörning.

Totalt har 35 hammarborrhål borrats under platsundersökningen i Oskarshamn, se figur 2-10. De har en diameter på 140 mm och flertalet är 100–200 m långa. Med få undantag har hammarborrhålen genomkorsat vattenförande sprickzoner. Figur 3-41 visar djup och uppmätta flöden för samtliga utförda hammarborrhål i delområde Laxemar. Som framgår av figuren kan vattenflödena inte korreleras till håldjup utan beror framförallt på om någon vattenförande struktur har genomborrats.



Figur 3-40. Hammarborrning och översiktlig geologisk kartering av borrhax i HLX17.



Figur 3-41. Borrhåls­längder och uppmätta vattenflöden i hammarborrhål inom delområde Laxemar.

## **Jordborrning**

Jordborrning har utförts med två huvudsyften. Dels har brunnar (cirka 15 stycken) borrats för miljökontroll vid borrplatserna, dels har hål borrats för att bestämma jorddjup och jordarter, mäta jordlagrens hydrauliska konduktivitet samt för att ta prover av grundvatten. Flertalet jordborrhål ingår i övervakningsprogrammet för grundvattennivåer och vissa används för att övervaka grundvattenkemi och ekosystem. Jordborrhålens lokalisering framgår av figur 2-11. Jordborrning görs med konventionell teknik. Borrmaskin väljs utifrån krav på kapacitet och framkomlighet. Figur 3-42 visar foto på en jordborrmaskin.

### **3.9.3 Undersökningsprogram**

#### **Kärnborrning**

I kapitel 2 redovisas bakgrund och strategi för de fortsatta undersökningarna och i kapitel 3, (avsnitt 3.1) ges en översikt av undersökningsprogrammet inklusive den återstående borrningen (tabell 3-1). I tabell 3-5 visas pågående och planerade kärnborrhål med kortfattad information om huvudsyfte, planerad längd, riktning och lutning. Osäkerheten om specifikationerna för ett enskilt borrhål ökar ju längre fram i tiden utförandet ligger. Mindre avsteg i utförandet kan komma att ske baserat på utfall från borrning och övriga undersökningar efterhand som undersökningsarbetet framskrider. Den totala mängden kärnborrning bedöms till cirka 10 000 m från och med juli 2005 och fram till dess att borrningarna avslutas under våren 2007. Planerade lägen för återstående kärnborrhål visas i figur 3-1.



*Figur 3-42. Jordborrmaskin.*

**Tabell 3-5. Planerade kärnborrhål i delområde Laxemar, jämför tabell 3-1.**

(Uppgifterna är i flera fall preliminära och kan komma att modifieras. Dels beroende på att resultat från de fortsatta undersökningarna kan motivera att syftet modifieras och dels i samband med den detaljerade planeringen. Definitiva uppgifter läggs fast i borrhålsbeslut.)

Benämning	Läge	Längd (m)	Riktning/lutning	Kommentar
<b>Slutförande av pågående och planerade undersökningar norr om EW007</b>				
KLX09	Ny borrhålsplats	700–1 000	V/85	Teleskopborrhål, startade 26 augusti, 2005.
<b>Slutförande av pågående undersökningar centralt och söder om EW007</b>				
KLX10	Ny borrhålsplats	700–1 000	V/85	Teleskopborrhål, startade 18 juni, 2005.
<b>Karakterisering på djupet i västra delen av Laxemar</b>				
KLX11A	Ny borrhålsplats	700–1 000	Troligen Ö/85–75°	Teleskopborrhål. Undersökning av kvartsmonzodiorit mot djupet i sydvästra delen av området.
<b>Karakterisering och verifiering av lokala större deformationszoner</b>				
KLX14A	Ny borrhålsplats	300–400	Ej fastställt	Undersökning av NS059. Ingen teleskopdel.
KLX15A	Eventuellt samma som KLX05	300–400	Ej fastställt	Undersökning av NS046. Ingen teleskopdel.
KLX16A	Ny borrhålsplats eller samma som KLX03	300–400	Ej fastställt	Undersökning av NW051 eller NW932. Ingen teleskopdel.
KLX17A	Eventuellt samma som KLX14	300–400	Troligen N/cirka 60°	Undersökning av EW900. Ingen teleskopdel.
KLX19A	Ny borrhålsplats	300–400	Troligen S/cirka 60°	Undersökning av NW042. Teleskopborrhål.
KLX20A	Samma borrhålsplats som KLX11	300–400	Troligen V/cirka 60°	Undersökning av NS001. Teleskopborrhål.
KLX21A	Ej fastställt	300–400	Ej fastställt	Undersökning av NE005. Ingen teleskopdel.
<b>Karakterisering av lokala mindre deformationszoner</b>				
KLX MDZ	Ej fastställt	10–100	Ej fastställt	20–25 korta kärnborrhål utan teleskopdel. Totalt cirka 1 300 borrhålsmeter.
<b>Underlag för DFN-modellering</b>				
KLX09B–F KLX11B–F	Ej fastställt	cirka 100	Ej fastställt	2×5 borrhål. Ingen teleskopdel. Totalt 1 000–1 200 borrhålsmeter.
<b>Karakterisering och verifiering av bergvolymerna för deponeringsområden</b>				
KLX12A	Samma som KLX05	500–600	Troligen NV/cirka 75°	Teleskopborrhål. Bergspänningsmätningar utförs med överborrningsmetoden.
KLX13A	Ny borrhålsplats	500–600	Troligen S/brant	Teleskopborrhål.
KLX18A	Eventuellt samma som KLX14	500–600	Ej fastställt	Teleskopborrhål.
<b>Karakterisering och verifiering av bergvolymerna för centralområde, schakt och ramp</b>				
KLX22A	Ej fastställt	500–600	Nära vertikalt	Centralområde alternativt centralt. Teleskopborrhål.
KLX23A	Eventuellt samma som KLX19	500–600	Nära vertikalt	Centralområde alternativt väst. Teleskopborrhål.

Det tekniska utförandet är i huvudsak oförändrat med två tunga maskiner som arbetar parallellt. En tredje tung maskin kommer troligen att användas under slutskedet av borringarna vid årsskiftet 2006/2007. Längderna på borrhålen kommer huvudsakligen att vara mellan 400 och 600 m. I vissa borrhål med längder kring 400 m och som borrar för undersökning mot geologiska strukturer (deformationszoner) kommer teleskopdelar inte att utföras. Utöver de två tunga maskinerna kommer en lättare maskin att användas för utförande av kärnborrhål med längder kring 100 m eller i vissa fall ännu kortare och med 75,8 mm:s håldiameter. Den lättare kärnbormaskinen kräver endast traktorväg och inte heller lika stor och välutrustad borrhållsplats som de tunga maskinerna. Syftet med de korta hålen är dels att skapa underlag för en statistisk sprickmodell (DFN) och dels att ge möjlighet till undersökningar av mindre deformationszoner (MDZ).

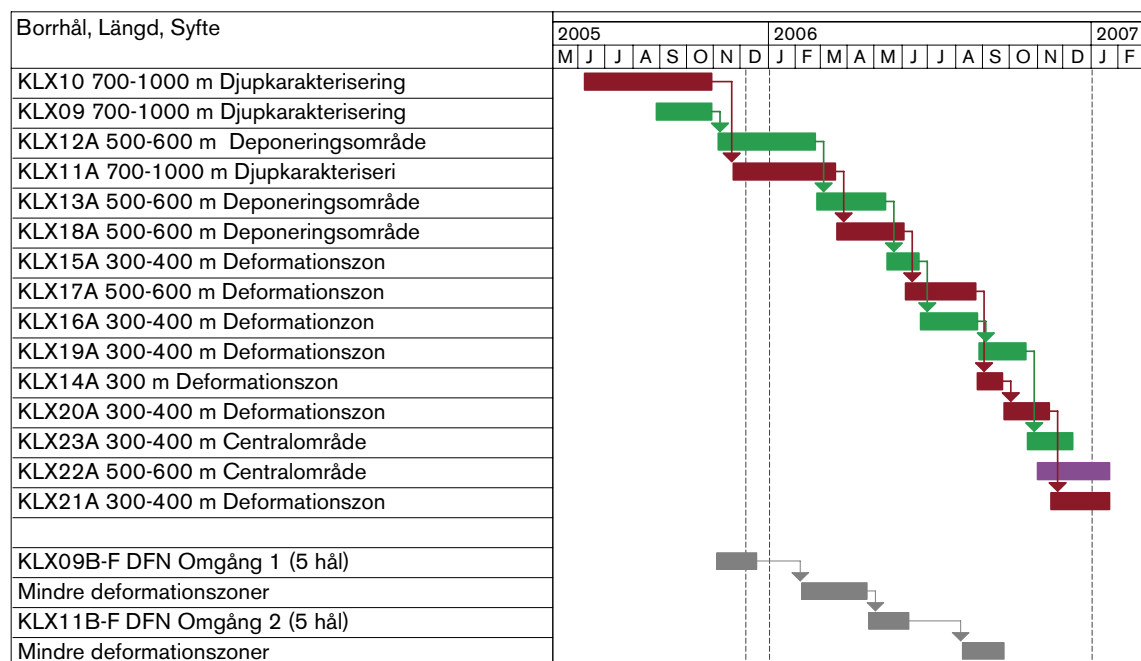
En översiktlig tidsplan med bedömd ordningsföljd för den återstående kärnboringen visas i figur 3-43 nedan.

### Hammarboring

Preliminärt kommer cirka 10 hammarborrhål att borrar för de återstående undersökningarna. Merparten av hammarborrhålen ska borrar för att inhämta geometrisk information om deformationszoner före utplacering av kärnborrhål.

### Jordboring

Ett mindre antal jordborrhål kommer att utföras dels för miljökontroll och dels för övriga undersökningar av lösa avlagringar, se även programmet för hydrogeologi i avsnitt 3.6.4.



**Figur 3-43.** Tidsplan och bedömd ordningsföljd för den återstående kärnboringen. De båda tunga kärnbormaskinerna visas med brun respektive grön färg samt den lättare maskinen med grå färg. Under slutskedet av borringen kommer en tredje tung maskin att användas, denna markeras med lila färg.



### 3.10 Långtidsobservationer<sup>11</sup>

För många av de parametrar som ingår i platsundersökningen är det av flera skäl viktigt med långtidsobservationer. Dels för att förstå naturliga variationer och processer men också för att få en referensram för såväl säkerhetsanalys som projektering samt för att kunna bedöma påverkan på miljö och hälsa.

Många av de undersökta parametrarna, som nederbörd och grundvattennivåer, kommer att uppvisa mer eller mindre tydliga variationer över tiden. En orsak till detta är de årstidsmässiga variationerna i nederbörd och temperatur. Det kan också finnas andra och mera oförutsägbara orsaker, som långsiktiga variationer eller trender i meteorologiska parametrar, liksom slumpmässiga händelser, som leder till att en eller flera parametrar varierar över tid. Dessutom kan undersökningar och arbeten i jordlagren och i berggrunden medföra att parametrar påverkas.

Att kunna tolka och förstå variationer över tiden är en viktig del i arbetet att etablera platsens primära jämförelsedata ("primary baseline" data). Långtidsobservationer är därför en viktig del av platsundersökningen. Med platsens primära jämförelsedata som referens kan man upptäcka förändringar som beror på utbyggnad av slutförvaret, och skilja mellan naturliga förändringar och variationer i tid och rum som beror på mänskliga aktiviteter.

För de parametrar som uppvisar en tydlig variation över tiden behövs tidsserier, av minst två skäl. För det första omfattar platsundersökningen för många parametrar en uppskattning av "typiska" värden (medelvärde, medianvärde etc) eller extremvärden (min, max etc), liksom ett mått på hur dessa värden varierar. Kunskap om mönster hos och omfattningen av variationer över tid kan ha stor betydelse för vår förmåga att korrekt beskriva platsspecifika förhållanden och för att modellera processer som är viktiga. För det andra kommer många platsspecifika förhållanden att förändras under utbyggnad och drift av slutförvaret, både av naturliga orsaker och som följd av verksamheten på platsen. För att kunna upptäcka och kvantifiera förändringar är det nödvändigt att ha en tydlig bild av "ostörda" förhållanden vid platsen. Dessutom kan kunskap om ostörda förhållanden, tillsammans med goda referensdata, kraftigt förbättra våra möjligheter att skilja mellan naturliga förändringar och förändringar som beror på verksamhet vid platsen.

Platsundersökningen innefattar därför insamling av tidsserier för alla viktiga parametrar som uppvisar en tydlig variation över tiden, det vill säga parametrar för vilka en ögonblicksbild inte räcker för att karakterisera ostörda förhållanden eller processer eller de som kan förväntas ändras på grund av uppförande och drift av ett slutförvar. Detta slag av naturliga variationer gäller i första hand ekologiska, hydrologiska, hydrogeologiska och grundvattenkemiska parametrar som uppmäts nära markytan. Men det kan också förekomma parametrar, främst hydrogeologiska, som uppvisar betydande tidsmässig variation även på stort djup. I programmet ingår dessutom registrering av seismisk aktivitet.

För att programmet för uppföljning och långtidsobservationer ska bli optimalt kommer SKB fortlöpande att utvärdera resultat från och erfarenheter av programmet. Valet av parametrar, provtagningspunkter samt provtagnings- och analysfrekvens kommer att baseras på utvärdering och analys av tidigare insamlade data. Det nu aktuella urvalet av parametrar och provtagningspunkter för långtidsobservationer utgår således från resultat från hittills genomförda undersökningar. Observerade variationer både över tid och i rummet har för flera ämnesområden varit viktiga faktorer för detta val.

---

<sup>11</sup> Uppföljning och långtidsobservationer (eller monitorering av eng. monitoring), definieras i /Bäckblom och Almén 2004/ som "Sammanhängande eller upprepade observationer eller mätningar av parametrar för att öka den vetenskapliga förståelsen av platsen och förvaret, för att visa att krav är uppfyllda eller för att anpassa planer med hänsyn till resultat från långtidsobservationerna".

Platsundersökningen kommer endast att ge tidsserier över några få år. För att få kunskap om mer långsiktiga trender kommer underlaget att kompletteras med redan tillgängliga långtidsmätningar av bland annat hydrologiska och meteorologiska data. Dessutom planeras det nedan redovisade programmet att följas av ett program för långtidsobservationer och övervakning under hela bygg- och driftskedet /Bäckblom och Almén 2004, Andersson et al. 2004/.

I följande avsnitt behandlas programmet för monitorering under platsundersökningsskedet. Även om programmet i huvudsak redovisas per ämnesområde kommer flera aktiviteter att genomföras samordnat.

### **3.10.1 Meteorologi**

Meteorologiska mätningar är nödvändiga ingångsparametrar för beräkning av ett områdes vattenbalans och utgör väsentliga underlag för att definiera randvillkor för de hydrologiska och hydrogeologiska beräkningsmodellerna. Meteorologiska uppgifter är också viktiga ingångsdata för bullermätningar och bullerberäkningar eftersom bullerutbredningen i hög grad påverkas av den aktuella vädersituationen.

#### ***Genomförda undersökningar***

Med tanke på undersökningsområdets utsträckning är det viktigt att fånga skillnaden i klimat mellan kust och inland. SKB har därför etablerat och tagit i drift egna meteorologiska mätstationer, dels vid Äspö och dels vid Plittorp cirka 2 km väster om delområde Laxemar, se figur 3-44. Stationerna är placerade på ömse sidor av delområde Laxemar och cirka 9 km ifrån varandra i öst-västlig riktning. Meteorologiska data om nederbörd, temperatur, vind, luftfuktighet, lufttryck, molnighet och globalinstrålning mäts och registreras vid mätstationerna, som byggts och drivs av SMHI för SKB:s räkning. Snödjup och snöns vatteninnehåll har mätts vid ett par lokaler inom det regionala modellområdet, se figur 2-1.

Insamling av data startade i september 2003. Mätdata går först till SMHI för kvalitetskontroll och inlagras därefter i SKB:s HMS-system (Hydro Monitoring System), som är ett registrerings-, datalagrings- och presentationssystem för hydrogeologiska, yhydrologiska och meteorologiska data /Lärke et al. 2005/.

#### ***Undersökningsprogram***

Datainsamling kommer att fortsätta enligt de rutiner och med den teknik som etablerats under den inledande platsundersökningen. Meteorologiska data används som underlag för platsbeskrivningen samt som indata till och för kalibrering av de hydrologiska och hydrogeologiska modellerna (lokal och regional) över delområdena Simpevarp och Laxemar. Mätningarnas omfattning framgår av tabell 3-6. Några ytterligare meteorologiska installationer planeras inte.

#### ***Referensdata***

Som referens och jämförelse med de data som kommer att samlas in vid SKB:s stationer i och invid undersökningsområdet finns ett antal perifera SMHI stationer, se /Larsson-McCann et al. 2002/. Data från vissa av dessa stationer utnyttjas redan idag tillsammans med platsundersökningsdata från delområdena Simpevarp och Laxemar.



*Figur 3-44. Meteorologisk mätstation vid Plittorp.*

**Tabell 3-6. Meteorologimätningar.**

Parameter	Registreringsfrekvens	Äspö	Plittorp
Vindriktning och vindhastighet (på 10 m höjd)	var 30:e minut (medelvärde)	x	x
Luftryck	var 30:e minut (medelvärde)	x	x
Lufttemperatur	var 30:e minut (medelvärde)	x	x
Luftfuktighet	var 30:e minut (medelvärde)	x	x
Nederbörd	var 30:e minut (summa)	x	x
Globalinstrålning	var 30:e minut (medelvärde)	x	–

### 3.10.2 Hydrologi

Flertalet ythydrologiska mätningar liksom vattenkemiska data för ytvatten från sjöar, vattendrag och havet utanför Simpevarp är väsentliga även för ämnesprogrammen ytnära ekosystem och kemi och utförs därför i samarbete med dessa program.

#### **Genomförda undersökningar**

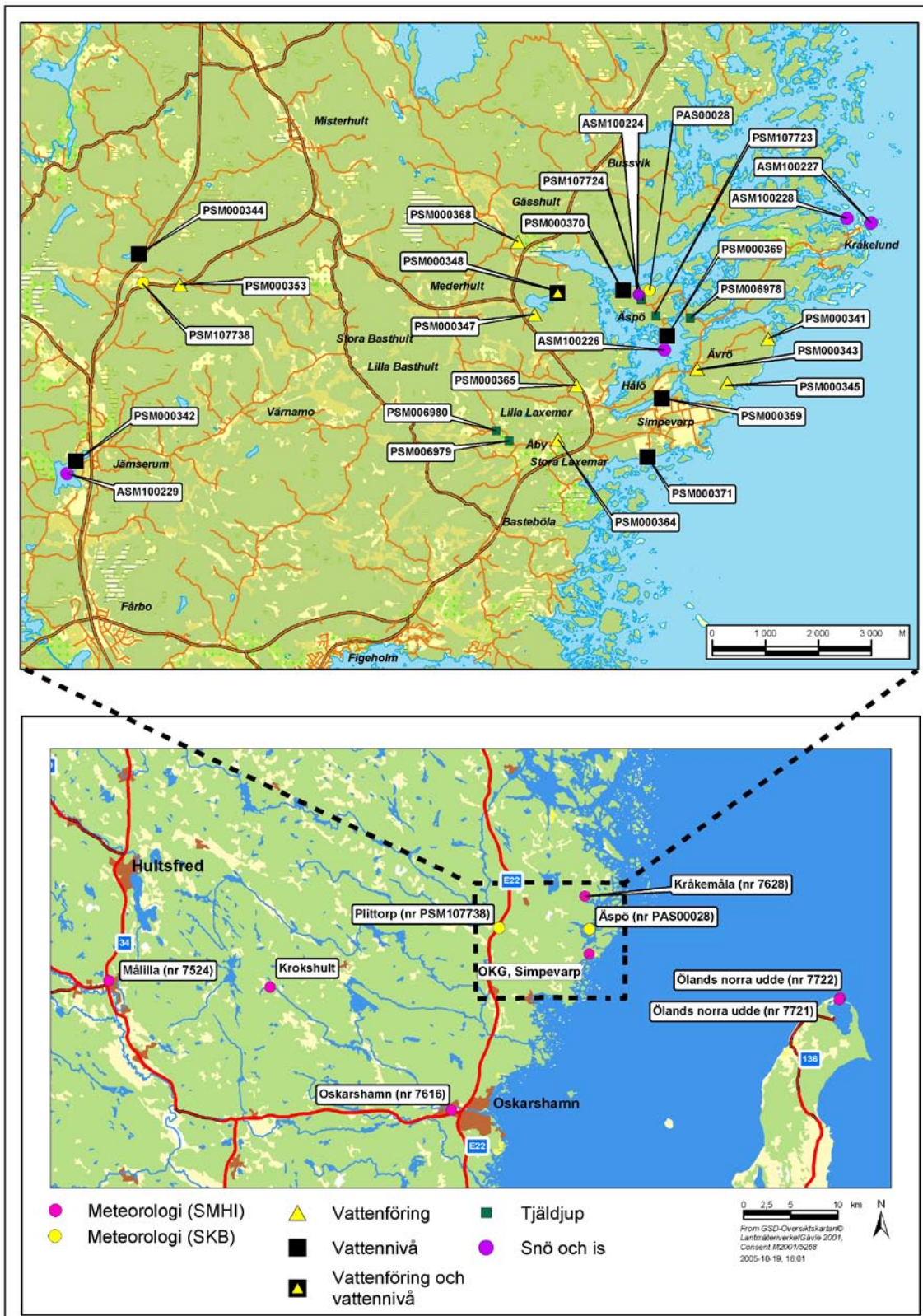
Ythydrologisk kartläggning av topografi, lägen för vattendrag, sjöar och källor samt avgränsning av avrinningsområden utfördes i inledningskedet av platsundersökningen. Senare har kompletteringar utförts, framförallt har sju vattenföringsstationer och sju vattenståndsstationer i hav och sjö färdigställts och tagits i drift. Insamling av data påbörjades under första kvartalet 2004. Två typer av vattenföringsstationer är installerade, dels för naturligt bestämmande sektioner där ingen uppdämning behöver konstrueras och dels överfallsdammar. Exempel visas i figur 3-45.

#### **Undersökningsprogram**

Många av de miljökonsekvenser som potentiellt skulle kunna uppstå i samband med byggnation och drift av slutförvaret är kopplade till vatten. Det är därför av stor vikt att SKB övervakar grund- och ytvatten på platsen, både vattennivåer och -sammansättning. Dessutom behövs data om ytvatten som indata till de hydrologiska och hydrogeologiska modellerna och för deras kalibrering. Datainsamlingen från vattenföringsstationerna, som förutom flöde även omfattar kontinuerlig registrering av temperatur och elektrisk konduktivitet, kommer att fortgå under hela platsundersökningen enligt etablerade rutiner. På samma sätt fortsätter kontinuerlig registrering av vattennivån vid sju vattenståndsstationer, tre i sjöar och fyra i havet. Mätstationernas läge framgår av kartan i figur 3-46. Avbördningskurvor måste dock upprättas för alla mätstationer vilket beräknas vara klart första halvåret 2006.



**Figur 3-45.** Vattenföringsstationer. Den vänstra bilden visar överfallsdamm vid mätstation PSM000347. Den högra är mätstation PSM000353 vid naturligt bestämmande sektion. Stationernas läge visas i figur 3-46 nedan. Sensorer för mätning av nivå, temperatur och elektrisk konduktivitet är monterade på stolpar i mitten av vattendraget.



Figur 3-46. Karta med alla mätstationer för kontinuerlig registrering av meteorologiska och hydrologiska parametrar.

## **Referensdata**

Kontinuerliga mätningar har utförts inom undersökningsområdet ända sedan 1972. OKG påbörjade då mätningar av vattenföringen i Laxemarån. I början utfördes mätningarna med en frekvens av en gång i veckan, på senare tid betydligt glesare. Dessutom har vattenföringen mätts i ett annat avrinningsområde, som ansluter till Laxemaråns avrinningsområde cirka 2 km väster om Fårbo. Data från dessa mätningar utgör referens för de mätningar som utförs inom platsundersökningen. Sammanställning och analys av OKG:s vattenföringsdata pågår. Mätningarna bedöms kunna ha en stor betydelse som underlag för den hydrologiska platsbeskrivningen, eftersom de pågått under så lång tid. För att förlänga de tidsserier som samlas in under platsundersökningen finns även goda möjligheter att simulera vattenföring utifrån meteorologiska data.

### **3.10.3 Hydrogeokemi**

#### ***Utförda undersökningar***

Under den inledande platsundersökningen utfördes en omfattande kemisk kartläggning av ytvattnet inom området, se avsnitt 3.7. Ytvattenprogrammet övergick i januari 2005 i ett monitoringsprogram med ett reducerat antal provtagningspunkter och med reducerad provtagningsfrekvens.

Även det tvååriga nederbördsprogrammet övergick i januari 2005 i ett monitoringsprogram. Detta program skiljer sig dock inte i omfattning från basprogrammet. Under basprogrammet skickades endast ett fåtal nederbördsprover (sex stycken per år) till externa laboratorier. Detsamma kommer att gälla för monitoringsprogrammet.

#### ***Undersökningsprogram***

Långtidsobservationer innebär återkommande uppföljning av vattensammansättningen i ett antal observationspunkter bestående av ytvatten, jordrör, nederbörd samt sektioner av hammarborrhål och kärnborrhål. Syftet är dels att använda resultaten som hjälp att förstå områdets hydrologi och hydrogeologi, dels att se om och hur verksamheten under platsundersökningsskedet påverkar grundvattensammansättningen, och dels att skapa data i långa tidsserier för modelleringsändamål.

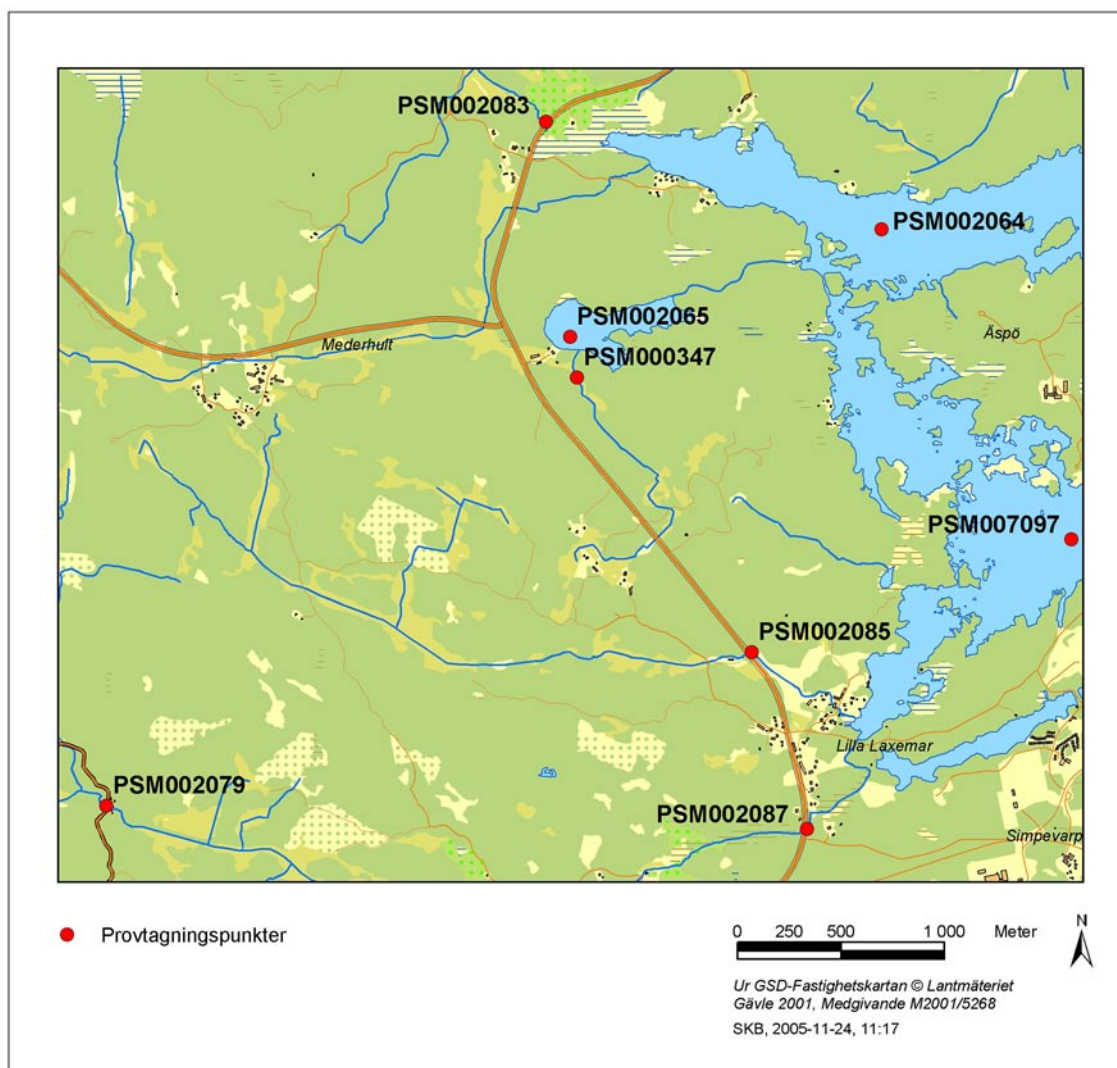
Det fortsatta hydrokemiska monitoringsprogrammet omfattar följande:

- Analys av nederbördsprover, sex stycken per år.
- Analys av ytvatten från provpunkter i sjöar, vattendrag och havet, se figur 3-47; provtagning sker en gång per månad och analysomfattningen varierar över året; provtagningsfrekvensen kan komma att ändras då en översyn av programmet görs årligen. Monitoringsprogrammet för ytvatten genomförs i samverkan mellan ämnesområdena hydrogeologi, hydrogeokemi och ytnära ekosystem.
- Analys av vattenprov på ytnära grundvatten i jordrör, cirka fem utvalda observationspunkter (en punkt inom delområde Simpevarp och fyra punkter inom delområde Laxemar), fyra gånger per år.
- Analys av vattenprov från hammarborrhål. Provtagningen påbörjas successivt när instrumentering av borrhålen färdigställts. Sannolikt är samtliga borrhål instrumenterade i slutet av 2006 eller början av 2007. Monitoringsprogrammet kommer preliminärt att omfatta 13 borrhål, en sektion i varje borrhål, två gånger per år.

- Analys av vattenprov från kärnborrhål. Provtagningen påbörjas successivt när instrumentering av borrhålen färdigställs. Sannolikt är samtliga borrhål instrumenterade i mitten av 2007. Monitoringsprogrammet omfattar preliminärt 15 djupa kärnborrhål och 12 medellånga kärnborrhål, två sektioner i varje borrhål, två gånger per år. Installationerna beskrivs i avsnitt 3.10.5

### Referensdata

Kemiprovtagningar med avseende på ytvatten (hav, sjöar och vattendrag), ytnära grundvatten (jodrör) och djupare grundvatten (hammarborrhål och kärnborrhål) har genomförts inom området både före och under platsundersökningen. Resultat från dessa provtagningar utgör referensdata till de undersökningar som kommer att bedrivas framöver. Alla resultat från undersökningarna återfinns i databasen Sicada.



Figur 3-47. Provtagningspunkter för monitorering av ytvatten.

### 3.10.4 Ekologi

Inom ämnesområdet ytnära ekosystem planeras långtidsobservationer för ytvatten (se avsnitt avsnitt 3.10.3 Hydrogeokemi), vilt och fåglar, områden med parametrar som alla tre uppvisar en variation över tiden och som kan komma att påverkas vid utbyggnad och drift av slutförvaret.

#### **Vilt**

SKB måste ha kunskap om eventuella förändringar av viltpopulationer av intresse för människan i det berörda området samt i referensområdet. Sådan kunskap utgör ett underlag för att avgöra om och i så fall hur SKB:s verksamhet påverkar viltpopulationerna. För detta har SKB valt att fortsätta med det så kallade förvaltningsprogrammet för älg, det vill säga den insamling och älgräkning som jaktlagen utför och där SKB betalar analyskostnaderna. Övervakningen ska ske årligen, i första hand under perioden 2005–2008.

#### **Fågel**

Fåglar utgör en för allmänheten intressant del av faunan och kan vara känsliga för störningar från SKB:s verksamhet. Att följa fågelfaunan i området är därför en viktig del i övervakningen. För detta ändamål kommer häckningsframgången att följas för sällsynta och eller känsliga arter (till exempel vissa rovfåglar). Den revirkartering som gjorts runt ett antal borrhållplatser under två år, ska följas upp en gång under den fortsatta platsundersökningen. Övervakningen ska i första hand pågå under perioden 2005–2008. De linje- och punkt-taxeringar som genomförts tidigare (2002–2004) i området kommer att upprepas en gång under den fortsatta platsundersökningen.

#### **Referensdata**

Data från undersökningar och långtidsövervakning inom ytnära ekosystem kan jämföras med resultat från motsvarande mätningar i andra områden i Sverige. Information från sådana mätningar finns tillgänglig i databaser hos till exempel Naturvårdsverket, Fiskeriverket, Lantbruksuniversitet (SLU) och Svensk viltförvaltning. Information från den årliga uppföljningen av fågelfaunan i Oskarshamn jämförs med uppgifter från svensk fågeltaxering som utförs på flera hundra lokaler runt om i Sverige. På motsvarande sätt görs jämförelser mellan Oskarshamns undersökningsområde och Blankaholm norr därom vad avser vissa arter av jaktbart vilt.

### 3.10.5 Hydrogeologi och transportegenskaper

Hydrogeologiska långtidsobservationer utförs för att ge underlag till beskrivningen av de hydrologiska och hydrogeologiska sambanden, bland annat grundvattnets tryck- och flödesfördelning, inom området, det vill säga bergakvifärer, jordakvifärer samt kontakterna mellan ytvatten, jordgrundvatten och berggrundvatten och sambanden inom respektive delsystem. Syftet är att mäta naturliga grundvattennivåvariationer före byggandet av ett slutförvar men utrustningen används också för att mäta tryckresponser under enhållspumptester och interferenstester. I ett senare skede kan monitoringsystemet, efter viss anpassning, även mäta tryckresponser under slutförvarets byggskede. Monitoringsdata används för kalibrering av grundvattenflödesmodeller och utgör en referens-tidsserie med relativt ostörda grundvattennivåer ("baseline") inför byggandet av slutförvaret. Även andra hydrauliska störningar, till exempel från borrhning, kan mätas och i vissa fall bidra till underlaget för den hydrogeologiska modellen /SKB 2001a/.





Monitering av grundvattenflöden görs i syfte att kvantifiera det naturliga grundvattenflödet. Flöden, och förändringar i flöden används för kalibrering av hydrogeologiska modeller. Dessutom kan data från moniteringen utgöra referens (baseline) för att bedöma om ett förändrat grundvattenflöde kan ha orsakats av bygge och drift av slutförvaret.

Ett öppet borrhål utgör en hydraulisk kortslutning av spricksystem på olika nivåer i borrhålet. Moniteringsutrustningen fyller även funktionen att isolera dessa från varandra och förhindrar därmed en okontrollerad omblandning av grundvatten från olika nivåer, eventuellt med olika kemisk sammansättning. Långtidsövervakningen bör påbörjas så snart alla övriga borrhålsundersökningar är avslutade. Å andra sidan, eftersom installationsarbetena för monitering är mycket omfattande och kostsamma, speciellt i kärnborrhål, är det väsentligt att man är säker på att borrhålet inte behöver användas för ytterligare undersökningar innan installation av moniteringsutrustning påbörjas.

### **Genomförda undersökningar**

Monitering av grundvattennivå (tryckregistrering) pågår i 15 kärnborrhål med varierande antal sektioner samt i cirka 25 hammarborrhål och 27 jordrör. All utrustning är nykonstruerad (baserat på erfarenheter från Äspölaboratoriets moniteringssystem) och nytillverkad. Vissa injusteringsproblem har förekommit. Efter att dessa lösts, har tryckregistreringarna fungerat klanderfritt och är mycket värdefulla bland annat för registrering av tryckresponser på olika typer av störningar (främst borring) som görs under platsundersökningen. Mätresultat till och med oktober 2004 redovisas i /Nyberg och Wass 2005/.

Grundvattennivåmätningarna i jordrören kommer att ge viktig information om grundvattennivåernas läge och variation i olika delar av undersökningsområdet samt det ytliga grundvattnets strömningsriktning och hydrauliska gradienter. Dessa mätningar tillsammans med mätningar av nivåer i ytvatten och i berg syftar också till att ge kunskap om in- och utströmningsförhållanden.

### **Undersökningsprogram**

Grundvattenmoniteringen kommer successivt att byggas ut allteftersom nya kärnborrhål och hammarborrhål borrar samt nya jordrör installeras.

Tidsplanen för fortsatta installationer av moniteringsutrustning under den fortsatta platsundersökningen är helt avhängig av när borrhål är borrade och färdigundersökta. Instrumentering kommer att ske i de flesta borrhålen allteftersom som de är färdigundersökta.

### **Referensdata**

Grundvattennivån och grundvattnets kemiska sammansättning i den ytliga delen av berggrunden (ner till som mest cirka 200 m) moniteras i relativt många hammarborrade hål inom platsundersökningen. SKB bedömer att data från dess undersökningar kan utgöra referens för varandra och ser inget behov av ytterligare referensdata. Det finns också långa tidsserier med tämligen ostörda förhållanden för några hammarborrhål från undersökningarna i samband med Äspölaboratoriet, vilka bör kunna komplettera pågående undersökningar vad avser referensdata.

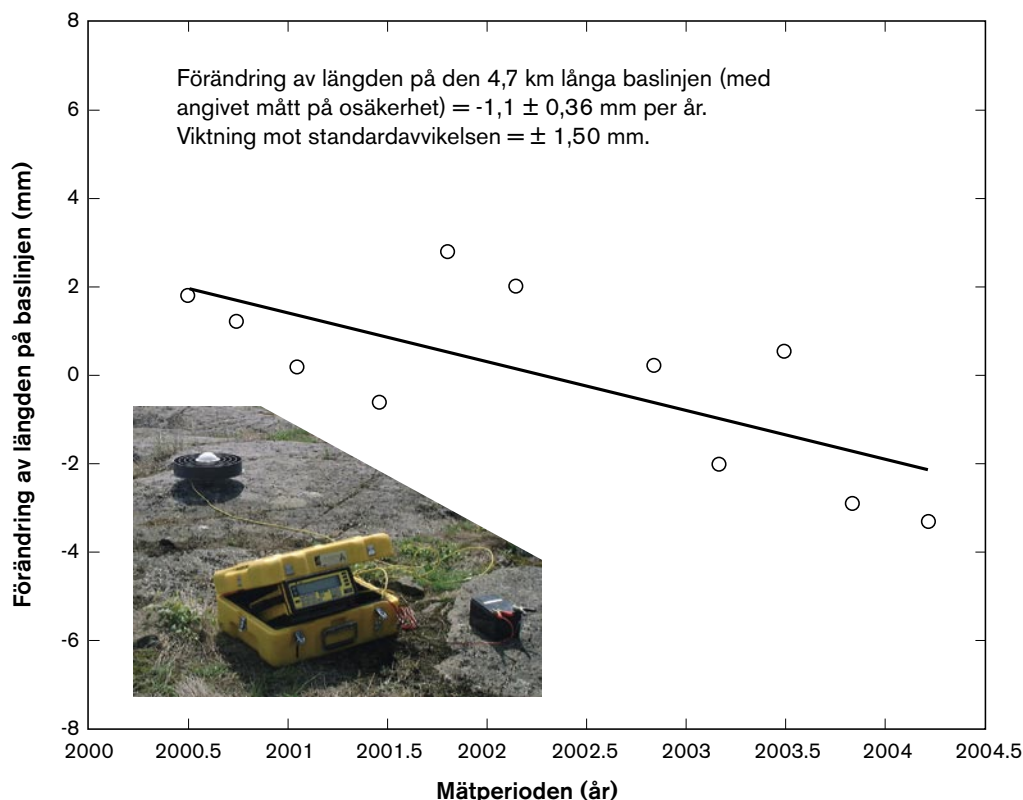
### 3.10.6 Geologi

Geologisk monitoring omfattar mätningar av långsamma kryprörelser längs med sprickzoner i berget, registrering av jordskalv i närområdet till undersökningsplatserna Oskarshamn och Forsmark samt registrering av jordskalv i hela Sverige /SKB 2001a/.

#### Genomförda undersökningar

##### Rörelser i berget

Längs större deformationszoner (plastiska och spröda sprickzoner) kan det förekomma mycket små rörelser, så kallade kryprörelser. För att få en uppfattning om eventuella kryprörelser längs deformationszoner genomfördes en metodstudie med GPS-baserad mätteknik mellan 2000 och 2004 i Oskarshamn /Sjöberg et al. 2004/, se figur 3-49. Under den period som metodstudien genomfördes förekom förhöjd solaktivitet och resultatet måste därför tolkas med viss försiktighet. Den tolkning som ändå gjordes är att observerade rörelser möjligen kan ha orsakats av att bergblocken roterat motsols i förhållande till varandra. Rörelserna var mycket små – i nivå med mätnoggrannheten. Trots detta går det att skönja en tendens till rörelse under tidsperioden, i synnerhet mellan stationerna Knip och Kidr, figur 3-49 /Sjöberg et al. 2004/. Slutsatsen av studien är att det krävs långa tidsserier, helst mätningar över en hel solaktivitetscykel (11 år). SKB beslöt att avsluta mätningarna med GPS-teknik i Oskarshamn. En studie, med i princip samma teknik, har under 2005 inletts i Forsmark och kommer att fortsätta under tre år. Efter förnyad utvärdering av GPS-tekniken kan det därefter bli aktuellt att utföra GPS-mätningar på den plats som slutligen väljs för slutförvaret.

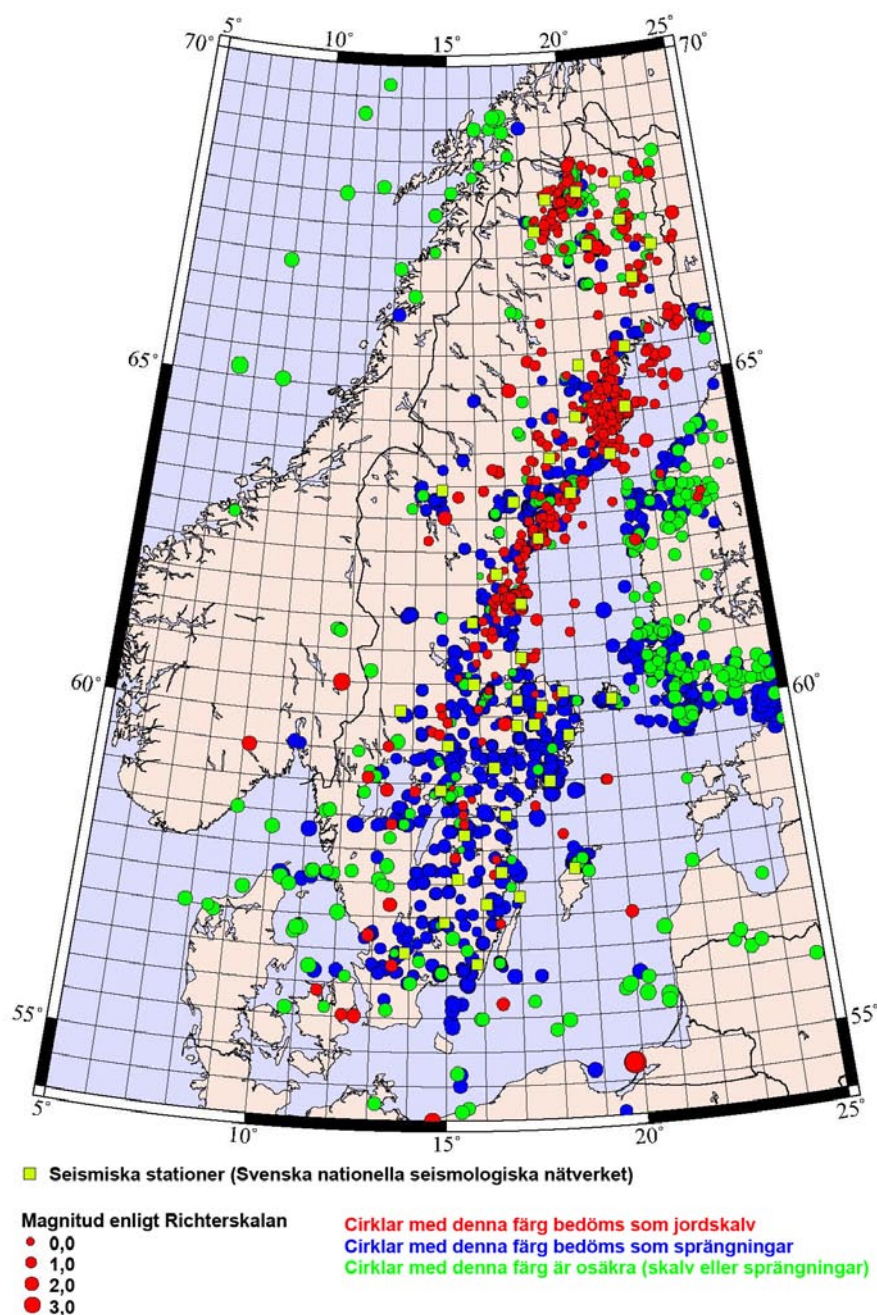


**Figur 3-49.** Metodstudie av deformationsmätningar med GPS-teknik. Fotot visar en mottagare av typ Trimble 4000 SSE och en antenn /Sjöberg et al. 2004/. Diagrammet visar rörelsen mellan stationerna Knip och Kidr under tidsperioden. Även om rörelserna knappt var mätbara går det att skönja en tendens till rörelse; baslinjen mellan Knip och Kidr har blivit cirka 1,1 mm kortare per år /Sjöberg et al. 2004/.

Även andra metoder övervägs för att få ökad kunskap om förhållandena i närheten av de platser som nu undersöks. Ett exempel på detta är satellitbaserad radarinterferometri (dInSar, längdmätning med radiovågor), som kommer att genomföras i Forsmark. Med metoden kan vertikala rörelser (till exempel sättningar) detekteras i mm-skala. Den tidigare nämnda GPS-metoden mäter huvudsakligen horisontella rörelser.

## Jordskalv

Under 2002 genomfördes, med finansiering från SKB, en kompletterande utbyggnad av det nationella seismologiska nätet från Gävle i norr till Blekinge i söder. Målet med det seismologiska nätet är att kunna registrera jordskalv ned till en magnitud nära noll på Richterskalan. Figur 3-50 visar jordskalv och registrerade explosioner (mestadels sprängningar) som inträffade 2004. Huvuddelen av registreringarna härrörde från explosioner /Böðvarsson 2005a/.



Figur 3-50. Jordskalv och explosioner (sprängningar) som registrerats under 2004.

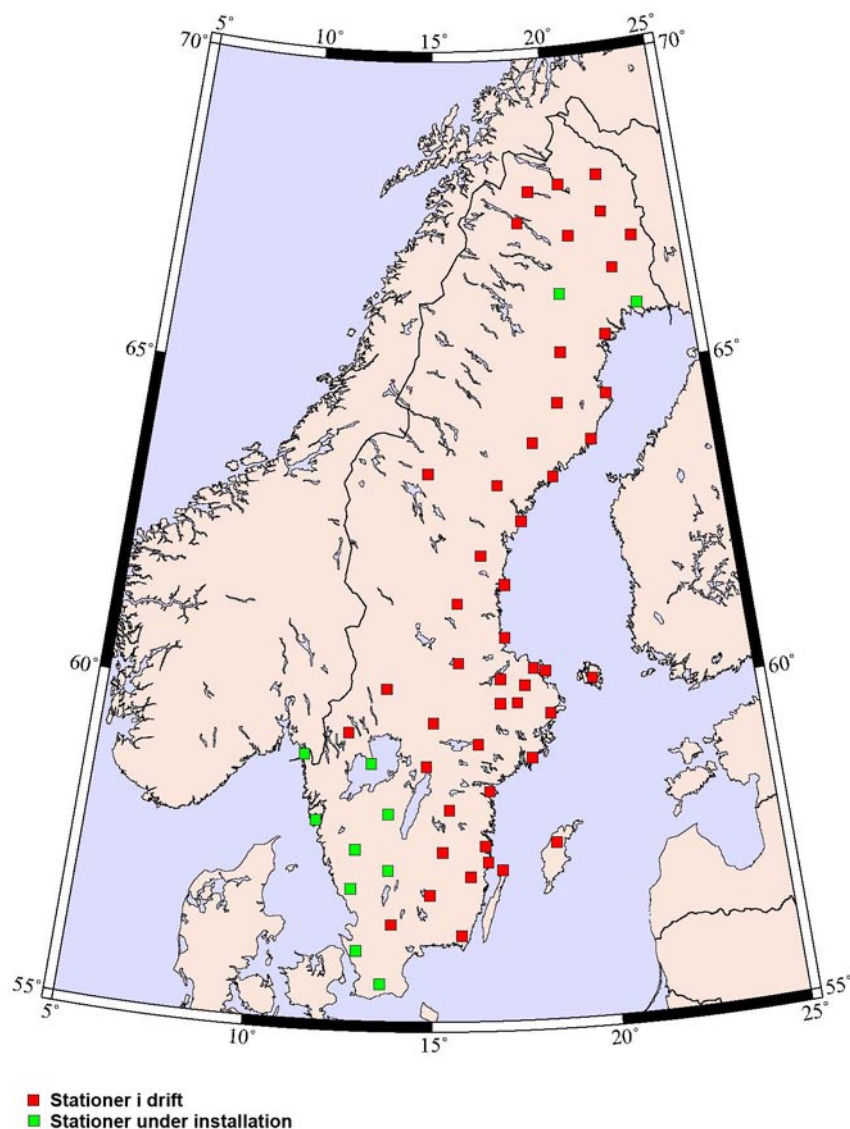
## Undersökningsprogram

### Rörelser i berget

Metodstudien med GPS-baserad mätteknik i Oskarshamn har avslutats. SKB kommer istället att pröva andra metoder för registrering av små berg rörelser. För närvarande testas satellitbaserad radarinterferometri i Forsmark.

### Jordskalv

Målet med det seismologiska nätet är att kunna registrera jordskalv ned till en magnitud nära noll på Richterskalan samt att noggrannare kunna bestämma, läge, magnitud och riktning av jordskalv inom närområdet. Mätningar av jordskalv beräknas pågå åtminstone fram till 2011. Det seismologiska nätet utökades 2005 med två nya stationer. En placerades i Forsmark och en i Oskarshamn (vid borrhälsplats KLX03). Det nuvarande nationella seismologiska nätet framgår av figur 3-51. Eventuellt kan det bli aktuellt att senare installera ytterligare seismiska stationer i Forsmark och eller Simpevarp/Laxemar, vilket i så fall kommer att redovisas i programmet för detaljundersökning.



Figur 3-51. Det nationella seismologiska nätet per 2004 /Böðvarsson 2005b/.

## **3.11 Undersökningar för driftanläggningar ovan och under mark**

### **3.11.1 Anläggningar ovan mark**

Figur 2-13 och 2-14 ger en uppfattning om de anläggningar ovan mark som ett slutförvar i delområde Laxemar skulle kräva och figur 2-12 visar tre möjliga lägen för dessa inom delområde Laxemar. Figuren visar preliminära förslag som tagits fram utifrån det underlag som fanns tillgängligt våren 2005. Ytterligare bearbetning kommer att krävas bland annat med hänsyn till den dokumentation som görs av kulturmiljön, ytnära ekosystem samt kvartär- och hydrogeologiska förhållanden.

Grundläggningskraven för slutförvarets anläggningar skiljer sig som helhet inte från vad som är gängse för industribyggande, men det finns vissa skillnader mellan olika delar. Större delen av ytan kommer att upptas av konventionella byggnader, vägar och uppställningsplatser. Undantagen är produktionsbyggnader och schaktöverbyggnader, som kan kräva större insatser för grundläggning. Kunskap om mark- och grundvattenförhållanden krävs också för de bergupplag som planeras.

Det undersökningsprogram som planeras innefattar att:

- Sammanställa befintligt underlag från tidigare undersökningar som gjorts inom delar av området.
- Översiktligt bedöma de geotekniska förhållandena för hela det aktuella området.
- Bedöma grundläggningskraven för olika delar av slutförvarets anläggningar.
- Identifiera behoven av kompletterande undersökningar, och genomföra dessa.

Undersökningarna bedöms bli begränsade, och kunna genomföras med konventionell teknik, bland annat seismik. Liknande undersökningar kan också komma att krävas för vägar och övrig tillkommande infrastruktur.

### **3.11.2 Anläggningar under mark**

Omfattningen av borrhningen för att få underlag för en platsanpassad utformning av nedfarter och centralområde är i dagsläget preliminär. Av det program för undersökningsborrning som redovisas i avsnitt 3.1 och 3.9 syftar två 500–600 m långa kärnborrhål specifikt till att ta fram bergbyggnadstekniskt underlag för nedfarter och centralområde. Ytterligare borrning och undersökningar kan behövas för att få tillräckligt underlag för den anläggningsutformning, inklusive valda lägen – och möjliga utföranden – för ramp, schakt och centralområde, som ska redovisas i platsundersökningens slutskede.

## 4 Undersökningar efter sommaren 2007

Enligt SKB:s planer kommer platsundersökningen i Oskarshamn att avslutas sensommaren 2007, se figur 2-18. Då ska, enligt målsättningen för platsundersökningsskedet, alla undersökningar som behövs för att ta fram och lämna in ansökan enligt miljöbalken och kärntekniklagen vara utförda.

Under perioden fram till dess att ansökan inlämnas i slutet av 2008 kan vissa kompletterande undersökningar behöva utföras. Bland annat planeras ett storskalig interferenstest kombinerat med spår försök. Detta kan bara genomföras när det inte längre finns risk för störningar från andra undersökningar som kan påverka grundvattnet. Eftersom resultaten från testet främst syftar till att verifiera de platsbeskrivande modellerna kan de genomföras efter datafrys 2.3. Långtidsobservationer enligt avsnitt 3.10 fortsätter kontinuerligt efter datafrys 2.3 även om omfattning kan variera beroende på typ av mätparameter och behovet av långa tidsserier.

Planeringen på längre sikt beror självfallet på vilken plats som väljs för slutförvaret. För den plats som inte väljs är ett rimligt antagande att SKB drar ner alla aktiviteter i fält till ett minimum. Någon form av insatser för uppföljning och långtidsobservationer blir dock troligen aktuella även på denna plats.

För den plats som väljs bibehålls sannolikt resurser och infrastruktur och vissa förberedelser görs, samtidigt som uppföljning och långtidsobservationer fortsätter. När ansökan lämnats in och under den tid som granskning och prövning pågår kan remissinstanserna begära kompletteringar som kräver ytterligare undersökningar på platsen. SKB bedömer inte att detta är särskilt troligt men måste ändå hålla öppet för detta i planeringen. Vilken typ av undersökningar eller andra insatser som kan bli aktuella är inte möjligt att nu ha någon uppfattning om.

Om Laxemar väljs som plats för slutförvaret behövs bygghandlingar och annat underlag till ansökan om bygglov. För att ta fram dessa handlingar och för övrig detaljprojektering av slutförvaret kan det bli aktuellt med bland annat byggnadsgeologiska undersökningar.

När SKB erhållit tillstånd att bygga och driva slutförvaret kommer, förutom rena byggaktiviteter, även omfattande undersökningar att starta. Undersökningarna, ofta benämnda detaljundersökningar, kommer att utföras både från ytan och från de schakt och tunnlar som utförs i byggskedets inledningsfas. I ansökan enligt miljöbalken och kärntekniklagen kommer SKB att redovisa ett program för detaljundersökningarna.

## 5 Referenser

**Alling V, Andersson P, Fridriksson G, Rubio Lind C, 2004.** Validation of GIS-maps and inventory of vegetation types in Forsmark. Forsmark site investigation. P-04-314, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Andersson J, Ström A, Svemar C, Almén K-E, Ericsson LO, 2000.** Vilka krav ställer djupförvaret på berget? Geovetenskapliga lämplighetsindikatorer och kriterier för lokalisering och platsutvärdering, R-00-15, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Andersson C, Söderhäll J, 2001.** Rock mechanical conditions at the Äspö HRL. A study of the correlation between geology, tunnel maintenance and tunnel shape, R-01-53, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Andersson J, 2004.** Vegetation inventory in part of the municipality of Oskarshamn, P-04-20, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Andersson J, 2005.** Investigation of the amount of dead wood. Oskarshamn site investigation, P-05-87, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Andersson J, Munier R, Ström A, Söderbäck B, Almén K-E, Olsson L, 2004.** When is there sufficient information from the Site Investigations? R-04-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Andrén C, 2004.** Amphibians and reptiles in SKB special area of investigation at Simpevarp. P-04-36, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Stridsman H, 2004a.** Drilling of cored borehole KSH01. Oskarshamn site investigation. P-03-113, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Ekström L, 2004b.** Drilling of cored borehole KSH02. Oskarshamn site investigation P-04-151, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Ekström L, Håkanson N, 2004c.** Drilling of cored borehole KSH03. Oskarshamn site investigation. P-04-233, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Ekström L, Håkanson N, 2005a.** Drilling of cored borehole KAV04. Oskarshamn site investigation. P-05-25, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ask H, Samuelsson L-E, Zetterlund M, 2005b.** Percussion drilling of boreholes HLX21, HLX22, HLX23, HLX24, HLX25, HLX30 HLX31 and HLX33 for investigation of lineament EW007. P-05-55, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Ekström L, Håkanson N, 2005c.** Drilling of cored borehole KLX04. P-05-111, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Ekström L, Håkanson N, 2005d.** Drilling of cored borehole KLX03. Oskarshamn site investigation. P-05-167, Svensk Kärnbränslehantering AB.



- Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Ekström L, Håkanson N, 2005e.** Oskarshamn site investigation. Drilling of cored borehole KLX05. P-05-233, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ask H, Morosini M, Samuelsson L-E, Ekström L and Håkanson N, 2005f.** Oskarshamn site investigation. Drilling of cored borehole KLX06. P-05-233, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Berglund S, Selroos J-O, 2003.** Transport properties site descriptive model. Guidelines for evaluation and modelling. R-03-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Bergman B, Juhlin C, Palm H, 2002.** Reflection seismic imaging of the upper 4 km of crust using small charges (15–75 grams) at Laxemar, southeastern Sweden. *Tectonophysics*, 355, 201–213.
- Boresjö Bronge L, Wester K, 2003.** Vegetation mapping with satellite data of the Forsmark, Tierp and Oskarshamn regions, P-03-83, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Brunberg A-K, Carlsson T, Brydsten L, Strömgren M, 2004.** Identification of catchments, lake-related drainage parameters and lake habitats. Oskarshamn site investigation P-04-242, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Byegård J, 2005.** Bedrock transport properties. Preliminary site description Simpevarp subarea – version 1.2. R-05-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Bäckblom G, Almén K-E, 2004.** Monitoring during the stepwise implementation of the Swedish deep repository for spent fuel. R-04-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Böðvarsson R, 2005a.** Swedish National Seismic Network (SNSN). A short report on recorded earthquakes during the fourth quarter of the year 2004. P-05-32, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Böðvarsson R, 2005b.** Swedish National Seismic Network (SNSN). A short report on recorded earthquakes during the second quarter of the year 2005. P-05-200, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Börjesson S, Gustavsson E, 2005.** Laboratory data from the site investigation programme for the transport properties of the rock. Data delivery for data freeze Laxemar 2.1. Oskarshamn site investigation. P-05-106, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Carlsson T, Brunberg A-K, Brydsten L, Strömgren M, 2005.** Characterisation of running waters, including vegetation, substrate and technical encroachments. Oskarshamn site investigation, P-05-40, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Cederlund G, Hammarström A, Wallin K, 2004.** Surveys of mammal populations in the areas adjacent to Forsmark and Oskarshamn. Results from 2003, P-04-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Cederlund G, Hammarström A, Wallin K, 2005.** Survey of small rodent populations in the areas adjacent to Simpevarp. Results from 2004. Oskarshamn site investigation P-05-84, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Curtis P, Elfström M, Stanfors R, 2003.** Compilation of structural geological data covering the Simpevarp peninsula, Ävrö and Hålö. Oskarshamn site investigation. P-03-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- Ehrenborg J, Stejskal V, 2004.** Boremap mapping of core drilled borehole KLX02. Oskarshamn site investigation. P-04-129, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Elhammer A, Sandkvist Å, 2005.** Detailed marine geological survey of the sea bottom outside Simpevarp. Oskarshamn site investigation P-05-35, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Enderlein O, 2005.** The abundance of nightly pelagic fish in the Baltic Sea outside Simpevarp nuclear power station, P-05-057, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Engdahl A, Ericsson U, 2004.** Sampling of freshwater fish. Description of the fish fauna in four lakes. Oskarshamn site investigation, P-04-251, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ericsson U, Engdahl A, 2004a.** Surface water sampling in Oskarshamn – Subreport October 2003 to February 2004. Oskarshamn site investigation, P-04-75, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ericsson U, Engdahl A, 2004b.** Benthic macro invertebrates. Results from sampling in the Simpevarp area 2004. Oskarshamn site investigation, P-04-252, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ericsson U, 2005.** Oskarshamn site investigation. Precipitation at Simpevarp 2004. P-05-175, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ericsson U, Engdahl A, 2005a.** Oskarshamn site investigation. Surface water sampling at Simpevarp 2004. P-05-118, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ericsson U, Engdahl A, 2005b.** Oskarshamn site investigation. Sampling of shallow groundwater at Simpevarp 2004. P-05-280, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Fredriksson R, Tobiasson S, 2003.** Inventory of macrophyte communities at Simpevarp nuclear power plant. Area of distribution and biomass determination. Simpevarp site investigation, P-03-69, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Fredriksson R, 2004.** Inventory of the soft-bottom macrozoobenthos community in the area around Simpevarp nuclear power plant. Oskarshamn site investigation, P-04-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Fredriksson R, 2005a.** Inventory of the marine fauna attached to hard substrates in the Simpevarp area. Oskarshamn site investigation, P-05-45, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Green M, 2003.** Fågelundersökningar inom SKB:s platsundersökningar 2002 Simpevarp, P-03-31, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Green M, 2004.** Bird surveys in Simpevarp 2003. Oskarshamn site investigation, P-04-21, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Green M, 2005.** Bird monitoring in Simpevarp 2002–2004. Oskarshamn site investigation, P-05-42, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Gustafsson J, Gustafsson C, 2004.** RAMAC and BIPS logging in boreholes KSH03A, KSH03B, HAV09, HAV10 and BIPS in KAV01. Oskarshamn site investigation. P-04-48, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- Gustafsson E, Nordqvist R, 2005.** Groundwater flow measurements and SWIW tests in boreholes KLX02 and KSH02. Oskarshamn site investigation. P-05-28, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Gustafsson J, Gustafsson C, 2005a.** RAMAC and BIPS logging in borehole KLX06. Oskarshamn site investigation. P-05-30, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Gustafsson J, Gustafsson C, 2005b.** RAMAC and BIPS logging in boreholes KLX05 and HLX32. Oskarshamn site investigation. P-05-82, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Gustafsson J, Gustafsson C, 2005c.** RAMAC directional logging in borehole KLX05 and RAMAC and BIPS logging in borehole HLX20. Oskarshamn site investigation. P-05-161, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hartley L, Hoch A, Hunter F, Marsic N, 2006** (i manus). Regional hydrogeological simulations – Numerical modelling using ConnectFlow. Preliminary site description Laxemar subarea – version 1.2. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hermanson J, Forssberg O, Fox A, La Pointe P, 2005.** Statistical model of fractures and deformation zones. Preliminary site description, Laxemar subarea, version 1.2. R-05-45, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Hultgren P, Stanfors R, Wahlgren C-H, Carlsten S, Mattsson H, 2004.** Geological single-hole interpretation of KSH03A, KSH03B, KLX02, HAV09 and HAV10. Oskarshamn site investigation. P-04-231, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ignell H, 2004.** Investigations on mammals – bats. Investigation of the fauna of mammals in selected places within SKB investigation area. Oskarshamn site investigation, P-04-237, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ingvarson N, Palmeby S, Svensson O, Nilsson O, Ekfeldt T, 2004.** Marine survey in shallow coastal waters. Bathymetric and geophysical investigation 2004. Oskarshamn site investigation. P-04-254, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Jansson T, Stigsson M, 2002.** Test with different stress measurement methods in two orthogonal bore holes in Äspö HRL. R-02-26, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Johansson T, Adestam L, 2004.** Drilling and sampling in soil. Installation of groundwater monitoring wells in the Laxemar area. Oskarshamn site investigation. P-04-317, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Juhlin C, Bergman B, Palm H, Tryggvason A, 2004a.** Reflection seismic studies on Ävrö and Simpevarpshalvön, 2003. Oskarshamn site investigation. P-04-52, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Juhlin C, Bergman B, Palm H, 2004b.** Reflection seismic studies performed in the Laxemar area during 2004. Oskarshamn site investigation. P-04-215, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Laaksoharju M (ed), Smellie J, Gimeno M, Auqué L, Gómez J, Tullborg E-L, Gurban I, 2004.** Hydrogeochemical evaluation of the Simpevarp area, model version 1.1. R-04-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- Lagerbäck R, Sundh M, Svedlund J-O, 2004.** Searching for evidence of late- or postglacial faulting in the Oskarshamn region. Results from 2003. Oskarshamn site investigation. P-04-192, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Larsson-McCann S, Karlsson A, Nord M, Sjögren J, Johansson L, Ivarsson M, Kindell S, 2002.** Meteorological, hydrological and oceanographical information and data for the site investigation program in the community of Oskarshamn. TR-02-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindborg T, Kautsky U, 2000.** Variabler i olika ekosystem, tänkbara att beskriva vid platsundersökning för ett djupförvar. R-00-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindborg T (ed), 2005.** Description of surface systems. Preliminary site description Simpevarp sub area – Verison 1.2. R-05-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindborg T (ed), 2006.** Description of surface systems. Preliminary site description Laxemar sub area version 1.2. R-06-11, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindow H, 2005.** Oskarshamn site investigation. Oceanographic measurements. P-05-191, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindqvist G, 2004a.** Refraction seismic measurements in the water outside Simpevarp and Ävrö and on land on Ävrö. Oskarshamn site investigation. P-04-201, Svensk Kärnbränslehantering AB. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindqvist G, 2004b.** Refraction seismic measurements in Laxemar. Oskarshamn site investigation. P-04-134, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindqvist G, 2004c.** Refraction seismic measurements in Laxemar autumn 2004. Oskarshamn site investigation. P-04-298, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindqvist G, 2005.** Refraction seismic measurements in Laxemar spring 2005. Oskarshamn site investigation. P-05-155, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lindroos H, 2004.** The potential for ore, industrial minerals and commercial stones in the Simpevarp area. R-04-72, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Ljunggren C, Klasson H, 1997.** Drilling of KLX02 – Phase 2. Lilla Laxemar, Oskarshamn. Deep hydraulic fracturing rock stress measurements in borehole KLX02, Laxemar. U-97-27, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lundin L, Björkvald L, Hansson J, Stendahl J, 2004.** Surveillance of soils and site types in the Oskarshamn area. Oskarshamn site investigation. P-04-243, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lundqvist L (ed), 2005.** Kulturmiljöanalys Simpevarp/Laxemar. P-05-248, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lärke A, Hillgren R, Wern L, Jones J, Aquilonius K, 2005.** Hydrological and meteorological monitoring at Oskarshamn during 2003–2004. P-05-227, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Löfgren A, Lindborg T, 2003.** A descriptive ecosystem model – a strategy for model development during site investigations. R-03-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Löfgren A, 2005.** Estimation of biomass and net primary production in field and ground layer, and biomass in litter layer of different vegetation types in Forsmark and Oskarshamn. Oskarshamn/Forsmark site investigation. P-05-80, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Löfgren M, Neretnieks I, 2005a.** Formation factor logging in-situ by electrical methods in KLX03 and KLX04. Oskarshamn site investigation. P-05-105, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Löfgren M, Neretnieks I, 2005b.** Formation factor logging in-situ and in the laboratory by electrical methods in KSH01A and KSH02. Measurements and evaluation of methodology. Oskarshamn site investigation. P-05-27, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Lövgren L, Puigdomenech I, 2005.** Effects of complexing compounds on sorption of metal ions to cement. R-05-72, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Mattsson H, Thunehed H, 2003.** Measurements of petrophysical parameters on rock samples during autumn 2002. Simpevarp site investigation. P-03-19, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Mattsson H, Thunehed H, Triumf C-A, 2003.** Compilation of petrophysical data from rock samples and in situ gamma-ray spectrometry measurements. Oskarshamn site investigation. P-03-97, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Mattsson H, Stanfors R, Wahlgren C-H, Stenberg L, Hultgren P, 2004a.** Geological single-hole interpretation of KSH01A, KSH01B, HSH01, HSH02 and HSH03. Oskarshamn site investigation. P-04-32, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Mattsson H, Stanfors R, Wahlgren C-H, Carlsten S, Hultgren, P, 2004b.** Geological single-hole interpretation of KSH02 and KAV01. Oskarshamn site investigation. P-04-133, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Mattsson H, Thunehed H, Triumf C-A, 2004c.** Compilation of petrophysical data from rock samples and in situ gamma-ray spectrometry measurements. Stage 2 – 2004 (including 2002). Oskarshamn site investigation. P-04-294, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Mattsson H, 2005.** Interpretation of geophysical borehole measurements from KLX06. Oskarshamn site investigation. P-05-44, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Mattsson H, Keisu M, 2005.** Interpretation of geophysical borehole measurements from KLX05. Oskarshamn site investigation. P-05-189, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Munier R, Hökmark H, 2004.** Respect distances. Rationale and means of computation. R-04-17, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Naturvårdsverket, 2005.** Handbok för miljöövervakning, Elfiske i rinnande vatten, Version1:3 020620. [www.naturvardsverket.se](http://www.naturvardsverket.se).

**Nielsen U T, Ringgaard J, 2004.** Geophysical borehole logging in borehole KAV01. Oskarshamn site investigation. P-04-232, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Nielsen U T, Ringgaard J, Horn F, 2005a.** Geophysical borehole logging in borehole KLX06. Oskarshamn site investigation. P-05-31, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Nielsen U T, Ringgaard J, Dahl J F, 2005b.** Geophysical borehole logging in boreholes KLX05 and HLX32. Oskarshamn site, P-05-144.

**Nilsson G, 2004.** Investigation of sediments, peat lands and wetlands. Stratigraphical and analytical data. Oskarshamn site investigation. P-04-273, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Nilsson K P, Bergman T, Eliasson T, 2004.** Oskarshamn site investigation. Bedrock mapping 2004 – Laxemar subarea and regional model area. P-04-221, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Nyberg G, Wass E, 2005.** Groundwater monitoring program report for December 2003 – October 2004. Oskarshamn site investigation. P-05-205, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Nyman H, 2005.** Depth and stratigraphy of Quaternary deposits. Preliminary site description Laxemar subarea – version 1.2. R-05-54, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Pedersen K, Kalmus A, 2004.** Oskarshamn site investigation. Total numbers and metabolic diversity of microorganisms in borehole KSH01A. P-04-276, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Rudmark L, Malmberg-Persson K, Mikko H, 2005.** Investigation of Quaternary deposits 2003–2004. Oskarshamn site investigation. P-05-49, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Schmelzbach C, Juhlin C, 2004.** 3D processing of reflection seismic data acquired within and near the array close to KAV04A on Ävrö, 2003. Oskarshamn site investigation. P-04-204, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Siitari-Kauppi M, Flitsiyani E S, Klobes P, Meyer K, Hellmuth K-H, 1998.** Progress in physical rock matrix characterization: Structure of the pore space. In: I G McKinley, C McCombie (ed:s), Scientific Basis for Nuclear Waste Management XXI, Mat. Res. Soc. Symp. Proc. V. 506, pp. 671–678.

**Sjöberg J, Perman F, 2005.** Oskarshamn site investigation. Overcoring rock stress measurements in borehole KLX04. P-05-69, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Sjöberg L, Pan M, Asenjo E, 2004.** A deformation analysis of the Äspö GPS monitoring network from 2000 to 2004. Oskarshamn site investigation. P-04-196, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2000a.** Geovetenskapligt inriktat program för undersökning och utvärdering av platser för djupförvaret, R-00-30, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2000b.** Samlad redovisning av metod, platsval och program inför platsundersöknings-skedet [Fud-K], Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2000c.** Förstudie Oskarshamn. Slutrapport. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2001a.** Platsundersökningar. Undersökningsmetoder och generellt genomförande-program. R-01-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2001b.** Geovetenskapligt program för platsundersökning vid Simpevarp. R-01-44, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2003.** Prioritering av områden för platsundersökningen i Oskarshamn. R-03-12, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2004.** Interim main report of the safety assessment SR-Can. TR-04-11, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2004a.** Fud-program 2004. Program för forskning, utveckling och demonstration av metoder för hantering och slutförvaring av kärnavfall, inklusive samhällsforskning, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2004b.** Plan 2004. Kostnader för kärnkraftens radioaktiva restprodukter. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2004c.** Program för fortsatta undersökningar av berggrund, mark och vatten. Platsundersökning i Oskarshamn. P-04-300, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2005a.** Preliminary safety evaluation for the Simpevarp subarea. Based on data and site descriptions after the initial site investigation stage, TR-05-12, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2005b.** Preliminary site description. Simpevarp subarea – version 1.2, R-05-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2006.** Preliminary site description Laxemar subarea – version 1.2. R-06-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2006a.** Utvärdering av platsdata inför fokusering av de fortsatta undersökningarna inom delområde Laxemar. P-05-264, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**SKB, 2006b.** Preliminär anläggningsbeskrivning för slutförvar inom delområde Simpevarp. R-06-31, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Stanfors R, Olsson P, Stille H, 1997.** Äspö HRL – Geoscientific evaluation 1997/3. Results from pre-investigations and detailed site characterization. Comparison of predictions and observations. Geology and mechanical stability. TR-97-04, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Sturesson E, 2003.** Nyckelbiotopsinventering i Simpevarpsområdet. Platsundersökning Oskarshamn. P-03-78, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Sundberg I, Ericsson U, Engdahl A, Svensson J E, 2004.** Phytoplankton and zooplankton. Results from sampling in the Simpevarp area 2003–2004. Oskarshamn site investigation. P-04-253, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Tagesson T, 2004** (i manus). Aspects of the carbon cycle in terrestrial ecosystems of northeastern Småland. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Tagesson T, 2005** (i manus). Seasonal variation and controlling factors of soil carbon dioxide efflux in six vegetation types in southeast of Sweden. Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Tannerfeldt M, Thiel L, 2004.** Survey of mammal populations at Simpevarp. Spotlight survey 2004. Oskarshamn site investigation. P-04-238, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Thunehed H, Triumf C-A, Pitkänen T, 2004.** Geophysical profile measurements over interpreted lineaments in the Laxemar area. Oskarshamn site investigation. P-04-211, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Thunehed H, 2005.** Resistivity measurements and determination of formation factors on samples from LX04 and KSH02. Oskarshamn site investigation. P-05-75, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- Thunehed H, Triumf C-A, 2005.** Detailed ground geophysical survey at Laxemar. Magnetic total field and resistivity. Oskarshamn site investigation. P-05-188, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Triumf C-A, 2003.** Geophysical measurements for the siting of a deep borehole at Ävrö and for investigations west of CLAB. Oskarshamn site investigation. P-03-66, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Triumf C-A, Thunehed H, Kero L, Persson L, 2003.** Interpretation of airborne geophysical survey data. Helicopter borne survey data of gamma ray spectrometry, magnetics and EM from 2002 and fixed wing airborne survey data of the VLF-field from 1986. Oskarshamn site investigation P-03-100, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Triumf C-A, 2004.** Oskarshamn site investigation. Joint interpretation of lineament in the eastern part of the site descriptive model area. P-04-37, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Triumf C-A, 2004a.** Joint interpretation of lineaments. Oskarshamn site investigation. Oskarshamn site investigation. P-04-49, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Triumf C-A, 2004b.** Gravity measurements in the Laxemar model area with surroundings. Oskarshamn site investigation P-04-128, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wacker P, Berg C, Bergelin A, 2004.** Oskarshamn site investigation. Complete hydrochemical characterisation in KSH01A. P-04-12, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wahlgren C-H, Ahl M, Sandahl K-A, Berglund J, Petersson J, Ekström M, Persson P-O, 2004.** Bedrock mapping 2003 – Simpevarp subarea. Outcrop data, fracture data, modal and geochemical classification of rock types, bedrock map, radiometric dating. Oskarshamn site investigation. P-04-102, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wahlgren C-H, Bergman T, Persson Nilsson K, Eliasson T, Ahl M, Ekström M, 2005.** Oskarshamn site investigation. Bedrock map of the Laxemar subarea and surroundings. Description of rock types, modal and geochemical analysis. P-05-180, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wahlgren C-H, Hermanson J, Curtis P, Forsberg O, Triumf C-A, Tullborg E-L, Drake H, 2006.** Geological description of rock domains and deformation zones in the Simpevarp and Laxemar subareas. Preliminary site description Laxemar subarea – version 1.2. R-05-69, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Werner K, Bosson E, Berglund S, 2005.** Description of climate, surface hydrology and near-surface hydrogeology – Laxemar 1.2. R-05-61, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wiborgh M, Papp T, Svemar C, 2004.** Äspö Hard Rock Laboratory. NET.EXCEL. Final Technical Report. IPR-04-54, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Widestrand H, Byegård J, Ohlsson Y, Tullborg E-L, 2003.** Strategy for the use of laboratory methods in the site investigations programme for the transport properties of the rock. R-03-20, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Wikman H, Kornfält K-A, 1995.** Updating of a lithological model of the bedrock of the Äspö area. SKB Progress Report 25-95-04. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Winberg A, Andersson P, Hermanson J, Byegård J, Cvetkovic V, Birgersson L, 2000.** Äspö Hard Rock Laboratory. Final report of the first stage of the tracer retention understanding experiments. TR-00-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.



**Winberg A, Andersson P, Byegård J, Poteri A, Cvetkovic V, Dershowitz W, Doe T, Hermanson J, Gomez-Hernandez J, Hautojärvi A, Billaux D, Tullborg E-L, Holton D, Meier P, Medina A, 2002.** Final report of the TRUE Block Scale project. 4. Synthesis of flow, transport and retention in the blocka scale. TR-02-16, Svensk Kärnbränslehantering AB.

## Analys av prover från avlagringar och biota

**Tabell A-1. Organiska mikroföreningar (miljögifter) som kommer att analyseras i prov från avlagringar (sediment, torv- eller våtmarker) samt biota.**

---

Ämne

---

**EOX** – Summaparameter för extraherbara organiskt bundna halogener.

**Klorbensener (tri-hexa)** – Används som lösningsmedel, i pesticider, vid produktion av andra kemikalier och i transformatorvätskor. Generellt ökar toxiciteten med graden av klorering. Hexaklorbensenen och pentaklorbensenen är ett prioriterat farligt ämne och Triklorbensenen är ett prioriterat ämne enligt Vattendirektivet.

**PCB7** – Polyklorerade bifenyler. PCB7 är summan av 7 kongener (kongen = variant inom en och samma grupp med samma grundläggande molekylstruktur men olika grad och/eller placering av halogeenatomerna). Totalt finns 209 PCB-föreningar. Delas upp i plana och icke-plana PCB:er där de plana ibland räknas ihop med dioxiner på grund av liknande egenskaper. Källan till PCB är till exempel transformatorolja och plastfogmassor. Föreningarna är svårnedbrytbara, fettlösliga och bioackumuleras. Mycket toxiska och påverkar människors hälsa genom till exempel försvagat immunsystem, störd hormon- och enzymbalans, ökad cancerfrekvens och påverkan på centrala nervsystemet.

**PCDD/PCDF** – Polyklorerade dibensodioxiner (PCDD) och dibensofuraner (PCDF). Bildas vid förbränningsprocesser som sopförbränning och vid stålsmältverk. Tidigare har en betydande källa också varit klorblekning av papper och från klor-alkali fabriker med grafitelektroder. Bilavgaser och förbränning av trä är andra källor. Hög toxicitet och kan hos människor orsaka hudskador (klorakne). Möjlig cancerrisk, samt effekter på immunsystem och reproduktion.

**2,4-dinitrotoluen** – Fast ämne, gul färg. Används vid framställning av färgämnen, polyuretan samt i sprängämnen och ammunition. Cancerframkallande aromatisk nitrogen förening. Akut effekter; andningssvårigheter, risk för kemisk pneumonit, CNS påverkan, torrt eksem; illamående och kräkningar.

**1,2-diklorethan** – Färglös vätska med lukt som påminner om kloroform och med mycket goda fettlösande egenskaper. Har stor teknisk användning, till exempel som mellanled vid framställning av vinylklorid, etylenglykoldiacetat och etylendiamin. Den används också som bensintillsats tillsammans med antiknackningsmedlet tetraetylbly.

**Diklormetan** – Metylenklorid, färglös, lättflyktig och icke brännbar vätska med lukt som påminner om kloroform. Används som lösningsmedel, till exempel vid avfettning och avfärgning, och framställs i industriell skala genom direkt klorering av metan.

**BTEX** – samlingsbeteckning för bensen, toluen, etylbensen och xylol. Ingår som komponenter i bränsle och lösningsmedel. Hos människan kan exponering av dessa ämnen orsaka bland annat skador på nervsystemet. Bensen är även cancerogent.

**Klorerade alifater** – Grupp av organiska kemikalier där de flesta är färglösa vätskor vid rumstemperatur. Består av raka, grenade eller cykliska kolväten med 1–5 kolatomer med varierande grad av klorsubstitution. Används till exempel vid produktion av PVC och som lösningsmedel vid tillverkning av andra kemikalier.

**Fraktionering aromater** – Grundstrukturen i en aromat utgörs av en ringstruktur av 6 kolatomer. Fraktionering det vill säga uppdelning av aromater efter antalet kolatomer.

**PAH16** – Polycykliska aromatiska kolväten. PAH ingår i bland annat tjära, kreosot, asfalt, gummi, plast, färg och insektsgift. Bildas när kol eller kolväten till exempel i form av till exempel olja upphettas utan att det finns tillräckligt mycket syre för att ge en fullständig förbränning till koldioxid. Är oftast fettlösliga och i en del fall bioackumulerande. PAH-16 är en summaparameter för de av USEPA definierade 16 vanligaste PAH-föreningarna. Uppdelas i cancerogena (7 stycken) och övriga (9 stycken) PAH:er. Vissa PAH-föreningar är prioriterade farliga ämnen under Vattendirektivet.

**Fraktionering alifater** – Alifater utgörs av raka eller grenade kolkejdor. Fraktionering innebär en uppdelning av alifater efter antalet kolatomer.

**MTBE** – Metyltertiärbutyleter. Tillsätts bensin för att öka oktantalet. Vid rumstemperatur är MTBE en flyktig, lättantändlig, färglös vätska som ganska lätt löser sig i vatten.

**PDBE, Bromerade flamskyddsmedel** – Polybromerad difenyl eter. Förekommer i en mängd olika produkter till exempel elektronik och textilier. Är prioriterade ämnen under Vattendirektivet.

**DEHP** – Di(2-etylhexyl)ftalat hör till en grupp av föreningar som benämns ftalatestrar. Används bland annat som mjukgörare i plast. Klassificerat som reproduktionsstörande ämne. Prioriterat ämne under Vattendirektivet.

**Nonylfenol** – eller alkylfenoletoxylater tillhör gruppen nonjoniska tensider. Prioriterat farligt ämne under Vattendirektivet.

**Nitroaromater** – En viss typ av organiska kväveföreningar som tillverkas i stora volymer. Används för tillverkning av bekämpningsmedel, läkemedel, sprängämnen, polymerer, färgämnen med mera. Många nitroaromater och deras nedbrytningsprodukter är toxiska och i vissa fall även cancerogena.

**Tabell A-2. Makroämnen och oorganiska ämnen som kommer att analyseras i prov från avlagringar (sediment, torv- eller våtmarker) samt biota.**

Makroämnen			Metaller		
			Atomnr	Kemisk formel	Ämne
Total-C			3	Li	Litium
TOC	Total Organic Carbon		4	Be	Beryllium
Total-N			21	Sc	Skandium
Organiskt N			23	V	Vanadin
PO <sub>4</sub>			24	Cr	Krom
<b>Oxider</b>			27	Co	Kobolt
Atomnr	Kemisk formel	Ämne	28	Ni	Nickel
-	SiO <sub>2</sub>	Kiseldioxid	29	Cu	Koppar
-	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Difosforpentoxid	30	Zn	Zink
<b>Metalloxider</b>			31	Ga	Gallium
-	Na <sub>2</sub> O	Natriumoxid	37	Rb	Rubidium
-	MgO	Magnesiumoxid	38	Sr	Strontium
-	K <sub>2</sub> O	Kaliumoxid	39	Y	Yttrium
-	CaO	Kalciumoxid	40	Zr	Zirkonium
-	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminiumoxid	41	Nb	Niob
-	TiO <sub>2</sub>	Titandioxid	42	Mo	Molybden
-	MnO	Manganoxid	47	Ag	Silver
-	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Järn(III)oxid	48	Cd	Kadmium
<b>Halogener</b>			50	Sn	Tenn
17	Cl	Klor	51	Sb	Antimon
35	Br	Brom	55	Cs	Cesium
53	I	Jod	56	Ba	Barium
<b>Icke-metaller</b>			57	La	Lantan
5	B	Bor	58	Ce	Cerium
16	S	Svavel	59	Pr	Praseodym
33	As	Arsenik	60	Nd	Neodym
34	Se	Selen	62	Sm	Samarium
			63	Eu	Europium
			64	Gd	Gadolinium
			65	Tb	Terbium
			66	Dy	Dysprosium
			67	Ho	Holmium
			68	Er	Erbium
			69	Tm	Tulium
			70	Yb	Ytterbium
			71	Lu	Lutetium
			72	Hf	Hafnium
			73	Ta	Tantal
			74	W	Volfram
			80	Hg	Kvicksilver
			81	Tl	Tallium
			82	Pb	Bly
			90	Th	Torium
			92	U	Uran

**Tabell A-3. Jordmånsrelaterade och markfysikaliska parametrar som kommer att analyseras i prov från avlagringar (sediment, torv- eller våtmarker).**

---

Parameter
pH, C, N,
Fe, Al, Mn – det vill säga jordmånsrelaterade ytaktiva substanser.
Baskatjoner – utbytbara med $\text{NH}_4\text{Ac}$ (ammoniumacetat) respektive "total" lakning med kungsvatten <sup>1</sup> .
K och P (fraktionering med Al och HCl).
Pf-kurva – Samband mellan bindningstryck och vattenhalt hos ett jordprov. Ger information om en jords vattenhållande egenskaper. Med pF menas $^{10}\log(-\Psi)$ där $\Psi$ är vattnets tryck uttryckt i cm vattenpelare.
Hydraulisk konduktivitet.
Porositet.
Torrsvikt, kompakt- och skrymdensitet.

---

<sup>1</sup> En blandning av koncentrerad salpetersyra och koncentrerad saltsyra, ofta i volymförhållandet 1:3.

## Platsundersökningens miljöpåverkan

I denna bilaga redovisas den miljöpåverkan som planerade undersökningsaktiviteter kan ge upphov till under den fortsatta platsundersökningen i Oskarshamn och vilka åtgärder som planeras för att denna påverkan ska bli så liten som möjligt. Erfarenheter från de första åren av platsundersökningar med tillämpning och utveckling av den miljöstyrning och miljöanpassning av verksamheten som presenterades i /SKB 2001b/ utgör ett viktigt underlag för denna redovisning. Sist i bilagan sammanfattas i tabellform de aktiviteter som bedöms kunna medföra påverkan på miljön.

### B.1 Miljöstyrning av platsundersökningen

#### B.1.1 Allmänt

SKB:s målsättning är att platsundersökningarna ska genomföras på ett sådant sätt att miljöpåverkan blir så liten som möjligt samtidigt som kvaliteten och den vetenskapliga nivån ska uppfylla ställda krav. För att uppnå detta integrerar vi miljöfrågor i planeringen av verksamheten. Detta sker bland annat med hjälp av ett miljökontrollprogram för aktiviteter som genomförs i fält. Miljökontrollprogrammet har utvecklats kontinuerligt under platsundersökningarnas framdrift och omfattar checklistor för olika typer av aktiviteter som till exempel grävningar, provtagningar i fält, bormning och seismiska undersökningar. Ett exempel på checklista (för kärnbormning och vägbygge) redovisas i tabell B-1 nedan.

Miljökontrollprogrammet möjliggör att SKB innan en undersökning:

- har kunskap om vilka natur- och kulturvärden som kan påverkas,
- har säkerställt att markägarna får ge synpunkter på utförandet,
- har gett Länsstyrelsen möjlighet att komma med synpunkter på de planerade undersökningarna.

En betydande del av undersökningarna utförs av konsulter och entreprenörer. För att minimera risker och begränsa negativa konsekvenser för miljö och hälsa ställer SKB krav på leverantörer som svarar mot SKB:s policy och övergripande mål. Alla entreprenörer och konsulter som genomför arbeten i platsundersökningsområdet genomgår en anpassad utbildning innan arbeten får påbörjas. Efter genomgången utbildning erhålls ett bilpass som ska medföras och hållas väl synligt vid arbeten i området. SKB har även tagit fram lokala

**Tabell B-1. Utdrag ur checklista för kärnbormning och vägbygge.**

Aktivitetstyp	Kontrollåtgärder											
	Tillgänglighetskartor	Fältkontroll av natur- och kulturvärden	Fotodokumentation	Referensprov markkemi	Referensprov vattenkemi	Kontroll av grundvattennivåer	Myndighetsamråd	Samråd/information markägare	Information närboende	Miljökrav till entreprenör	Bullermätning	Slutkontroll (Sign aktivetsledare)
Vägbyggnation och förberedelse av borrhälsplatser	X	X	X				X	X	X	X		

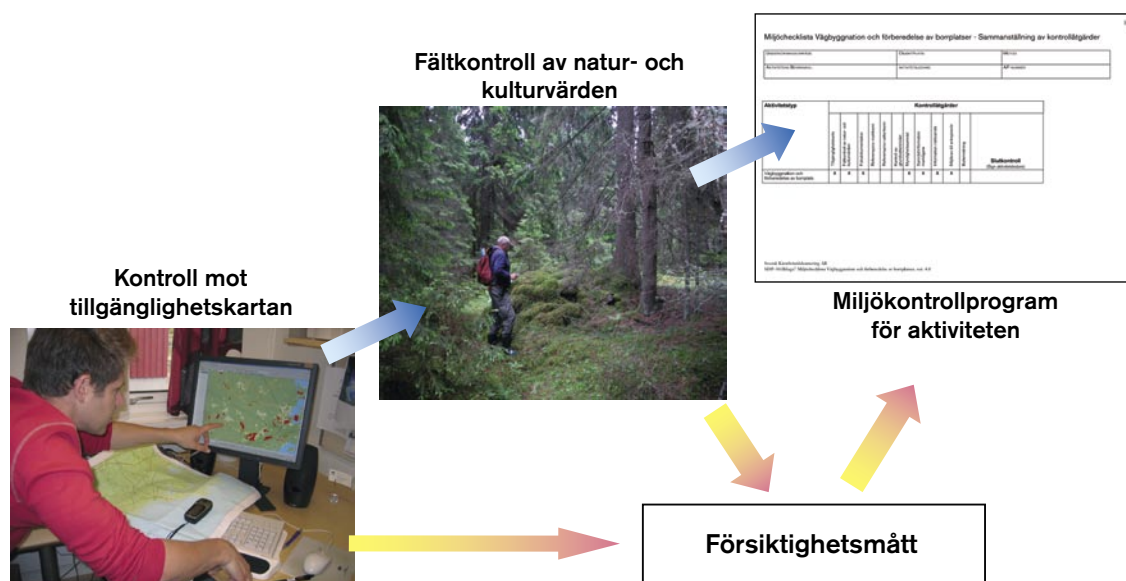
ordnings-, skydds- och miljöregler som gäller för arbeten inom platsundersökningen. Dessa innebär bland annat att alla entreprenörer ska redovisa om och i så fall vilka miljöfarliga ämnen och produkter de avser använda. Under de inledande platsundersökningarna har styrningen av SKB:s kontroll av kemikalier varit ottydligt men har i och med november 2004 ändrats så att en lista över alla kemikalier som skall användas vid en aktivitet måste kontrolleras av SKB:s miljö- och kvalitetsansvarige innan aktiviteten kan starta.

Entreprenörens redovisning sker i så kallade SHM-protokoll (Säkerhet, Hälsa, Miljö). SHM-protokollen innehåller förutom en lista på samtliga kemikalier som kommer att användas i aktiviteten, även en redogörelse för arbetsmiljörisker och risker för miljöolyckor samt hur dessa ska förebyggas.

### B.1.2 SKB:s miljökontrollprogram

Det första steget i miljökontrollprogrammets checklistor innebär att alla fältaktiviteter föregås av kontroll mot SKB:s så kallade tillgänglighetskarta samt för de flesta aktiviteter även kontroll i fält av natur- och kulturvärden. Denna fältkontroll genomförs av SKB:s platsekolog eller av inhyrda experter. Arbetssättet visas i figur B-1 nedan. Vid alla markingrepp konsulteras personal från Riksantikvarieämbetet, som utifrån befintlig kunskap och eller i fält bedömer förekomst och eventuell påverkan på fornlämningar eller andra kulturhistoriska värden. Dessa kontroller kan resultera i att särskilda försiktighetsåtgärder behöver vidtas. Den vanligaste åtgärden är att undersökningsplatsen flyttas något, eller att vissa skyddsåtgärder skrivs in i tillgänglighetsprotokollet och delges utföraren. Ofta minskas också ingreppens omfattning efter diskussioner mellan SKB och entreprenören.

Tillgänglighetskartan uppdateras efterhand med tillkommande information från fältkontroller och undersökningar inom framförallt ämnesområdet Ytnära ekosystem. Den uppdateras också när ny information finns tillgänglig hos Länsstyrelsen och Skogsvårdsstyrelsen (hyggen). Tillgänglighetskartan ger vägledning i frågan om undersökningarna kan genomföras på den tänkta platsen eller om de måste flyttas eller anpassas till lokala förhållanden.



**Figur B-1.** Beskrivning av hur SKB går tillväga för att planera och styra verksamhet i fält så att miljöpåverkan kan undvikas eller minimeras. I miljökontrollprogrammet redovisas alla försiktighetsmått som ska iakttas när en aktivitet planeras och genomförs.

Kartan redovisar bland annat var det finns störningskänsliga områden, skyddsvärda arter eller fornlämningar och kulturhistoriska värden. Efter de inledande platsundersökningarna är denna karta mycket omfattande och utgör ett värdefullt underlag för styrning av verksamheten så att miljöpåverkan kan undvikas eller minimeras.

### **B.1.3 SKB:s kontakter med Länsstyrelsen**

I april 2002 anmälde SKB platsundersökningen i Oskarshamn för samråd enligt miljöbalken 12 kap till Länsstyrelsen i Kalmar län. Länsstyrelsen meddelade i sitt beslut 2002-06-19 att undersökningarna fick genomföras i enlighet med anmälan med vidtagande av de försiktighetsmått till skydd för naturmiljön som presenterades i anmälan. SKB har även därefter haft en aktiv dialog med Länsstyrelsen kring platsundersökningens miljöpåverkan och hur denna kan undvikas eller minimeras. Vid ett möte med representant från Länsstyrelsen 2004-04-06 beslutades att kontakter ska ske på olika sätt beroende på undersökningens natur:

- Anmälan om samråd enligt miljöbalken kap 12 § 6; skickas till Länsstyrelsen minst sex veckor före ett ingrepp som inte tidigare anmälts.
- Kompletterande redovisning; skickas till länsstyrelsen under pågående samrådstid angående anmälningssärenden (ovan), till exempel uppgift om exakt placering av kärnborrhål.
- Information till Länsstyrelsen; skickas till Länsstyrelsen 1–2 veckor innan mindre ingrepp utförs, till exempel hammarborrhål, jordrör, mindre grävningar och seismiska undersökningar.

### **B.1.4 SKB:s kontakter med markägare**

Alla aktiviteter i fält kräver medgivande från berörda markägare. Dessutom arbetar SKB aktivt för att hela tiden ha en god dialog med närboende och andra berörda parter. Dessa samråd och kontakter ingår i de olika aktiviteternas miljöchecklistor, som är en viktig del av SKB:s miljökontrollprogram.

## **B.2 Erfarenheter från den inledande platsundersökningen**

Tidigt i platsundersökningen genomfördes inventeringar av vegetation, nyckelbiotoper, vilt, fåglar med mera för att få en bra bild av området innan vägbyggen, borrhningar och andra mer störande aktiviteter påbörjades. På detta sätt fick SKB tidigt kunskap om var i området skyddsvärda arter och miljöer finns. Tillgänglighetskartan har kontinuerligt uppdaterats med denna information och utgör ett mycket viktigt planeringsunderlag för de fortsatta undersökningarna. Erfarenheten visar att det behövdes en viss inkörningsperiod för att åstadkomma en väl fungerande miljökontroll inför alla fältaktiviteter, dels beroende på att organisationen växte och dels därför att det var många aktiviteter som skulle startas upp under relativt kort tid. SKB:s platsekolog ansvarar för att genomföra och dokumentera dessa kontroller men själva kontrollen initieras av respektive aktivitetsledare utifrån SKB:s miljökontrollprogram. Efter genomförda kontroller förs eventuella försiktighetsåtgärder och nödvändiga förändringar i tidplanen in i aktivitetens planering i samråd mellan platsekolog och berörd aktivitetsledare. Genom detta arbetssätt har känsliga miljöer kunnat skyddas från allvarlig påverkan och onödiga störningar.

Sedan 2002 har cirka 300 olika undersökningar utförts och inga större misstag har begåtts. I tabell B-2 beskrivs de avvikelser som rapporterats.



**Tabell B-2. Beskrivning av avvikelser i genomförda undersökningar och de åtgärder som vidtagits.**

Tidpunkt	Händelse	Åtgärd
2003–2004	Vid tre hammarborrplatser har större områden (cirka 10–50 m <sup>2</sup> större) än vad som föreskrivits i tillgänglighetsprotokoll grusats upp eller mark tagits i anspråk.	Platserna har i två fall återställts och i ett fall har inget gjorts eftersom markägaren föredrog ytan uppgrusad. Inga områden med särskilda naturvärden har påverkats.
hösten 2003	Vid genomförande av seismiska profiler kördes cirka 10 unga granar av och markeringspinnar lämnades kvar längs profilerna, vilket upptäcktes av entreprenör respektive markägare.	Profilerna är genomgångna och städade.
2004	Under år 2004 har vid tre tillfällen diesel tankats i ett 200 l oljefat på Äspö och sedan transporterats till Simpevarp halvön i skopan på en traktorgrävare. Oljefat är inte godkända för transport av diesel.	Två transportgodkända diesel-tankar finns numera uppställda på Simpevarpshalvön.
juni 2004	Markbearbetning påbörjades (cirka 10 m <sup>2</sup> ) för hammarborring i en nyckelbiotop. Orsaken var att arbetet startade innan tillgänglighetskontrollen var gjord.	Arbetet avbröts (men återställdes inte eftersom det bedömdes att detta skulle ge mera skada än nytta) och fortsatte på en annan plats. Ingreppet resulterade enbart i en tillfällig visuell skada.
augusti 2004	Ett borrhål placerades olyckligt på ett fält, mot arrendatorns önskan om att placera hålet i kanten för att inte störa eventuell senare brukning av fältet.	Ingen åtgärd.
augusti 2004	Ett vildapelträd kördes ner av en entreprenör vid borring av ett hammarborrhål.	SKB har framfört ursäkt.
sommaren 2005	En lokal för schaktning anmäldes inte till Länsstyrelsen.	Platsen anmäldes i efterhand (inga natur- eller kulturvärden skadades).

Efterhand som undersökningarna fortskridit och vi fått mer erfarenhet har vi gjort en del förändringar och kompletteringar i SKB:s miljökontrollprogram. Exempelvis har nya miljöchecklistor tillkommit och kontrollmoment formulerats om. Under hösten 2005 genomförs en omfattande översyn och anpassning av miljökontrollprogrammet i och med arbetet med föreliggande undersökningsprogram.

SKB har anmält ett antal aktiviteter och undersökningar för kompletterande samråd enligt miljöbalken 12 kap till Länsstyrelsen. Det gäller bland annat anläggande av borrhål, uppförande av hydrologiska mätstationer, grävning av schakt för bestämning av jordarter och lokalisering av seismiska profiler. Vissa av Länsstyrelsens beslut har innehållit villkor som till exempel mätning och redovisning av returvattnets kloridinhåll vid kärnborring, och gränsvärden för bullernivåer (se till exempel Länsstyrelsens yttrande 2004-01-26). En utvärdering av spolvattenhanteringen redovisades till Länsstyrelsen 2005-05-23.

### B.3 Undersökningar som kan medföra miljöpåverkan

I avsnitten nedan ges en redovisning av vilka olika aktiviteter i fält som kan leda till påverkan på miljön. Vidare redovisas de åtgärder som kommer att vidtas för att minimera påverkan av de olika aktiviteterna samt vilka typer av undersökningar som kommer att anmälas för kompletterande samråd enligt miljöbalken 12 kap.

### **B.3.1 Vägar och infrastruktur**

#### **Beskrivning**

Tidigt under platsundersökningen har målsättningen varit att minimera ingreppen och därmed också längd och storlek på nya vägar i området. I de fall kärnborrhålsplatser anlagts utanför befintliga vägar har nya vägar fått anläggas, till exempel fram till KLX03, KLX06 och KLX09. Nya körvägar har anlagts fram till några hammarborrhål. I flertalet fall har enbart förstärkningar av befintliga skogsbilvägar (så kallad "Åvrö style") gjorts för möjliggöra att traktor och bandgående borrhålsvagn kan komma fram. Vägarna har medvetet byggts så att personbilar inte skall kunna ta sig fram – på det viset undviks att vägarna permanentas.

Behovet av ytterligare vägar bedöms vara mycket litet. I de flesta fall behövs bara kortare stickvägar för att nå kommande borrhålsplatser. Men i några fall kan det bli aktuellt att anlägga borrhålsplatser som inte är placerade i anslutning till vägnätet. Då kommer det att behövas kortare vägar fram till dessa borrhålsplatser. För att i möjligaste mån undvika vägbyggen kommer, från och med hösten 2005, transporter fram till vissa hammarborrhål och till planerade korta kärnborrhål i första hand att ske på stockmattor eller körplåtar. Detsamma gäller för borring med den lätta kärnborrhålsmaskinen, se avsnitt 3.9.3

Vägar till kärnborrhålsplatserna ska vara framkomliga för personbilar och lastbilar med släp (längd 24 m, bredd 2,6 m, höjd 4,5 m, totalvikt 50 ton). Vägens bärighet ska tillåta tung trafik året runt. Körbanan konstrueras så att transporter och användning av ballastmaterial minimeras i samband med vägbygget. Om möjligt används avvattnat borrhålskax som fyllnads-material vid byggande av borrhålsplatser och stickvägar.

I samband med monitorering görs fasta installationer. De installationer som kommer att utföras under den kompletta platsundersökningen omfattar ett antal jordhål för monitorering av grundvattennivån. För några av installationerna krävs mindre byggnader såsom mätcontainrar eller liknande. Teknik med låg energiförbrukning prioriteras för dessa installationer. Sedan tidigare görs meteorologisk monitorering med hjälp av utrustning monterad i två master, en på Åspö och en vid Plittorp i västra delen av det regionala modellområdet. Personal besöker monitoreringsinstallationerna vid tillsyn och service samt för att hämta insamlade data. En del övervaknings- och mätutrustningar kommunicerar via GSM-nätet, vilket innebär att behovet att besöka platserna minskar.

#### **Miljöpåverkan**

Byggande av nya vägar, uppställningsplatser och anläggning av fasta installationer ger upphov till buller, damm och avgasutsläpp. Arbetsmaskiner kan läcka hydraul- och smörjolja. I vissa fall kan terrängkörning krävas, vilket ger upphov till markskador.

Omfattningen av miljöpåverkan i samband med vägbyggnation kan jämföras med vad som sker vid skogsavverkning eller med den påverkan som skett vid tidigare anläggning av skogsbilvägar i området. Vägarna blir kvar i området under hela platsundersökningsskedet, möjligen ännu längre och tar därför i anspråk mark. De förändrar även till viss del landskapet. Ytterligare vägdragningar ökar tillgängligheten i området, vilket kan påverka känsliga naturtyper och arter.

El- och teleledning kommer att dras som markkabel eller som tillfälliga luftkablar. Ledningarna kommer att anpassas till befintligt lokalnät i området. Vid uppförande av tillfälliga stolpar kommer terrängfordon att användas. Kvistar och vissa träd kan behövas tas bort. För markkabel grävs ledningsdiken. Företrädesvis dras luftledning och markkabel utefter befintliga och tillkommande vägar.

För att möjliggöra mätning av grundvattennivån i jordrör även vintertid så förses dessa med skyddshuvar som förhindrar frysning i röret.

### **Åtgärder**

Vid val av vägsträckningar beaktas naturvärden och anpassning till landskapet bland annat genom att så långt som möjligt välja sträckningar som inte berör vattendrag, myrar eller försumpad mark. Samtliga vägdragningar kontrolleras mot tillgänglighetskartan och föregås av fältkontroll av natur- och kulturvärden. Vägdragningarna dokumenteras med fotografering innan anläggningsarbeten påbörjas.

För att underlätta framkomligheten tvärs över vägen och framförallt för att naturliga vattenströmmar inte ska påverkas mer än nödvändigt ska vägar om möjligt byggas utan öppna diken. Där risk finns för svallproblem används plasttrummor. I permanenta bäckar används valvbågar för att inte vattenfaunan ska påverkas, passage över vattendrag undviks dock i möjligaste mån.

Efter avslutad platsundersökning och om området då inte längre är aktuellt för ett slutförvar, kommer vägar, borrhullar och andra platser där ingrepp har skett att återställas. El- och signalledningar tas bort och fasta installationer avlägsnas. Återställningsarbetena görs i samråd med markägare. Önskemål från markägaren kan innebära att vissa vägar och grusade ytor lämnas kvar.

Anläggande av vägar, borrhullar och fasta installationer som kan påverka naturmiljön kommer att föregås av kompletterande samråd med Länsstyrelsen.

### **B.3.2 Grävning i samband med karteringsarbeten**

#### **Beskrivning**

Det karteringsarbete som kräver någon form av grävning med maskin är geologisk berggrundskartering för att undersöka sprickzoner. Detta planeras på ett par tre platser. Dikena är 50–100 långa, och tre meter breda i dikesbotten, se figur B-2. Vid markytan är bredden större eftersom kanterna behöver släntas av för att minska rasrisken. För att dikesgrävningen ska vara tekniskt genomförbar får jorddjupet inte överskrida fem meter.

Grävningarna ska utföras i nära anslutning till befintligt vägnät. Eventuellt kan träd behöva fällas och stora block flyttas.

Tryckluft eller högtrycksspruta för vatten används för rengöring av bergytor. Vatten tas från ett närbeläget vattendrag eller från tank. Mindre mängder inströmmande vatten pumpas bort med eldriven dräneringspump. Elverk för drivning av pump och eventuell belysning kan behövas på platsen. Kraftigt inflöde av grundvatten kan medföra att grävningen behöver avbrytas och flyttas till en annan plats.

När jorddjupet är stort ger friläggningen av bergytorna upphov till stora mängder schaktmassor. Schaktmassorna läggs upp vid sidan av gropen eller diket och används för återfyllning. I vissa fall kan massorna behöva läggas på annan plats om schaktet grävs i närheten av känsligt naturområde. Dikena läggs igen efter kartläggningen.



*Figur B-2. Grävdikey för jordartskartering före och efter återställning.*

### **Miljöpåverkan**

Grävmaskiner, kompressor och elverk samt fordon för transport av personal och utrustning ger upphov till buller, damm och avgaser. Grävmaskiner kan läcka hydraulolja och smörjolja.

Platserna där vi utför grävning kommer att ta mark i anspråk under några veckor upp till några månader. Området i direkt anslutning till schaktområdet förändras temporärt genom de uppgrävda schaktmassorna. Lokal påverkan på vegetationen kommer att uppstå och eventuellt kan en viss avsänkning av grundvattenytan ske.

Frilägningsarbeten ger ifrån sig buller, dels från små maskiner och pumpar, dels från grävning och hantering av uppgrävda massor. Vissa vibrationer kan också uppstå. Arbetena liknar dem som uppkommer i samband med mindre anläggningsarbeten. Eventuella störningar kommer att bli kortvariga, cirka en vecka per grävlokal.

### **Åtgärder**

Grävplatser ska godkännas av platsekolog. Platsen för en grävning väljs så att minsta möjliga påverkan sker på naturmiljön. Samtliga grävningar kontrolleras mot tillgänglighetskartan och föregås av fältkontroll av natur- och kulturvärden innan grävningen får påbörjas. Valda platser dokumenteras med fotografering innan grävningen startar.

Gropar och diken släntas för att undvika rasrisk. Grävningen markeras i fält med avspärrningsmarkeringar. Skyddsanordningar för uppsamling av oljeläckage nyttjas i möjligaste mån.

Grävningarna utförs om möjligt på hösten eftersom grundvattenytan då är som lägst, vilket gör att dräneringseffekterna minimeras. Hösten är också gynnsam eftersom den känsliga häckningssäsongen är avslutad.

Efter avslutade undersökningar kommer schaktmassorna att återföras. Det övre jordlagret med växtlighet separeras vid schaktningen för att om möjligt återföras som ytskikt. Platsen fotograferas återigen och vidtagna åtgärder för återställningen dokumenteras.

Grävningar som kan innebära påverkan på naturmiljön kommer att föregås av kompletterande samråd med Länsstyrelsen.

### B.3.3 Kärnborrning

#### Beskrivning

Under den återstående delen av platsundersökningen kommer enligt planerna cirka 13 nya kärnborrhål att borraras inom delområdet Laxemar. Några borrhål når ner till cirka 1 000 m djup medan flertalet blir mellan 300 och 600 m djupa. Dessutom kommer ett trettiotal korta (cirka 100 m) kärnborrhål att utföras. Det som i första hand styr valet av borrarplats är den geovetenskapliga frågeställning som borrhålet avser att belysa. Eftersom de geovetenskapliga målen oftast kan uppnås med lutande borrhål kan borrarplatserna i de flesta fall väljas så att hänsyn även kan tas till områdets naturvärden. Man kan också borra flera borrhål från samma borrarplats. Därför bedömer SKB att det är tillräckligt med sju nya borrarplatser för att borra de återstående kärnborrhålen.

Kärnborrning innebär att en cylindrisk borkärna tas upp och utvärderas längs hålets hela längd. Vid kärnborrning till stora djup används större och tyngre bormaskiner än vid andra mer vanligt förekommande borrningar. Kärnborrning av ett 600 m djupt hål tar vanligtvis två månader men kan, om borrningen avbryts för mätningar, ta upp emot 4–6 månader. När placeringen av ett kärnborrhål bestämts, anläggs transportväg och borrarplats. Bormaskinen transporteras tillsammans med borrhjulen, kompressorer, pumpar för kylvatten, slangar och containrar med mera till borrarplatsen på trailer. Vid borrarplatsen, se figur B-3, iordningställs även en rastkur, toalett och en temporär förrådsbyggnad för utrustning. Den inhägnade borrarplatsen upptar en yta av drygt 30×30 m.



*Figur B-3. Borrarplats KLX03 i delområdet Laxemar.*

Under kärnbörningen pumpas rent grundvatten (så kallat spolvatten) ner i hålet för kylning av borrhönan och uppföring av borrhax. Detta vatten tas från ett av de närliggande hammarborrhålen, i undantagsfall transporteras det till borrhönan med tankvagn. Vattnet märks med spårämnet uranin för att inblandning av spolvatten senare ska kunna bestämmas vid vattenprovtagning. Merparten av spolvattnet pumpas upp ur borrhönan med hjälp av tryckluft, så kallad mammutpumpning. Relativt stora mängder uppslammat borrhax kommer upp med returvattnet som därför får passera genom sedimentationscontainrar innan det leds vidare till recipient, vanligen genom markinfiltration.

Returvattnet avleds i normalfallet till omgivande mark för infiltration. I de fall returvattnet har en kloridhalt som överstiger 2 000 mg/l avleds det direkt till havet via slang eller transporteras i container till en bassäng på Simpevarps halvön med havet som recipient.

### **Miljöpåverkan**

Den tunga kärnbörutrustningen kräver en grusad yta och en väg för transport av bormaskin och mätutrustningar. För vägen och borrhönan behöver träd fällas och marken grusas. Mark tas i anspråk under en längre tid. Den lätta kärnbormaskinen, se figur B-4, som används för korta (cirka 100 m) kärnborrhål har väsentligt mindre krav på tillfartsväg och borrhöna. Behov av infrastruktur, miljöstörningar och intrång liknar närmast vad som gäller för hammarbörning.



*Figur B-4. Lätt bormaskin för börning av korta borrhål.*

Borrmaskinen åstadkommer störande buller i området kring en borrplats. Under själva borringen kan bullerkänsliga och skygga djur störas över ett större område. Påverkan av buller uppkommer också av fordonstrafik i anslutning till borringarna. Vidare uppkommer vissa, men dock begränsade, markvibrationer i den närmaste omgivningen av en borrplats. Även ljusskenet från belysning under kvällar och nätter har en relativt liten styrka och räckvidd. Undersökningar av fågelhäckningar vid borrplatserna antyder att ingen påverkan på fågelfaunan sker /Green 2004/.

En del miljöfarliga ämnen, som hydraulolja, smörjolja, gängfett och dieselolja (i de fall dieselelverk är aktuellt) används vid kärnborringen. Eftersom undersökningarna av mikroorganismer i berggrunden är mycket känsliga för olika typer av störningar kan inte biologiskt nedbrytbara oljor användas till utrustning som sänks ner i själva borrhålen. Borrentreprenören är ålagd att använda så små mängder olja och fett som möjligt. När det gäller andra ämnen som inte kommer i kontakt med borrhålet prioriteras miljövänliga alternativ, till exempel biologiskt nedbrytbara oljor.

I samtliga kärnborrhål monteras rostfritt foderrör genom jordlagren och vidare ett stycke, maximalt 100 m, ner i berget. För att undvika läckage av ytligt vatten och uppblandning av djupare liggande grundvatten, injekteras i allmänhet spalten mellan foderröret och borrhålsväggen med lågalkalisk vitcement. Något annat injekteringsmedel är inte tillåtet. Totalt är åtgången normalt 400–700 kg per borrhål. Injekteringsmedlet tränger även ut i spricksystemet runt borrhålet. En viss pH-förändring av grundvattnet i borrhålets omedelbara närhet kan därför förväntas på grund av injekteringen. Teoretiskt skulle injekteringsmedlet även kunna transporteras till till exempel ett vattendrag och där orsaka viss pH-förhöjning.

Under borringarna (liksom senare under provpumpning av borrhål) sker en temporär avsänkning av grundvattennivån på grund av den kontinuerliga uppumpningen av spolvatten och grundvatten. Avsänkningen är normalt mätbar inom några hundra meter från borrplatsen. Storleken på avsänkningen avtar med avståndet från borrplatsen i en takt som är beroende på berggrundens och jordlagrens hydrauliska egenskaper. Avsänkningen registreras av utrustning som monterats i både närliggande och mer avlägsna jord- och hammarborrhål.

Om utsläpp av uppslammat borrkax skulle ske, kan det ge viss påverkan på omgivningen. Returvatten som har hög salthalt och som oavsiktligt släpps ut kan likaså ge skador, främst på växt- och djurliv. Oavsiktligt utsläpp av spolvatten märkt med uranin ger under kort tid spår av färg i omgivningen. Färgämnet bryts dock snabbt ner av solljuset. Persontransporter och förflyttning av utrustning, liksom av till exempel spolvatten och borrkax, kan bli relativt omfattande under själva borringarna, liksom besök till borrplatsen.

## **Åtgärder**

Platser och tidpunkter för borring kontrolleras mot tillgänglighetskartan och utförande av nya borrplatser föregås av fältkontroll av natur- och kulturvärden.

För varje ny borrplats ska SKB:s platsorganisation godkänna läge, transportvägar till och från platsen samt tidpunkt för borringen. Platsorganisationen ska också bedöma behovet av samråd med Länsstyrelsen, markägare och andra berörda samt vilka hänsyn som måste tas, exempelvis enligt miljöbalken och kulturminneslagen. Inför anläggningsarbetena ska borrplatsen dokumenteras med avseende på det ytnära ekosystemet.

I de fall där det är tekniskt och ekonomiskt rimligt kommer – även vid kommande borrarplatser – markledning att dras fram för kraftförsörjning av borraraggregat och tryckluftskompressor.

Sedimenterat borkax, det handlar om cirka sex kubikmeter per kärnborrhål, liksom borkax från hammarborrhålen (se nedan) har hittills använts vid anläggande av borrarplatser och stickvägar. Detta kommer, så långt som möjligt, att eftersträvas även under den kompletta platsundersökningen. I andra fall kommer borkaxet att köras till godkänd deponi.

Kontroll av grundvattennivån i närbelägna jord- och hammarborrhål sker såväl före som under och efter kärnbörning. Även vattenkemin kontrolleras.

Vid spaltinjektering av foderrör följs ett kontrollprogram där injekteringsflöden och tryck noggrant noteras.

För att kunna hantera eventuella oljeläckage (främst hydraulolja och smörjolja) gjuts en sargförsedd betongplatta på vilken kärnbormaskinen placeras. Detta ger goda möjligheter att förhindra eventuellt spill som härrör från bormaskinen att tränga ner i marken. Det ger också personalen möjligheter att snabbt upptäcka även små läckage av till exempel hydraulolja. Borkpersonalen följer också ett särskilt miljökontrollprogram där daglig inspektion av slangar och kopplingar ingår liksom byte av sliten materiel. Dessutom finns utrustning för sanering av oljeutsläpp tillgänglig på borrarplatsen.

Avfall ska tas omhand och transporteras till miljöstationer. Fristående oljecisterner ska vara invallade så att hela volymen ryms i invallningen och dessutom vara försedda med regnkrage.

Efter avslutad börning avstädas arbetsplatsen och eventuella markskador utanför den grusade ytan åtgärdas. När platsundersökningen är avslutad avser SKB att ta bort borrarplatserna och stickvägarna och så långt som möjligt återställa marken i ursprungligt skick.

Placeringen av kommande borrarplatser kommer att föregås av kompletterande samråd med Länsstyrelsen.

### **B.3.4 Hammarbörning**

#### **Beskrivning**

Under den återstående delen av platsundersökningen kommer enligt planerna ett 10-tal nya hammarborrhål att borraras inom delområde Laxemar. Borrhålen är vanligen 100–200 m långa. Börning av ett hammarborrhål tar cirka tre dagar. Börningarna kan utföras under alla tider på året. Hammarborrhål borraras för att få spolvatten till kärnbörning, för att undersöka sprickzoner och för att undersöka berggrunden mellan sprickzoner. Många av hammarborrhålen är dessutom avsedda för långtidsmonitoring av grundvattennivå och grundvattenkemi.

Hammarbörningen sker med ett tryckluftsdrevet aggregat liknande de borraraggregat som används vid brunnsbörning (se figur B-5) och har samma renhetskrav som brunnsborrhål för dricksvatten. Borkkronan fragmenterar berget och materialet (borkaxet) blåses upp ur hålet med tryckluft. Ett 200 m djupt hammarborrhål producerar cirka tre kubikmeter borkax. Borkax som inte insamlas för undersökning används vid anläggning av borrarplatser och stickvägar eller körs till deponi.





*Figur B-5. Hammarbormaskin.*

Förutom vid etablering och avetablering av borrarutrustningen används i princip inga fordon för transporter till och från hammarborrplatsen. Ett undantag är om tung mätutrustning kan behövas vid ett senare tillfälle. Under själva borrhningen kan personalen ta sig fram till fots. Efter slutförd borrhning städas borrhplatsen och borrhålet instrumenteras och en mät huv placeras över det. Efter avslutade geofysiska och hydrauliska borrhålsmätningar instrumenteras vissa, men inte alla, hammarborrhål för långtidsmonitoring av grundvattennivåer och grundvattenkemi och en låsbar mät huv täcker mätinstrumenten. Signalkabel dras fram till mät huv en.

### **Miljöpåverkan**

Bormaskinen och därmed ljudnivån är densamma som vid vanlig brunnsborrning i berg. De dieseldrivna kompressorer som används för att alstra tryckluften åstadkommer, liksom bormaskinens dieselmotor, både buller och avgasutsläpp. Hammarborrhning ger högre buller än kärnborrhning och kan höras på stort avstånd (någon kilometer), särskilt i början av borrhningen när borrhkronan befinner sig nära markytan. Påverkan från bullret är dock kortvarigt (cirka tre dagar). Buller uppkommer också av fordonstrafik i anslutning till borrhningarna. Under själva borrhningen kan bullerkänsliga och skygga djur tillfälligt störas över ett större område. Vibrationerna är begränsade liksom även ljusskenet från belysning under kvällar och nätter.

Eftersom såväl grusad borrhplats som nyanläggning av väg undviks för de flesta hammarborrhålen är anspråken på mark obetydliga. Terrängkörning i samband med borrhningen och vid senare mätningar kan orsaka markskador och skador på vegetationen. Grundvattenytan avsänks under borrhning. Grundvatten med förhöjd salthalt kan under borrhningen släppas ut till omgivande natur.

Både hammarborrhålen och kärnborrhålen förses med rostfritt foderrör som spaltinjekteras med vitcement. Mängden injekteringsmedel är i allmänhet betydligt mindre än vid kärnborrning, men de potentiella miljöriskerna är av samma karaktär som för injektering av kärnborrhål.

### **Åtgärder**

Liksom för kärnborrning kommer valet av borrhålets plats att styras av den geovetenskapliga frågeställning som borrhålet avser att belysa. Hänsyn kan ändå tas till naturvärden genom att undersökningshålen placeras där de sprickzoner som ska studeras skär befintliga vägar. Några hål kan dock komma att placeras relativt långt från närmaste väg. Eftersom borrhningen är kortvarig och genom att undvika att dra väg och anlägga borrhplats bedöms påverkan bli begränsad. Men terrängkörning kommer att bli aktuell under borrhningen och möjligen även senare vid mättillfällen. Terrängkörning ska godkännas av platsekolog efter kontroll av färdväg.

Borrutrustningen placeras ovanpå geotextilduk, så att eventuella oljeutsläpp från borrhmaskinen förhindras att omedelbart nå marken och så att utsläppet snabbt kan upptäckas och åtgärdas.

Tryckluftskompressorns dieselmotor ska ha ljuddämpare som är godkänd för användning i stadsmiljö.

Den elektriska konduktiviteten på vattnet som pumpas upp ur borrhålet mäts under borrhningen. Om grundvatten med förhöjd salthalt kommer upp ur hålet vid borrhning vidtas ingen åtgärd, eftersom påverkan är kortvarig. På grund av den mycket stora vattenavgivande förmågan hos den övre delen av berggrunden, har flödet under hammarborrningarna generellt varit stort, upp till cirka 600 liter/minut.

## **B.3.5 Jordborrning**

### **Beskrivning**

Under den kompletta platsundersökningen planeras cirka 20 nya jordborrade hål, utöver de som borraras i samband med installation av jordrör i anslutning till nya borrhplatser. Jordborrning sker med en lätt larvgående maskin (typ Geotech), se figur 3-42, och sysselsätter ett par personer under cirka en dag per hål.

### **Miljöpåverkan**

Eftersom lätt utrustning används för majoriteten av jordborrhålen bedöms miljöpåverkan från borrhningen vara liten. Endast små mängder borrhkax eller uppskruvad jord hamnar på marken och grundvattnet påverkas endast i begränsad omfattning. Påverkan kommer främst från terrängkörning, visst buller och smärre avgasutsläpp, personaltransporter och tillfälligt ökad närvaro i området.

### **Åtgärder**

Terrängkörning i känsliga områden ska begränsas och ska föregås av kontroll mot tillgänglighetskarta och fältkontroll av natur- och kulturvärden.

### B.3.6 Undersökningar i borrhål

I gruppen ingår:

- Hydrauliska tester, hydraulisk spräckning samt vattenprovtagningar i brunnar och borrhål.
- Spårämnesförsök.
- Övriga borrhålstester.

#### Beskrivning

Vid hydrauliska tester och vattenprovtagningar används tyngre lyft- och mätutrustningar. Utrustningar för hydrauliska tester är ofta monterade i containrar eller mobila arbetsvagnar som placeras rakt över borrhålet. Undersökningarna kan utföras året runt.

Vid så kallade vatteninjektionstester och pumpstester hanteras vatten på ett liknande sätt som vid spol- och returvattenhantering vid borring. På grund av de stora vattenförande zonerna i den övre berggrunden kan vattenmängderna som hanteras vid provpumpning bli relativt stora om pumpningen pågår under lång tid. De flesta borrhål provpumpas under någon till några timmar. I några borrhål genomförs en eller några få tester med varaktighet av cirka en vecka. Vattenflödena är dock betydligt mindre än vid kärnborring och hammarborring.

Hydraulisk spräckning görs i något kärnborrhål för att bestämma bergspänningarna till storlek och riktning. Utrustningar är snarlika de som används för hydrauliska injektionstester. Vattentrycket som används är högre, men å andra sidan genomförs färre mätningar varför mängden vatten är betydligt mindre än vid borring.

Under den kompletta platsundersökningen kommer antagligen så kallade interferenstester att bli aktuella. Detta innebär att den hydrauliska kontakten mellan olika borrhål undersöks genom att man pumpar bort vatten från ett hål och mäter responser i andra. Dessa tester kommer att pågå under längre tidsperioder (månader) och genomförs under sommarhalvåret. Beroende på hur stor tillströmningen av vatten till aktuella hål är och beroende på karaktären hos jordlagren och kontakten mellan jord och berg kan viss påverkan på vegetationen till följd av sänkt grundvattennivå uppstå. Den obetydliga påverkan på jordlagren som hittills iakttagits i samband med kärnborringen indikerar dock att denna risk är liten.

Utspädningsförsök innebär att en lösning av ett ämne injiceras i ett borrhål och att man sedan följer utspädningen av detta under tiden som pumpning sker i närliggande hål. Detta ger en möjlighet att utvärdera hydrauliska egenskaper och transportegenskaper hos berget. Sådana försök eller andra typer av spårämnesförsök har inte genomförts under den inledande platsundersökningen men planeras under den kompletta platsundersökningen. Troliga spårämnen är färgspårämnen (biologiskt nedbrytbara) och några salter (NaI, NaBr, CsI). Det kan möjligen också bli fråga om att använda några metallkomplex (EDTA eller DTPA). Dessa används i så fall i extremt låga halter eftersom det rör sig om sällsynta jordartsmetaller (erbio, terbium, gadolinium med flera). Spårämnen förväntas inte ha någon miljöpåverkan i sig eftersom det rör sig om ofarliga ämnen och dessutom i mycket låga koncentrationer. Liksom vid andra borrhålstester kommer en del vatten att pumpas upp. Detta kommer att hanteras på samma sätt som beskrivs ovan.

Eventuellt kommer termiska borrhålstester att göras i djupare borrhål. Antingen använder man ett borrhålsinstrument som tillför värme under mkt kort tid eller också görs en ”pump-test” med värme eller kyla.

Övriga borrhålsundersökningar (figur B-6); geofysisk loggning, videofilmning (BIPS) och borrhålsradarmätningar förväntas inte ge upphov till miljöstörningar.



*Figur B-6. Borrhålsundersökningar i Simpevarp/Laxemar.*

### **Miljöpåverkan**

Pumptester ger en avsänkning av grundvattenytan. Omfattningen beror på pumpflöde och den tid som pumpningen pågår. Grundvattennivån i berggrunden kan påverkas inom 200–400 m från ett borrhål. Sänkningen är störst, cirka 40–60 m, i anslutning till själva hålet. De tester vi gjort hittills har pågått några veckor och som nämnts tidigare återgår grundvattenytan till ursprunglig nivå bara några timmar efter det att pumpningen avslutats.

Påverkan i överliggande jordlager är helt beroende på jordlagrens sammansättning och beskaffenheten hos kontaktytan mellan jord och berg. Om jordarterna är täta och den hydrauliska kontakten mellan jord och berg är dålig fördröjs och dämpas avsänkningen i jordlagren eller uteblir helt. Genomsläppliga jordarter som till exempel grus påverkas mer av pumpverksamhet, men provpumpningars kortvariga natur gör att den förmodligen inte ger någon påverkan på växtligheten. Däremot kan man eventuellt förvänta sig viss påverkan på vegetationen vid interferenstesterna beroende på hur känslig den vegetation som finns runt borrhålen är. Känsligast för uttorkning är områden som i naturligt tillstånd är blöta. Påverkan blir dock temporär, nästföljande säsong förväntas inga effekter kvarstå.

Påverkan på miljön från värmen i de termiska borrhålsundersökningarna antas vara försumbar. Däremot ger användningen av aggregatet utsläpp av avgaser och buller.

### **Åtgärder**

Vattnet som pumpas upp avleds vanligen ett kort stycke för markinfiltration. Om det blir större mängder eller om vattnet är salt kan det emellertid behöva samlas upp i tank för transport till havet eller pumpas ut till havet via ledning.

Liksom vid placering av andra borrhål styrs de termiska borrhålsundersökningarna av den geovetenskapliga frågeställning som borrhålet ska belysa. Hänsyn till naturvärden skall dock tas och borrhålen bör i möjligaste mån ligga i anslutning till befintlig infrastruktur så att terrängkörning undviks och anslutning till elnätet kan ske.

### **B.3.7 Mätning av vattenföring och vattennivåer**

#### **Beskrivning**

För att mäta vattenföringen i vattendrag används dels naturligt bestämmande sektioner där ingen uppdamning behöver konstrueras och dels överfallsdammar. Se figur 3-45. Under platsundersökningen har sju vattenföringsstationer färdigställts och tagits i drift. Inga fler installationer planeras.

För att mäta vattenytans nivå i sjöar och havet används trycksonder som placeras i anslutning till ett jordrör. Trycknivåerna lagras av en batteridrivna logger som sitter monterad vid röret. Loggrarna är kopplade till ett GSM-system som ringer upp och överför data några gånger i veckan. Stationerna besöks ungefär var fjärde månad när batterierna behöver bytas. Sju vattenståndsstationer har färdigställts och tagits i drift. Några fler installationer planeras inte.

#### **Miljöpåverkan**

Vid anläggning av vattenföringsstationerna med överfallsdamm grävdes vattendraget ur med grävmaskin på en sträcka av cirka 30 m. För att grävmaskinen skulle kunna ta sig fram behövde några träd fällas. Under grävningen leddes vattnet i bäcken förbi ”byggsektionen” i en temporär sidoränna.

#### **Åtgärder**

För att undvika att maskiner måste köras långa sträckor i terrängen har mätstationerna placerats så att de ligger i nära anslutning till befintliga vägar. Placeringen har bestämts i samråd med platsekolog och föregåtts av kontroll mot tillgänglighetskartan och fältkontroll av natur- och kulturvärden. Vidare har placering och utformning av vattenföringsstationerna godkänts av Länsstyrelsen. Även placeringen av vattennivåstationerna har valts i samråd med platsekolog.

### **B.3.8 Seismiska undersökningar**

#### **Beskrivning**

I platsundersökningen används tre olika metoder för seismiska undersökningar: refraktionsseismik, reflektionsseismik samt Vertikal Seismisk Profilering (VSP). Under den återstående delen av undersökningarna kommer endast refraktionsseismik att utföras. Metoden utnyttjas bland annat för att bestämma jorddjup och för att studera ytliga strukturer i berget, samt för att ge underlag för de lineamentsgrävningar som planeras.

Vid refraktionsseismiska undersökningar detoneras små sprängladdningar – maximalt ett par hundra gram – i marken och ljudvågens utbredning och refraction mot strukturer i jordlager eller i berggrunden registreras med geofoner, som kan liknas vid känsliga mikrofoner.

Andra markgeofysiska mätinsatser som kommer att utföras under den fortsatta platsundersökningen, till exempel magnetiska mätningar eller resistivitetsmätningar, ger inte upphov till annan miljöstörning än att människor rör sig inom undersökningsområdet.

### **Miljöpåverkan**

Vid undersökningarna stakas ofta ett större område ut. Stakningen görs ofta utmed linjer med cirka 100 m avstånd och 10 m intervall mellan stakkäpparna. Ibland behövs siktröjning, det vill säga grenar och mindre buskar tas bort för att garantera sikt mellan käpparna. Erfarenheten från den inledande platsundersökningen är att få ingrepp krävs och att de inte påverkar upplevelsen av skogsområdet.

Bullernivåerna från de refraktionsseismiska mätningarna är låga till medelhöga. De ger en knall som kan uppfattas av en människa på ett avstånd av ett par hundra meter. Vid sprängning av utskott (de detonationspunkter som ligger längst bort från geofonerna) vid refraktionsseismik är knallen ännu högre. Bullret är kortvarigt men detonationerna kan störa fåglar och däggdjur.

Normaldetonationen vid refraktionsseismik på jordlager bildar en upphöjning i markytan med en diameter av cirka en halv meter, där jorden är uppluckrad under upphöjningen. Upphöjningen avjämnas innan platsen lämnas varför påverkan bedöms som obetydlig. Detonationer på längre avstånd från geofonerna kräver större laddningar vilket ger större gropar och uppkast av jord och sten. Kratrarna kan uppgå till en meter i diameter, med ett djup av ett par decimeter. Terrängkörning förekommer inte vid seismiska undersökningar.

### **Åtgärder**

För samtliga profiler kontrolleras sträckningen mot tillgänglighetskartan och i de fall profilerna inte följer befintliga vägar, utan går i naturen, utförs ibland även fältkontroll av natur- och kulturvärden. Syftet är att styra placeringen av skottpunkterna så att risken för skada på känsliga miljöer minimeras. Med utgångspunkt från tillgänglighetskartan kan undersökningsprofilernas lägen justeras och tidpunkten under året anpassas så att störningarna på djur och natur begränsas. Kratrar som uppstår i marken återfylls med löst liggande material och jämnas till.

I samband med sprängning finns vakter utplacerade för att varna för pågående arbeten. Förvaring, transport och hantering av sprängmedel följer gällande lagar och föreskrifter. Bland annat ska seismikentreprenören inneha sprängkort och tillstånd för sprängningsarbeten.

## **B.3.9 Fältinventeringar och andra undersökningar i känsliga områden**

### **Beskrivning**

De stora fältundersökningsinsatserna som ytkartering av bergarter, jordmånsinventering, jordartskartering och kartering av vattendrag genomfördes under den inledande platsundersökningen. Det kommer dock att utföras en del fältundersökningar även under den fortsatta platsundersökningen. De flesta respirationsmätningarna på land och i vatten och fortsatt övervakning av fågelfaunan i området innebär ingen miljöpåverkan. Den berggrundsgeologiska karteringen görs på hållar i området. Vid detaljerad sprickartering friläggs hållar genom att jordtäcket avlägsnas och hållen rengörs med högtrycksspruta.

En undersökning av finrötter kommer att genomföras i området, vilket kräver grävning av mindre gropar. Vidare kommer kompletterande maringeologiska undersökningar att utföras genom att sedimentproppar tas upp från botten i havsområden där vattendjupet är mindre än 3 m. Undersökningarna utförs från båt.

### **Miljöpåverkan**

De flesta av de återstående fältinventeringarna och undersökningarna har mycket liten miljöpåverkan, i princip enbart den störning som personalens närvaro i fält kan ge upphov till.

Berggrundsgeologisk kartering av hållar innebär att mossa och lavar kan behöva avlägsnas tillfälligt inom några mindre områden. Områdena, som är i storleksordningen 0,5–1 m i diameter, återställs efter genomförd kartering.

Detaljerad sprickkartering kräver att jordtäcknet avlägsnas ner till bergytan med hjälp av grävmaskin. I första hand väljs dock hållar vid planerade borrhullplatser eller hållar som ligger i dagen eller har ringa jorddjup. Hållarna rengörs därefter med högtrycksspruta eller tryckluft. Grävning ger upphov till buller, damm och avgaser och grävmaskiner kan läcka smörj- och/eller hydraulolja. Kompressorer för drift av högtrycksutrustningar ger också upphov till buller och avgaser.

Under vissa tider på året är djur- och fågellivet särskilt känsligt och närvaro i fält kan då orsaka störningar.

### **Åtgärder**

Fältaktiviteter som endast innebär att personal går i fält kontrolleras inte mot tillgänglighetskartan. Övriga aktiviteter kontrolleras mot tillgänglighetskartan och vid behov genomförs fältkontroll av natur- och kulturvärden. Undersökningarna tidsplaneras så att störningar för djurlivet kan undvikas. Detta gäller särskilt den så kallade yngelperioden (april till juni), då SKB strävar efter att ha så lite personal i området som möjligt.

Tack vare den monitorering av fåglar och vilt som SKB genomför finns goda möjligheter att planera aktiviteter så att störningarna minimeras.

Fältundersökningar med påverkan på naturmiljön kommer att föregås av kompletterande samråd med Länsstyrelsen.

### **B.3.10 Sammanfattning**

I tabellen nedan sammanfattas de undersökningar som bedöms kunna medföra påverkan på miljön och som i vissa fall kommer att föregås av anmälan till Länsstyrelsen om samråd enligt miljöbalken kap 12, 6 § för ytterligare precisering av tidpunkter, genomförande och lokalisering.

Aktiviteter som kan medföra påverkan på miljön	Genomförs	Uppskattad omfattning	Kommentar
Utbyggnad av vägar	2005–2007	Nya vägar kan behöva byggas i samband med att nya borrhplatser anläggs, se nedan. I övrigt planeras dock inga tillkommande vägar i området. Vägarna ska vara framkomliga för lastbilar med släp och vägens bärighet ska tillåta tung trafik året runt.	Kommer att föregås av anmälan om samråd med Länsstyrelsen; utbyggnad av nya vägar kommer dock att minimeras.
Anläggande av stickvägar och borrhplatser	2005–2007	Korta vägar kan behöva anläggas till nya borrhplatser. I anslutning till kärnborrhplatser kan vägen behöva utföras bredare. Breddningen används som av- och pålastningsyta och som parkeringsplats. Breddningen kan antingen ske på ena eller bägge sidor om vägen.  Kärnborrhplatser kräver en grusad yta om drygt 30×30 m och kommer att inhägnas.	Samlad redovisning av vägar, utformning och tillhörande infrastruktur kommer ingå i anmälan om samråd avseende tillkommande borrhplatser.
Anläggande av övrig infrastruktur	2005–2007	Behovet av ytterligare el- och signalledningar avgörs av antalet tillkommande borrhplatser och deras placering i förhållande till befintlig infrastruktur. I anslutning till väg förläggs ledningar huvudsakligen i marken i skyddsror.  För infrastruktur i anslutning till mät- och övervakningsutrustning, se nedan.	El- och signalledning har dragits till samtliga kärnborrhplatser.
Kärnbörning	2005–2007	Cirka 13 nya kärnborrhål, 3–6 månader/borrhål. Sju tillkommande borrhplatser. Cirka 30 korta kärnborrhål. Spolvattenförsörjning sker från närbeläget hammarborrhål. Returvatten leds via sedimentationscontainrar till nedströms liggande mark.	Utbyggnad av nya borrhplatser i terrängen samt avledning av returvattnet till alternativa recipienter kommer att föregås av anmälan om samråd med Länsstyrelsen.
Hammarbörning	2005–2006	Cirka åtta nya hammarborrhål, 100–200 m djupa. Kräver i normalfallet ej utbyggnad av väg eller grusad yta vilket innebär att ianspråktagandet av mark blir obetydligt. Börning pågår i cirka 3 dagar/hål	Information sker till Länsstyrelsen.
Grävningar för kartering av berggrund med mera	2005–2006	Grävning av schakt/diken för undersökning av bergytan vid misstänkta sprickzoner planeras på 3–6 ställen i området.	De lokaler där grävning ska genomföras kommer att anmälas för samråd med Länsstyrelsen.
Seismiska undersökningar	2005–2006	Flera olika typer av seismiska undersökningar kommer genomföras under den kompletta platsundersökningen.	Information skickas till Länsstyrelsen.



### Ordförklaringar

Abiotisk	Används om icke-levande inslag i vår värld, såsom berg, luft och vatten, och om processer som inte åstadkoms av levande varelser (motsats: biotisk).
Acetogen	Acetogena bakterier framställer ättiksyra ur koldioxid och väte.
Akvatisk	Livsmiljö i vatten (motsvarande på land heter terrest).
Alkalinitet	Vattnets förmåga att neutralisera syror, det vill säga förmågan att exempelvis tåla påverkan av "surt regn" utan att vattnet försuras.
Ancylussjön	Sötvattensstadium i Östersjöns utvecklingshistoria, cirka 9 500–8 000 år före nutid.
Anisotropi	Anisotropi innebär att en fysikalisk egenskap hos ett objekt är olika i olika riktningar.
Anomali	Avvikelse från det normala, orimligt förhållande.
Artesisk	Term som används om brunnar i ett grundvattenmagasin vars hydrauliska potential (grundvattnets trycknivå, grundvattennivå) är belägen högre än markytan. Detta gör att brunnen självflödar om den står öppen.
Autotrof	Organism, till exempel växt eller bakterie som kan bilda organiska ämnen av oorganiskt kol (koldioxid) genom att utnyttja solenergin eller dylikt (motsats: heterotrof).
Bandning	Omväxlande mer eller mindre parallella lager i en bergart med olika färg, kornstorlek eller mineralsammansättning.
Bankning	Den struktur nära ytan hos berggrunden som innebär att denna genom sprickbildning uppdelats i skivor, bankar, som är parallella eller nästan parallella med berggrundsytan. Vanligt förekommande i för övrigt sprickfattigt urberg och kan ses i många vägs kärningar runt om i landet.
Batymetri	Mätning av djup, vanligtvis till botten av hav och insjöar, utförs oftast med ekolod.
Bentalen, bentisk	Bentiska zonen, den biologiska bottenvärlden i hav och insjöar. På större djup finns endast djur och bakterier, men generellt omfattas både växter och djur som för sin existens är helt beroende av botten, även om en del organismer tillbringar delar av sitt liv i vattnet ovanför eller lever på i botten fastsittande växter. Bentalen indelas i litoralen, som inkluderar större delen av stranden tillsammans med den vågspolade delen ovanför högvattennivån, sublitoralen, som sträcker sig ned till kontinentalsockelns yttre gräns och djuphavszonen därunder.
Bentonit	Mjuk, plastisk, ljus lera med stor förmåga att ta upp vatten. Sväller när den tar upp vatten. Bildas genom kemisk vittring av vulkaniskt material, främst aska och tuff. Transporteras och hanteras i pulverform, kan pressas till block.
Biosfären	De delar av jorden och atmosfären där det finns levande organismer. Biosfären kan indelas i hav, sötvatten, land och atmosfär.
Biota	Den levande faunan och floran.

Biotop	Ett område – ekologisk enhet – med någorlunda enhetligt växt- och djurliv.
Bioturbation	Den grävning och omrörning som organismer, till exempel maskar och insekter, utför i avlagringar (jord och sediment).
BIPS-loggning	BIPS (borehole image processing system) – videofotografering av borrhålsväggen.
Blåstång	<i>Fucus vesiculosus</i> , art i gruppen brunalger, en flerårig havsalg, som kan bli högvuxen, uppemot 1 m eller ibland mer. Den brukar ha luftblåsor parvis sittande på den gaffelgreniga, bandformiga bålen, och den har han- och honorgan i uppsvällda bålspetsar på skilda individer.
Boremapkartering	Kartering genom sammanvägd tolkning av bilder från BIPS-loggning av ett kärnborrhåloch borrhärnan.
C14	En radioaktiv isotop av kol, värdefull vid åldersbestämning (C14-metoden) av sedan länge döda organismer och av vatten med innehåll av kol.
Clab	Centralt mellanlager för använt kärnbränsle. Vid anläggningen, som är belägen vid Oskarshamns kärnkraftverk, lagras använt kärnbränsle i vattenbassänger under cirka 30 år före inkapsling och slutförvaring. Clab togs i drift 1985.
Core disking	Benämning av fenomen som uppträder när en borrhärna bryts i ett antal skivor, diskar, under borrhärning. Core disking är en indikation på höga bergspänningar. Core disking i vertikala borrhärnor orsakas av höga höga horisontella spänningar.
CVES-mätningar	Continuous vertical electrical sounding, kontinuerlig vertikal sondering, är en metod (även benämnd Lundametoden) att bestämma jordlagrets och bergets elektriska egenskaper. Dessa avgörs i sin tur av sprickornas innehåll av vatten och elektriskt ledande mineral, till exempel lermineral. Kontinuerlig innebär att man mäter successivt efter ett elektrodlägg. Vertikal sondering innebär att man mäter så att man får en resistivitetsprofil med information i förhållande till ökat djup.
Deformationszon	Samlingsnamn för veckning och förkastningar av bergarter beroende på spänningar i berggrunden. Bergvolymerna på ömse sidor om en deformationszon har rört sig i förhållande till varandra.
Detaljundersökning	Undersökningar av berggrunden i samband med att slutförvaret byggs och tas i drift.
Deterministisk	Element i den beskrivande modellen som beskrivs som diskreta (sinsemellan åtskilda) kroppar med en väl definierad geometri. Dessa deterministiska element (exempelvis deformationszoner) kan tillskrivas varierande grad av konfidens (grad av tilltro) beroende på det befintliga dataunderlaget. Se även ”Stokastisk beskrivning”.
DFN-modell	Discrete Fracture Network, spricknätverksmodell.
Diabas	Basisk, vanligen svart och finkornig, gångbergart som bildar mer eller mindre brantstående skivor i berggrunden.
Diffusion	Transport (utbredning) av ett ämne (till exempel salt) i ett annat ämne (till exempel vatten) på grund av koncentrationsskillnader. Diffusion är ämnesberoende och kan äga rum i berget via mikrosprickor och porer.

Diorit	Magmatisk djupbergart som huvudsakligen består av mineralerna plagioklas (en fältspat), hornblände och biotit. Relativt kvartsfattig. Mörkgrå till gråsvart samt grov- till medelkornig.
Dioritoid	Samlingsterm för mörkgrå till rödgrå, dioritliknande magmatiska djupbergarter som huvudsakligen består av plagioklas (en fältspat), biotit och hornblände. Kalifältspat och kvarts ingår i varierande mängd.
Dispersivitet	Mått på spridning av flödes hastigheter i en enskild spricka eller i ett nätverk av sprickor i berg, eller i ett homogent poröst medium till exempel sand.
Ekologisk succession	Förändring inom ett ekosystem vilken leder till att ett nytt växt- och djursamhälle uppkommer eller ersätter ett tidigare.
Ekosystem	Biologiskt samhälle (växt- och djurarter och deras livsmiljö) som är relativt självförsörjande vad gäller energiflöden, till exempel skog och gräsmark.
End member	(Grund)vatten med extrem, men väl definierad kemisk sammansättning. Alla övriga vatten antas kunna beskrivas som en blandning med givna proportioner av ”end member” vatten.
Enhålstolkning	Metod där resultat från geologiska och geofysiska borrhålsundersökningar sammanvägs till en indelning av borrhålet i bergenheter bestående av bergarter med likartade egenskaper och möjliga deformationszoner. Enhålstolkningen syftar främst till att utgöra underlag och stöd för geologisk 3D-modellering.
Evapotranspiration	Avdunstning av vatten från en bevuxen markyta. Evapotranspirationen består dels av evaporation från barmark, öppet vatten (pölar, snötäcke med mera) samt fritt vatten på växtligheten (regn eller snö), dels av transpiration av vatten som passerat genom växterna från marken. Termen används, något slarvigt, även som synonym till evaporation.
Evertebrater	Annat namn på ryggradslösa djur.
F-faktor	Det ackumulerade förhållandet mellan flödesvåt yta och flöde längs en enskild flödesväg. För en grupp av flödesvägar anges en statistisk fördelning av F-faktorn.
Foliation	De flesta metamorfa bergarter har en karakteristisk struktur, foliation. Härmed menas att de med större eller mindre lätthet låter sig klyvas utefter med varandra parallella ytor.
Formationsfaktor	Kvoten mellan den effektiva diffusiviteten i ett material och diffusiviteten i vatten. Formationsfaktorn kan även erhållas från elektriska mätningar i berget genom en analogi mellan diffusion och ledning av ström i porvattnet hos ett poröst material.
Fucus	Det vetenskapliga namnet på ett släkte brunalger med utbredning i nästan alla hav i den vegetationszon som börjar direkt under den mer ytliga grönalgszonen.
Fud-program	Det program för Forskning, utveckling och demonstration som SKB enligt krav i kärntekniklagen presenterar vart tredje år.
Gabbro	Magmatisk djupbergart som huvudsakligen består av plagioklas och pyroxen; grovkornig, basisk (kvartsfattig) bergart, vanligen mörkgrå till svart.

Gammalogg	Se naturlig gammalogg.
Geofon	Instrument som omvandlar markens skakningar (vibrationer), orsakade av närbelägna jordskalv eller sprängningar, till elektriska signaler. Geofoner används bland annat vid seismiska mätningar.
Geofysisk borrhålsloggning	En metod för att i borrhålet mäta fysikaliska egenskaper i berget. Geofysiska mätningar i borrhål används som stöd för tolkning och bestämning av olika bergarter, deformationszoner, sprickor och orienteringen på enskilda sprickor.
Geofysiska mätningar	Mätningar av magnetfält, elektrisk resistivitet med flera fysikaliska parametrar. Genom att kartlägga variationer i bergets eller jordlagrens fysikaliska egenskaper kan jorddjup, bergartsgränser, deformationszoner och andra geologiska förhållanden bestämmas.
Geokronologi	Åldersbestämning och bestämning av tidsföljd av händelser i jordens historia. I allmän mening avser geokronologi bestämning av åldrar, absoluta såväl som relativa på en geologisk tidsskala.
Glacial	Bildad i anslutning till (eller på annat sätt förknippad med) en glaciär eller inlandsis.
Gnejs	Högmetamorf (kraftigt omvandlad) bergart, ofta bandad med mer eller mindre parallellorienterade mineralkorn.
Granit	Magmatisk djupbergart, huvudsakligen bestående av mineralerna kvarts, fältspat, glimmer och/eller hornblände. Färgen är vanligen grå eller röd.
Granitoid	Samlingsnamn för kvartsrika ”granitliknande” bergarter, till exempel (förutom granit) granodiorit och tonalit.
Granodiorit	Sur magmatisk djupbergart som till det yttre liknar granit. Består huvudsakligen av mineralen kvarts (mindre kvarts än i granit men mer än i diorit), plagioklas, kalifältspat och biotit (mörkt glimmer). Den är medel- till grovkornig samt har ljus- till mörkgrå färg.
Gravimetri	Tyngdkraftsmätning; används för att bestämma densitetsvariationer i berget.
Gångbergart	Magmatisk djupbergart i form av en skiva som bildats genom att magma (bergsmälta) trängt in och stelnat i sprickor, vanligen i berggrundens yttligare delar.
Habitat	En arts/organisms livsmiljö, i stort sett detsamma som dess biotop.
Heterotrof	Organism, till exempel svampar och djur som använder organiskt kol som kolkälla (motsats: autotrof).
Histosoler	Jordmåner som i huvudsak består av organiskt material; hit räknas alla torvjordmåner i Sverige.
Hydraulisk gradient	Skillnaden i grundvattenytans nivå (hydraulisk potential) per längdenhet. I sin enklaste form lika med grundvattenytans lutning.
Hydrotermal	En mineralbildning som bildats ur varma vattenlösningar, avgivna av en framträngande smälta. Hydrotermal omvandling, omvandling av bergart eller mineral orsakad av hett vatten eller het gas.
In situ	På stället. Inom geologin om till exempel fossil eller mineral som är i ursprungligt läge; inom biologin när en organism (speciellt en mindre eller fastsittande) studeras på sin naturliga förekomstplats.

Intrusiv bergart	Djupbergart som trängt in i och stelnat i jordskorpan som massiv eller som gångar.
Isotop	Atomer av samma grundämne men med olika (atom)massa. Isotoper har identiskt lika elektronhölje och därför nästan helt lika kemiska egenskaper.
KBS-3-metoden	KBS är förkortning för <b>KärnBränsleSäkerhet</b> . Föreslagen metod för slutförvaring av använt kärnbränsle baserad på konceptet inkapsling av bränslet och förvaring i urberggrund på cirka 500 m djup.
Kinematik	Den del av mekaniken som beskriver kroppars rörelse utan att beakta rörelsens orsaker; rörelsemönstret i plastiska och spröda deformationszoner
Kolloid	Mycket små ”partiklar” som på grund av sin ringa storlek inte sedimenterar utan svävar omkring i vattnet; har storleken 1 nanometer ( $10^{-9}$ m) till 1 mikrometer ( $10^{-6}$ m).
Konceptuell förståelse	Förståelse för en process eller förhållande som innefattar dess geometriska sammanhang, tillskrivning av materialegenskaper och randvillkor.
Konduktivitet	Ledningsförmåga, term som vanligen används för elektrisk konduktivitet; termen konduktivitet används även för termisk konduktivitet (värmelidningsförmåga) och inom geologin för en bergarts genomsläpplighet för vatten (hydraulisk konduktivitet).
Konfidensnivå	Grad av tillförsikt, tilltro (av latinets confido ’vara säker på’, ’förlita sig på’, ’lita på’). Jämför konfidensintervall, statistisk term, den vanligaste formen av osäkerhetsintervall. Om man i ett försök eller en undersökning inte kan bestämma svaret exakt kan man i stället ge två gränser, som innesluter rätt värde med en i förväg bestämd sannolikhet, konfidensgraden. Vanliga värden är 95 % och 99 %.
Konnektivitet	Koppling mellan två punkter. En hydraulisk konnektivitet mellan två punkter som tillskrivs samma geologiska struktur (till exempel deformationszon) kan utnyttjas för att styrka tolkningen av det aktuella objektets utsträckning.
Kvarts	Ljust och mycket hårt, ibland genomskinligt mineral bestående av kiseldioxid ( $\text{SiO}_2$ ). Ju mer kvarts en bergart innehåller, desto surare är den. Ju mindre kvartsinnehåll, desto mera basisk är bergarten. Kvarts är näst fältspat det vanligaste bergartsbildande mineralet.
Kvartsmonzodiorit	Magmatisk djupbergart som huvudsakligen består av plagioklas (en fältspat), kalifältspat, kvarts, hornblände och biotit.
Kvartsit	Jämnkornig, vanligen vit eller grå, metamorf (omvandlad) bergart som huvudsakligen består av kvarts.
K-värde	Hydraulisk konduktivitet, ett mått på vattengenomsläppligheten hos (i detta fall) ett geologiskt lager (jordlager eller berggrund).
Kärnteknisk anläggning	Anläggning som hanterar kärnämnen. De nuvarande kärntekniska anläggningarna i Sverige är kärnkraftverken i Ringhals, Barsebäck, Oskarshamn (inklusive Clab) och Forsmark (inklusive SFR), Studsvik, Westinghouse Atoms bränslefabrik och Ranstad Mineral.
Lateralmorän	Sidomorän, låg moränrygg som avlagrats på en sluttning längs sidan av en glaciär. Lateralmoränen har en flack lutning som avspeglar glaciärytans gradient då moränen avlagrades.

Leptosoler	(Tunna mineraljordar) finns inom högre, kuperad terräng och har ett begränsat djup och kan kontinuerligt övergå i underliggande berggrunds sönderspruckna ytskikt. Leptosoler har som regel en tunn A-horisont.
Limnisk	Avser eller hänför sig till sötvatten (sjöar).
Lineament	Mer eller mindre linjär struktur i markplanet. Kan avse en topografisk struktur (långsträckt sänka) eller geofysisk egenskap, exempelvis variationer i magnetfält. Ett lineament indikerar att det kan finnas en sprickzon eller deformationszon i det underliggande berget men det kan också vara en ås eller en sänka.
Litologi	Beskrivningen av en jordart eller bergart med avseende på sådana egenskaper som är synliga för blotta ögat, till exempel färg, mineral-sammansättning och kornstorlek.
Litorinahavet	Saltvattenstadium i Östersjöns utvecklingshistoria mellan cirka 8 000 och 3 000 år före nutid. Det är uppkallat efter släktet Littorina, strandsnäckor, som hittas i Littorinahavets strandavlagringar upp till stockholmstrakten.
Lunda-metoden	Se CVES-mätningar.
Mafiska bergarter	Magmatisk bergart som huvudsakligen består av mörkfärgade, järn-magnesiumrika mineral som olivin, pyroxen, amfibol och biotit.
Magmatisk bergart	Bergart bildad ur en bergartssmälta (magma).
Magnetit	Svart, starkt magnetiskt mineral (järnoxid). Viktigt för utvinning av järn.
Magnetometer	Instrument för mätning av magnetiskt fält eller magnetiska egenskaper. Vanligtvis avses instrument för jordmagnetisk fältmätning.
Magnetometri	Metod att bestämma bergets magnetiska egenskaper som beror på mineralens magnetiska susceptibilitet, vilken beskriver bergets förmåga att magnetiseras av ett yttre pålagt magnetfält (till exempel jordens magnetfält). Q-värdet är förhållandet mellan den magnetisering som "frusit fast" i berget för mycket länge sedan och den magnetisering som förorsakas av dagens jordmagnetfält.
Magnitud	Mått på den energi som förorsakas av en jordbävning. Oftast avses magnituden enligt Richterskalan. Magnituden enligt Richterskalan ökar med en faktor cirka 32 mellan varje steg, det vill säga ett skalv med en magnitud på 4 är 32 gånger kraftigare än ett med magnituden 3.
Makrofytt	Av makro och grekiska phytos 'växt', storgväxt i vattenvegetation. Makrofyter kan vara kärlväxter (till exempel bladvass, starrar, bredkaveldun, jättegröe och säv), men också vattenmossor (till exempel näckmossa) samt större alger (särskilt inom gruppen brunalger).
Marin	Som avser havet.
Matrisdiffusivitet	Ett mått på hur snabbt ett ämne kan tränga igenom, diffundera genom, bergmatrisen
Mesoskopisk skjuvzon	Plastisk deformationzon i hållskala, det vill säga zonens totala tjocklek kan observeras.
Meta-	Prefix (förstavelse) som används framför bergartsnamn för att indikera att bergarten är omvandlad (har genomgått metamorfos).
Metamorf	Omvandlad bergart, bergart som omvandlats i jordskorpan på grund av ändrade tryck- och temperaturförhållanden.

Metanogen	Metanogena bakterier producerar metan ur koldioxid och väte.
Metavulkanit, metavulkaniska bergarter	Bergart bildad genom vulkanisk aktivitet (lava eller vulkanisk aska) och bergarter som därefter har undergått metamorfos.
Meteoriskt vatten	Vatten som har sitt ursprung i regnvatten.
Modalanalys	Metod för bestämning av en bergarts mineralsammansättning genom mikroskopering.
Monitering	Övervakning av parametrar (grundvattennivå, lufttryck etc) som varierar över tiden genom sammanhängande eller upprepade observationer och mätningar.
Morän	Jordart som transporterats och avlagrats av glaciärer eller inlandsisen. Moränen är osorterad med varierande sammansättning av allt från block till lerpartiklar.
Naturlig gammalogg	Den naturliga gammaloggen registrerar berggrundens innehåll av radioaktiva isotoper av uran, torium och kalium.
Pegmatit	En grovkristallin (grovkornig) magmatisk bergart av granitisk sammansättning som vanligen bildar gångar eller mindre massiv.
Pelagialen	Pelagiska zonen, de fria vattenmassorna i hav och insjöar (i insjöar även kallad limniska zonen), normalt dock inte gränstorna mot luft respektive botten. Till pelagialens organismvärld räknas de bakterier, alger, växter och djur som vistas hela sitt liv (holoplankton) eller endast en del av sitt liv (meroplankton) uppe i vattenmassan. Hit hör också aktiva simmare, till exempel fiskar.
Permeabilitet	Genomsläppligheten för en gas eller vätska i porösa medier, till exempel jord eller sprickigt berg.
Petrofysik	Petrofysik är en metod att bestämma bergets fysikaliska egenskaper till exempel densitet (täthet), förmåga att magnetiseras, elektriska och termisk ledningsförmåga och radioaktivitet.
PFL	Utrustning för flödesloggning i kärnbrädd. PFL står för Posiva Flow Log.
pH-värde	Mått i form av ett tal på hur sur eller hur basisk (alkalisk) en lösning är. Det används ofta inom bland annat kemi, biologi, och miljövetenskap. Vid rumstemperatur svarar pH = 7,0 mot en helt neutral lösning (inget överskott på vare sig vätejoner eller hydroxidjoner). Ett lägre värde innebär att lösningen är sur (överskott på vätejoner) och ett högre att lösningen är basisk (överskott på hydroxidjoner).
Plastisk deformation	Deformation vid vilken berggrunden reagerar plastiskt, det vill säga beter sig som en trögflytande massa. Vid plastisk deformation, som sker på stort djup under högt tryck och hög temperatur, bildas exempelvis veckning och plastiska skjuvzoner med kraftig förskifring och linjärstrukturer.
Podsoler	Har en välutbildad anrikningshorisont bestående av bland annat organisk substans, aluminium, järn, mangan samt en däröver liggande blekjord. Denna jordmånsgrupp är den vanligaste i Sverige. Podsoler är huvudjordmåner inom den boreala och tempererade delen av den norra hemisfären.
Poissons tal	Tvärkontraktionstalet, materialkonstant i elasticitetsteori. Vid förlängning av en elastisk provstav erhålls en tvärkontraktion som är proportionell mot stavens töjning i längsled. Proportionalitetskonstanten kallas Poissons tal.

Porfyr	Magmatisk sur bergart som karakteriseras av porfyrisk textur, det vill säga att större mineralkrystaller (strökorn) ligger spridda i en finkornig eller glasig grundmassa. Bland svenska porfyrier märks bland annat älvdalporfyreerna i Dalarna och Smålands gångporfyrier.
Porositet	Porositeten definieras som hålrummens volym per volymsenhet av hela materialet.
Postglacial	Efter den senaste istiden.
PSS	Utrustning för utförande av hydrauliska tester i kärnborrhål (injektions-tester eller pumpning). PSS är förkortning på Pipe String System, det vill säga rörgångssystem.
P-våg	P-våg (= primär-våg) kompressionsvåg vid jordbävning. Benämningen härrör från att den är den första våg som anländer till en seismograf efter en jordbävning. Primärvågor är longitudinella vågor.
Radarinterferometri	Längdmätning med radiovågor.
Redoxpotential	Kan liknas vid ett mått på "elektrontryck". Vid en negativ redoxpotential och högt "elektrontryck" råder syrefria förhållanden. Vid en positiv redoxpotential finns syre närvarande. Redoxpotentialen bestämmer vilka reaktioner som kan ske och vilka kemiska komponenter som kan förekomma i till exempel grundvatten.
Reflektionsseismik	En metod där man alstrar en ljudvåg med en sprängkälla eller en vibrator. Ljudvågorna fortplantas i berget och en del av vågen studsar eller reflekteras mot en plan yta i berget, ofta en sprickzon eller en bergartskontakt. De återkommande ljudvågorna registreras av känsliga mikrofoner, så kallade geofoner.
Refraktionsseismik	En metod där man alstrar en ljudvåg med en sprängkälla eller en vibrator. Ljudvågorna fortplantas genom ovanliggande jordlager och ner i berget. En del av vågen studsar eller bryts, refrakteras, mot en plan yta i jord och mellan jord och berg. Eftersom ljudvågen fortplantas längs med bergets överyta kommer ljudvågen att bromsas upp då den passerar avsnitt med uppsprucket berg, till exempel en sprickzon i berget. Sprickzonen kan vara fylld av till exempel lermineral. De återkommande ljudvågorna registreras av känsliga mikrofoner, så kallade geofoner utplacerade på marken.
Regolit	Det lösa jordtäcknet ovanpå den ovittrade berggrunden. I områden som inte varit täckta av inlandsisar omfattar den dels den vittrade berggrunden (saproiliten), dels transporterat material ovanpå. I områden som varit nedisade består regoliten huvudsakligen av glaciala och postglaciala avlagringar, men även till en liten del av djupvittrad berggrund.
Regosoler	Grupp av omogna jordmåner som bildas i finkornigt okonsoliderat minerogent material och som saknar andra horisonter än en svagt utbildad A-horizont; finns inom högre, kuperad terräng. Regosoler finns i alla klimat över hela världen; i Sverige kan regosoler eventuellt övergå i svagt utbildade podsoler eller cambisoler.
Resistivitet	Beskriver bergets elektriska ledningsförmåga, vilken i sin tur bestäms av sprickornas innehåll av vatten och elektriskt ledande mineral, till exempel lermineral.
Respiration	Vetenskaplig term för andning.



Riksintresse	Område som pekats ut av till exempel en kommun, länsstyrelse, statligt verk eller myndighet därför att det är särskilt lämpat för en viss verksamhet, till exempel friluftsliv, yrkesfiske, utvinning av fyndigheter, industriell produktion, energiproduktion, avfallshandling eller vattenförsörjning. Enligt miljöbalken ska områden av riksintresse så långt som möjligt skyddas mot åtgärder som påtagligt försvårar nyttjandet enligt intresset.
SFR	Slutförvar för radioaktivt driftavfall. SKB:s anläggning för slutförvaring av låg- och medelaktivt driftavfall belägen cirka 50 m ner i berget, under havsbotten, vid Forsmarks kärnkraftverk. Förvaret har varit i drift sedan 1988.
SKI	Statens kärnkraftinspektion. Myndighet som har till uppgift att utöva tillsyn av de kärntekniska anläggningarnas säkerhet enligt kärntekniklagen.
Skjuvzon	Deformationszon bildad till följd av plastisk deformation, det vill säga under högt tryck och hög temperatur. Se även plastisk deformation.
Slingram	En metod där man använder sig av två ramar, en sändare och en mottagare. Man sänder ut ett elektromagnetiskt fält från sändaren. Om det finns en sprickzon i berget som leder elektrisk ström, till exempel om den innehåller lermineral eller vatten, uppkommer ett nytt fält på grund av elektriska strömmar som bildas av sändarfältet. Det nya fältet kan då avläsas i mottagaren som en förändring.
Sorption	Fysikalisk och eller kemisk bindning av atomer eller molekyler till en yta.
Sorptionskoefficient	Mått som anger bergarters förmåga att fastlägga olika ämnen på sprickytor och i porer.
Spatial	Har att göra med utsträckning i rummet, till exempel föremåls form.
Sprickapertur	Spricköppning.
Sprickzon	Deformationszon bildad till följd av spröd deformation, det vill säga när berggrunden reagerar genom uppsprickning. Se även spröd deformation.
Spröd deformation	Deformation vid vilken berggrunden reagerar genom uppsprickning. Vid denna deformation bildas enskilda sprickor och ansamlingar av sprickor till så kallade sprickzoner.
SSI	Statens strålskyddsinstitut. Myndighet som har till uppgift att skydda människor, djur och miljö mot skadlig inverkan av strålning enligt strålskyddslagen.
Stokastisk beskrivning	För element i den beskrivande modellen där dataunderlaget inte medger en diskret beskrivning (det vill säga beskrivning av varje enskilt element) utnyttjas i stället en beskrivning av objektet där både dess läge och egenskaper (inklusive geometri) kan tillåtas variera med utgångspunkt från statistiska fördelningar.
Stratigrafi	Gren av geologin som utforskar ordningsföljden och samhörigheten mellan olika bergartslager i jordskorpan.
Strykning	Riktningen av en planstrukturs (till exempel förskiffring, sprickzon eller bergartskontakt) skärning med horisontalplanet.
Stupning	Den vinkel som en planstruktur (till exempel förskiffring, sprickzon eller bergartskontakt) bildar med horisontalplanet. Mäts vinkelrätt mot strykningen.

Stänglighet	Linjär struktur hos en bergart.
Stökiometri	Läran om de proportioner vari ämnen kemiskt reagerar med varandra.
Subhorisontell	Nära horisontell.
Substrat	Det underlag eller material (jord, vatten) som växter, svampar, lavar, bakterier och vissa ryggradslösa djur växer eller lever på eller i.
Susceptibilitet	Magnetisk susceptibilitet, bergarters möjlighet att magnetiseras av ett yttre pålagt magnetisk fält, till exempel det jordmagnetiska fältet.
S-våg	Elastisk skjuvvåg vid jordbävning, detsamma som sekundärvåg, det vill säga den andra våg som anländer till en seismograf efter en jordbävning. Sekundärvågor är transversella vågor, det vill säga svängningar sker vinkelrätt mot fortplantningsriktningen.
SWIW-test	Single Well Injection Withdrawal. Spårförsök för undersökning av bergets transportegenskaper. Testet utförs i endast ett kärnbrorrhål.
Tektonik	Den gren av geologin som behandlar jordskorpan regionala, storskaliga strukturer och de processer som skapat dem.
TEM	Transient elektromagnetisk sondering, en metod att bestämma bergets elektriska egenskaper, vilka i sin tur avgörs av sprickornas innehåll av vatten, salt och elektriskt ledande mineral, till exempel lermineral. Vid transient elektromagnetisk sondering skapar man ett transient (varierande signal med kort varaktighet) avklingande magnetiskt fält i en sändarslinga. Genom sonderingen får man en resistivitetsprofil med information i förhållande till ökat djup.
Terrester	Det som hänför sig till land. Landbaserad till skillnad från akvatisk (i vatten). Livsmiljö som finns på jordytan.
Tonalit	Magmatisk djupbergart besläktad med granit. Bergarten är vanligen grå och består huvudsakligen av mineralen kvarts och plagioklas samt biotit, hornblände och amfibol.
Transekt	En (rät) linje utmed vilken man utför mätningar, undersökningar och eller observationer.
Transient	Ett förlopp, exempelvis elektriskt, elektromagnetiskt eller hydrauliskt, som varierar över tiden.
Transmissivitet	Förmåga hos ett jord- eller berglager att leda grundvatten. Grundvattenföringen per breddenhet ges av transmissiviteten ( $m^2/s$ ) multiplicerad med den hydrauliska gradienten (som i sin enklaste form är lika med grundvattenytans lutning i $m/m$ ). Transmissiviteten kan bestämmas genom provpumpning.
Transpiration	Avgivande av vattenånga genom svettning eller utdunstning.
Trofisk nivå	Nivå i ekologisk näringsväv, till exempel som primär eller sekundär producent respektive konsument.
Tunnslip	Slipprov, 0,02–0,03 mm tjock skiva av ett mineral eller en bergart limmad mot en tunn glasskiva. I denna tjocklek är de flesta bergarter och mineral genomskinliga, vilket möjliggör studium av deras optiska egenskaper i polarisationsmikroskop.
Veckning	Deformation av jordskorpan genom sammanpressning med hjälp av motriktade krafter.

Veckomböjning	Planstruktur i berg som deformerats och bildat ett veck.
VES	Vertikal elektrisk sondering (vertical electrical sounding), en metod att bestämma jordlagrets och bergets elektriska egenskaper, vilka i sin tur avgörs av sprickornas innehåll av vatten och elektriskt ledande mineral, till exempel lermineral. Sonderingen utförs så att man får en resistivitetsprofil med information i förhållande till ökat djup,
Vittring	Inom geologi nedbrytning och sönderdelning av fast berg och stenblock till en grusig, sandig eller lerig massa genom mekaniska, kemiska och biologiska processer.
Vulkanisk bergart	Bergart bildad genom vulkaniska processer, det vill säga utströmning av magma (bergartssmälta) på jordytan som bildar lava eller lager av vulkanisk aska.
Yngre granit	Granit som bildades efter den senaste större plastiska deformationen av berggrunden. I Sverige har dessa graniter vanligen en ålder av 1 800 miljoner år eller yngre.
Yoldiahavet	Stadium i Östersjöns utvecklingshistoria, tidsmässigt mellan Baltiska issjön och Ancylussjön. Y. har fått sitt namn efter den havslevande, arktiska musslan <i>Yoldia arctica</i> (numera <i>Portlandia arctica</i> ), vilken påträffats i avlagringar från detta stadium. Y. existerade mellan ungefär 10 300 och 9 500 kol-14-år före nutid. Enligt den klassiska bilden av Östersjöns historia var vattnet i Y. bräckt, men nyare undersökningar visar att själva brackvattensfasen endast omfattade cirka 100 år runt 10 000 kol-14-år före nutid (det vill säga cirka 9 400 f Kr).
Ytbergart	Bergart bildad på eller nära jordens yta genom sedimentära eller vulkaniska processer.
Ådergnejs	I Sverige mycket vanligt förekommande gnejs, som karaktäriseras av ljusa och mörka skikt, parallella med bergartens förskiffringsplan. De ljusa skikten domineras av kvarts och/eller fältspat medan de mörka innehåller mörkt glimmer och eventuellt amfibol.
Äspölaboratoriet	SKB:s underjordiska berglaboratorium vid Äspö norr om Simpevarp, avsett för geologisk forskning samt teknisk utveckling och demonstration av metoder för deponering och återtag av kapslar med använt kärnbränsle.
Ävrögranit	Samlingsterm för porfyriska (strökornsförande) djupbergarter i Simpevarpsområdet, med en sammansättning som varierar mellan huvudsakligen granit och kvartsmonzodiorit.