

## Vattenverksamhet i Laxemar-Simpevarp

Clab/inkapslingsanläggning (Clink)  
– bortledande av grundvatten, uttag av  
kylvatten från havet samt anläggande  
av dagvattendamm

Kent Werner, EmpTec

September 2010

**Svensk Kärnbränslehantering AB**

Swedish Nuclear Fuel  
and Waste Management Co

Box 250, SE-101 24 Stockholm  
Phone +46 8 459 84 00



# **Vattenverksamhet i Laxemar-Simpevarp**

**Clab/inkapslingsanläggning (Clink)  
– bortledande av grundvatten, uttag av  
kylvatten från havet samt anläggande  
av dagvattendamm**

Kent Werner, EmpTec

September 2010

*Nyckelord:* SKBdoc 1261185, Laxemar-Simpvarp, Clab, Clink, Inkapslingsanläggning, Grundvattenbortledning, Kylvatten, Dagvattendamm, Effekter, Konsekvenser.

A pdf version of this document can be downloaded from [www.skb.se](http://www.skb.se).

# Sammanfattning

Denna rapport är en bilaga till en miljökonsekvensbeskrivning som bifogas ansökan om tillstånd enligt miljöbalken. Rapporten behandlar vattenverksamhet (11 kapitlet i miljöbalken) vid uppförande av en inkapslingsanläggning i direkt anslutning till SKB:s befintliga anläggning Clab på Simpevarpshalvön i Oskarshamns kommun (rapporten biläggs även ansökan enligt kärntekniklagen). Vidare behandlas vattenverksamhet i samband med drift av den integrerade anläggningen (Clink). De vattenverksamheter som ingår i rapporten är bortledning av grundvatten, uttag av kylvatten från havet samt anläggande av en dagvattendamm. Det finns gällande tillstånd för grundvattenbortledning och uttag av kylvatten för befintlig anläggning och verksamhet vid Clab. Uttaget av kylvatten från havet till Clink förutsätts rymmas inom gällande tillstånd för Clab.

Grundvattenbortledningen från Clink kan bli något större än nuvarande bortledning från Clab. Ökningen orsakas av ett relativt litet, tillkommande bergschakt för inkapslingsanläggningen, intill befintlig ovanmarksanläggning och ovan ett av de två befintliga bergrummen (Clab 1). Givet det planerade bergschaktets läge (ovan ett av de befintliga bergrummen) och dess lilla volym bedöms inläckaget av grundvatten under Clinks driftskede öka med endast 5–10 procent jämfört med inläckaget till befintligt Clab. Inläckaget under uppförandeskedet kan tänkas bli ytterligare något högre innan bergschaktet injekteras.

Baserat på den begränsade ökningen av inläckaget och resultat från Clabs befintliga kontrollprogram, bedöms uppförandet av inkapslingsanläggningen och driften av Clink ge upphov till mycket små tillkommande förändringar av grundvattennivåerna i berg, i direkt anslutning till anläggningen. Beräkningar indikerar att vattenuppfyllnad av bergrummen samt återhämtning av grundvattennivåer i berg kring anläggningen kommer att ta mindre än tio år efter det att anläggningen avvecklats och grundvattenbortledningen upphört.

Sammantaget bedöms grundvattenbortledningen inte medföra några negativa konsekvenser för enskilda brunnar eller för naturvärden. Det vatten som pumpas bort från bergschaktet under uppförandeskedet kommer att passera en temporär anläggning för sedimentation och oljeavskiljning, innan utsläpp sker till recipient. I syfte att minska inläckaget av grundvatten kommer bergschaktet att injekteras.

Ett antal åtgärder planeras som ska förbättra dagvattenhanteringen vid Clink jämfört med dagens situation. En av dessa åtgärder är att anlägga en ny dagvattendamm i anslutning till Clink. Dagvattendammen syftar till kompletterande flödesutjämning och sedimentering i Clabs befintliga dagvattensystem. Uppförandet av dagvattendammen bedöms endast ge upphov till obetydliga ekologiska konsekvenser. Vid drift av dagvattendammen kommer tungmetaller och andra ämnen att ackumuleras i dammens botten sediment, vilket minskar föroreningsbelastningen på dagvattenrecipienten (havsviken Herrgloet) jämfört med dagens situation. Vid anläggande av dagvattendammen och förbättring av utloppet i Herrgloet kommer hänsyn att tas till befintlig vegetation i närområdet.

## Summary

This report is an appendix to an Environmental Impact Assessment that accompanies a permit application according to the Swedish Environmental Code. The report concerns water operations (Chapter 11 in the Environmental Code) associated with construction of an encapsulation plant in direct connection to SKB's existing Clab facility on the Simpevarp peninsula in the Municipality of Oskarshamn (the report is also included in the permit application according to the Nuclear Activities Act). Moreover, the report deals with water operations associated with the operation of the integrated facility, which is named Clink. Specifically, the water operations that are treated in the report include diversion of groundwater, withdrawal of cooling water from the sea, and construction of a storm-water treatment pond. There are valid permits regarding diversion of groundwater and withdrawal of cooling water for the current facility and activities at Clab. It is presupposed that the cooling-water withdrawal from the sea to Clink can be handled within the limits of the valid Clab permit.

The diversion of groundwater from Clink may be somewhat larger compared to the present diversion from Clab. The increase is due to a relatively small, additional rock shaft for the encapsulation plant, adjacent to the current surface facility and above one of the two existing rock caverns (Clab 1). Based on the location of the planned rock shaft (above one of the existing rock caverns) and its small volume, it is judged that the inflow of groundwater during operation of Clink will be only 5–10 percent larger compared to the inflow to the current Clab facility. It is possible that the inflow will be larger during the construction phase, prior to grouting of the shaft.

Based on the limited increase of the groundwater inflow and results from the ongoing Clab monitoring programme, it is judged that the construction of the encapsulation plant and the operation of Clink will only lead to very small additional changes of groundwater levels in rock, directly adjacent to the facility. Calculations indicate that water saturation of rock caverns and recovery of groundwater levels in rock around the facility will require less than ten years subsequent to decommissioning of the facility and termination of the groundwater diversion.

To sum up, the groundwater diversion is judged not to lead to any negative consequences for private wells or nature values. Water that is pumped from the rock shaft during the construction will pass a temporary oil separation and sedimentation facility, before it is discharged to recipient. The shaft will be grouted in order to reduce the inflow of groundwater.

A number of measures are planned that will improve the storm-water handling at Clink compared to the present situation. One of these measures is to construct a new storm-water treatment pond in the vicinity of Clink. The purpose of the treatment pond is supplementary flow flattening and sedimentation in the existing storm-water system at Clab. It is judged that the construction of the storm-water treatment pond only causes insignificant ecological consequences. During operation of the storm-water treatment pond, heavy metals and other substances will accumulate in the bottom sediments of the pond, which will reduce the contaminant load on the storm-water recipient (the sea bay Herrgloet) compared to the present situation. Existing vegetation will be taken into consideration at construction of the storm-water treatment pond and improvement of the storm-water outlet to Herrgloet.

# Contents

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Bakgrund, syften och avgränsningar</b>                            | <b>7</b>  |
| <b>2</b> | <b>Beskrivning av vattenverksamheten och berört område</b>           | <b>9</b>  |
| 2.1      | Beskrivning av befintlig verksamhet vid Clab                         | 9         |
| 2.2      | Beskrivning av området kring Clab                                    | 10        |
| 2.2.1    | Fastighetsförhållanden, byggnader och enskilda brunnar               | 10        |
| 2.2.2    | Ekologiska förhållanden  | 12        |
| 2.3      | Vattenverksamhet och vattenhantering vid Clab                        | 13        |
| 2.3.1    | Bortledande av grundvatten   | 13        |
| 2.3.2    | Uttag av kylvatten från havet  | 13        |
| 2.3.3    | Dagvattenhantering   | 15        |
| 2.4      | Planerad vattenverksamhet vid Clink                                  | 15        |
| 2.4.1    | Bortledande av grundvatten   | 15        |
| 2.4.2    | Uttag av kylvatten från havet  | 16        |
| 2.4.3    | Anläggande av dagvattendamm  | 16        |
| <b>3</b> | <b>Vattenverksamhetens hydrogeologiska och hydrologiska effekter</b> | <b>19</b> |
| 3.1      | Hydrogeologiska och hydrologiska förhållanden                        | 19        |
| 3.2      | Observerade hydrogeologiska och hydrologiska effekter vid Clab       | 20        |
| 3.2.1    | Mätningar av inläckage och vattenkemi                                | 20        |
| 3.2.2    | Mätningar av grundvattennivå och grundvattenkemi                     | 22        |
| 3.3      | Clink: Bedömning av hydrogeologiska och hydrologiska effekter        | 25        |
| 3.3.1    | Inläckage av grundvatten   | 25        |
| 3.3.2    | Sänkning av grundvattennivåer i berg                                 | 27        |
| 3.3.3    | Uppfyllnad av bergrum och återhämtning av grundvattennivåer          | 27        |
| 3.4      | Inverkan av framtida havsnivåhöjning                                 | 28        |
| <b>4</b> | <b>Bedömning av vattenverksamhetens konsekvenser</b>                 | <b>31</b> |
| 4.1      | Bortledande av grundvatten   | 31        |
| 4.2      | Uttag av kylvatten från havet  | 31        |
| 4.3      | Anläggande av dagvattendamm  | 32        |
| 4.3.1    | Uppförandeskede  | 32        |
| 4.3.2    | Driftskede   | 33        |
| <b>5</b> | <b>Åtgärder</b>  | <b>35</b> |
| 5.1      | Uppförandeskedet   | 35        |
| 5.2      | Driftskedet  | 35        |
|          | <b>Referenser</b>  | <b>37</b> |
|          | <b>Bilaga 1</b> Data på grundvattennivå och grundvattenkemi          | <b>41</b> |
|          | <b>Bilaga 2</b> Modell för uppfyllnad av bergrum                     | <b>43</b> |

# 1 Bakgrund, syften och avgränsningar

Denna rapport utgör en bilaga till en miljökonsekvensbeskrivning som bifogas ansökan om tillstånd enligt miljöbalken och kärntekniklagen. Rapporten behandlar följande vattenverksamheter enligt 11 kapitlet i miljöbalken:

- Bortledning av grundvatten.
- Uttag av kylvatten från havet.
- Anläggande av en dagvattendamm (anmälningspliktig vattenverksamhet).

Dessa verksamheter är kopplade till fortsatt drift av SKB:s befintliga anläggning Clab (centralt mellanlager för använt kärnbränsle) på Simpevarpshalvön i Oskarshamns kommun, samt uppförande av en inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle i direkt anslutning till Clab. I inkapslingsanläggningen ska använt kärnbränsle kapslas in inför deponering i slutförvarsanläggningen i Forsmark. Den integrerade anläggningen (Clab och inkapslingsanläggningen) benämns Clink.

Enligt gällande dom /Växjö tingsrätt 1998/ finns det redan tillstånd för bortledning av grundvatten och uttag av kylvatten från havet. I denna rapport hanteras frågan om ett eventuellt ökat bortledning av grundvatten från Clink jämfört med dagens situation, samt anläggande av en dagvattendamm. I rapporten förutsätts att uttaget av kylvatten från havet till Clink ryms inom gällande tillstånd för Clab. Framtida kylvattenbehov är för närvarande under utredning.

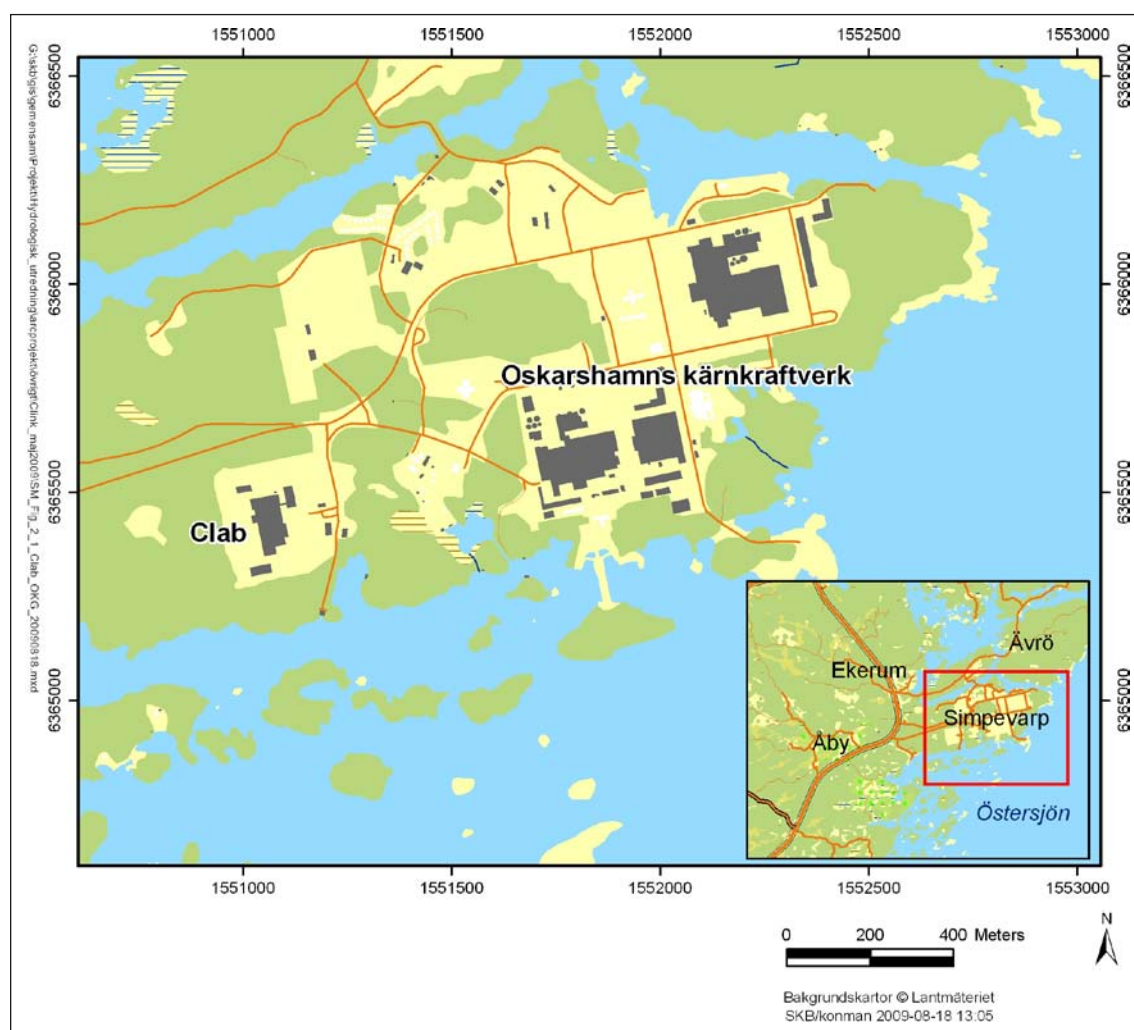
Rapportens övergripande syften är att beskriva vattenverksamheterna, deras hydrogeologiska och hydrologiska effekter, samt de konsekvenser som kan uppstå som följd av vattenverksamheterna. Rapporten beskriver vidare de förebyggande åtgärder som planeras för att reducera vattenverksamheternas effekter, samt ger förslag på begränsande åtgärder som är inriktade på deras konsekvenser. Förslag på uppföljning av de planerade verksamheternas effekter och konsekvenser finns i det kontrollprogram som bifogas ansökan om tillstånd.

I denna rapport används koordinatsystemet RT 90 2,5 gon V/0:15 i plan och RHB 70 i höjd.

## 2 Beskrivning av vattenverksamheten och berört område

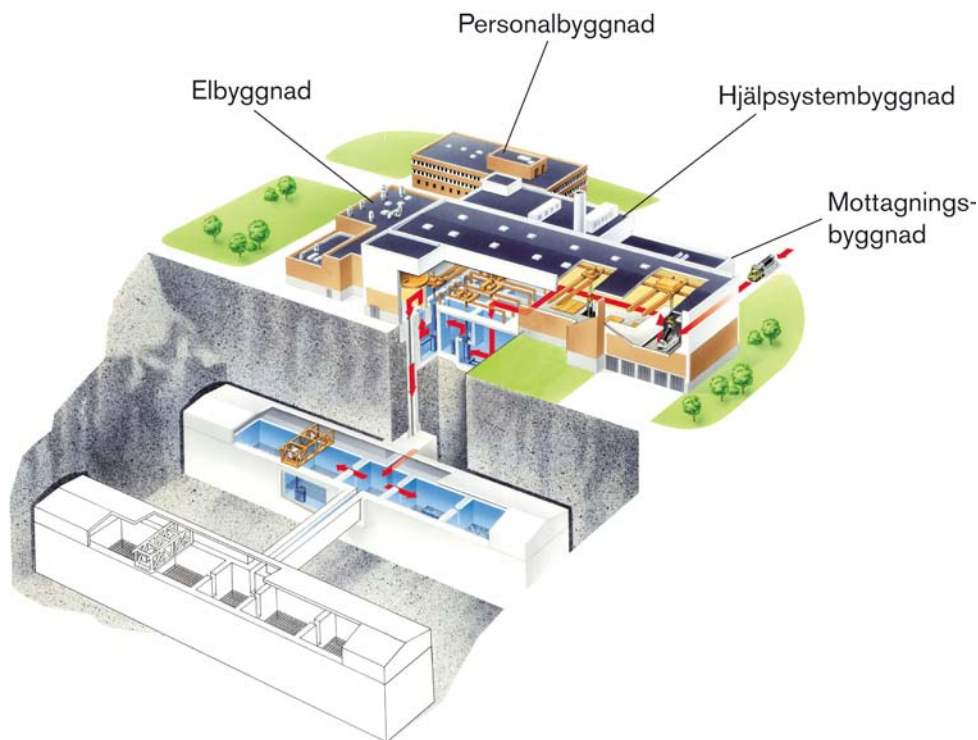
### 2.1 Beskrivning av befintlig verksamhet vid Clab

Anläggningen Clab är belägen på Simpevarpshalvön, nära Oskarshamns kärnkraftverk (se översiktskarta i figur 2-1). Anläggningen används för mellanlagring av använt kärnbränsle (och vissa härdkomponenter) i avvaktan på inkapsling och slutförvaring av det använda kärnbränslet. Anläggningen består av byggnader ovan och under mark. Mellanlagringen sker i två förvaringsbyggnader, förlagda i två parallella bergtrum. Förvaringsbyggnaderna benämns Clab 1 och Clab 2 (se perspektivskiss i figur 2-2). Notera att i denna rapport kallas Clab 1 och Clab 2 för ”bergtrum”, även om Clab 1 och Clab 2 alltså egentligen är benämningarna på förvaringsbyggnaderna inuti bergtrummen.



Figur 2-1. Översiktskarta över Simpevarpshalvön, med lägena för Clab och Oskarshamns kärnkraftverk.





**Figur 2-2.** Perspektivskiss över Clab /Gatter et al. 2005/, inklusive bergrummen Clab 1 och Clab 2. Clab 2 är närmast i bilden.

Bergrummens tak och botten är belägna på nivåerna –20 respektive –50 meter över havet (m ö h) och 30–60 meter under markytan /Fredriksson et al. 2005/. Bergrummen är orienterade i nord-sydlig riktning. Varje bergrum är ungefär 21 m brett, 28 m högt och 115 m långt. Bassängerna i de två bergrummen är förbundna via en betongkanal ("kanaltunneln") förlagd i en tvärtunnel. Bergrummen med tillhörande tunnlar uppfördes under perioderna 1980–85 respektive 1999–2004. Varje bergrum innehåller fem lagringsbassänger. Anläggningen har en total kapacitet på 8 000 ton använt kärnbränsle /Lindstrand och Norén 2006/. En vattenfylld transportkanal förbinder de två bergrummen med ett bränslehissschakt, som går upp till anläggningens ovanmarksdel (se figur 2-2).

## 2.2 Beskrivning av området kring Clab

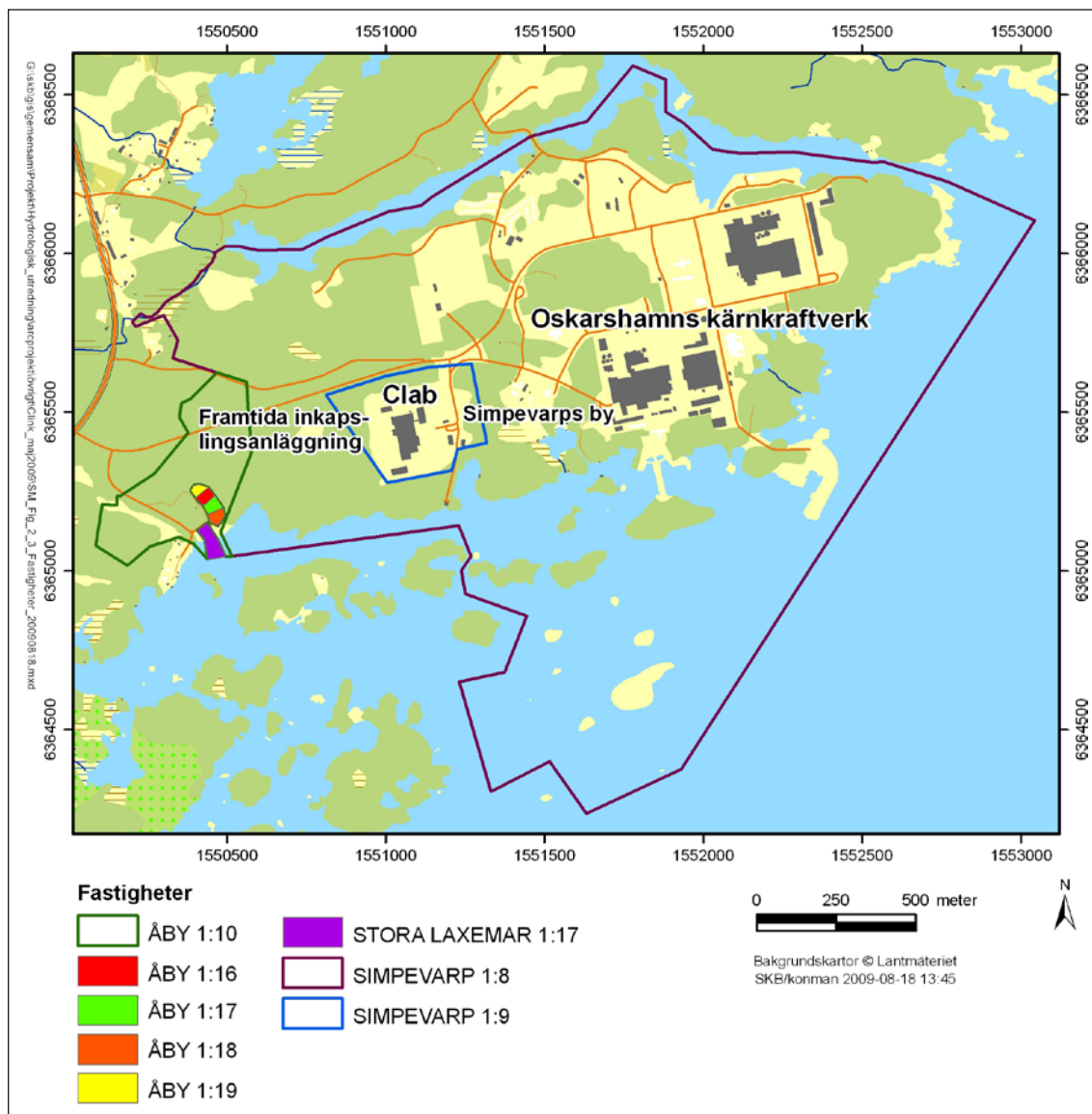
Detta avsnitt ger en kortfattad beskrivning av förhållandena i området kring Clab, avseende fastigheter, byggnader, enskilda brunnar samt naturvärden. Områdets hydrogeologiska och hydrologiska förhållanden beskrivs närmare i kapitel 3, inklusive en beskrivning av de hydrogeologiska och hydrologiska effekterna av den pågående grundvattenbortledningen vid Clab.

### 2.2.1 Fastighetsförhållanden, byggnader och enskilda brunnar

Enligt figur 2-3 är Clab beläget på SKB:s fastighet Simpevarp 1:9, vilken omgärdas av Oskarshamns Kraftgrupp AB:s (OKG) fastighet Simpevarp 1:8. Den angränsande fastigheten Åby 1:10 ägs av SKB. Närmaste privata bebyggelse är belägen på fastigheterna Åby 1:16 till och med Åby 1:19 samt på Stora Laxemar 1:17, 600–650 meter sydväst om Clab. Närmaste bebyggelse på OKG:s fastighet Simpevarp 1:8 är Simpevarps by (cirka 400 meter öster om Clab) med bland annat utställning och hörsal.

Från en tidigare genomförd brunnsinventering i Laxemar-Simpevarpsområdet /Morosini och Hultgren 2003/ kan nedanstående enskilda brunnar identifieras i Clabs omgivning. Brunnarnas lägen visas i figur 2-4, som även visar läget för ett naturvärdesobjekt som är beläget väster om Clab (se vidare avsnitt 2.2.2). Notera att brunnsbeteckningarna C4–C8 är de beteckningar som används inom ramen för Clabs kontrollprogram /Rhén och Ejdeling 1998/ (se vidare avsnitt 3.2). "PSM" är





**Figur 2-3.** Översiktskarta som visar fastigheter och byggnader i Clabs omgivning. Inkapslingsanläggningen kommer att uppföras i direkt anslutning till Clab.

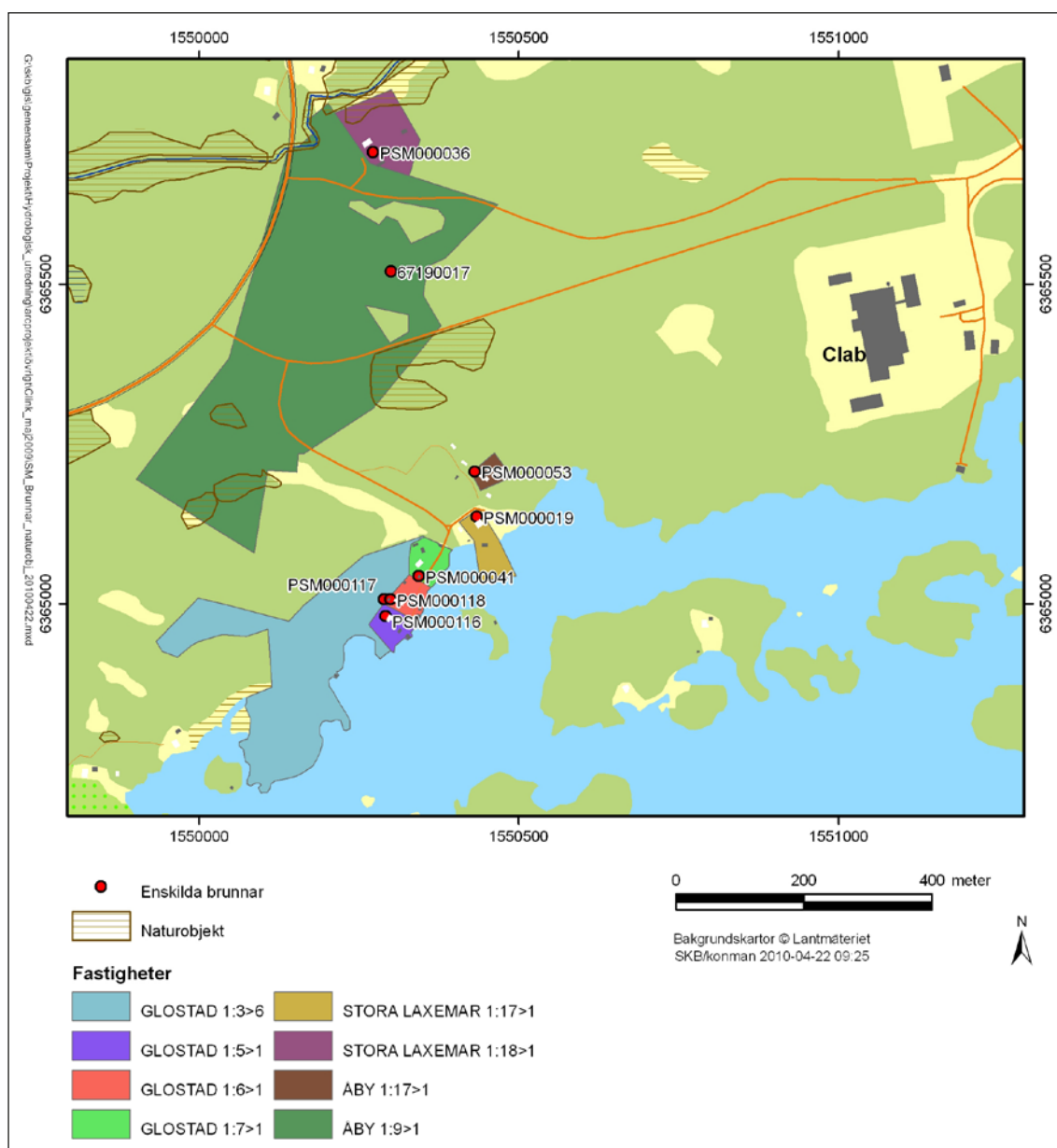
SKB:s id-beteckningar, som tillämpats inom ramen för platsundersökningen rörande ett slutförvar för använt kärnbränsle (se till exempel /Werner et al. 2008/).

- PSM000053 (brunn C4), belägen 650 m (meter) sydväst om Clab på fastigheten Åby 1:17. Brunnen är bergbördad med ett totaldjup på 75 m.
- PSM000019 (brunn C5), belägen 650 m sydväst om Clab på fastigheten Stora Laxemar 1:17. Brunnen är bergbördad med ett totaldjup på 25 m.
- PSM000041 (brunn C6), belägen 800 m sydväst om Clab på fastigheten Glostad 1:7. Brunnen är grävd med ett totaldjup på 3 m.
- PSM0000118 (brunn C7, SGU brunnsarkiv-id 999058720), belägen 850 m sydväst om Clab på fastigheten Glostad 1:6. Brunnen är bergbördad med ett totaldjup på 70 m.
- PSM000116 (brunn C8, SGU brunnsarkiv-id 67100037), belägen 850 m sydväst om Clab på fastigheten Glostad 1:5. Brunnen är bergbördad med ett totaldjup på 60 m.
- PSM000117, belägen 850 m sydväst om Clab på fastigheten Glostad 1:3. Brunnen är grävd med ett totaldjup på 3 m.

- SGU brunnarkiv-id 67190017, belägen 700 m väst om Clab på fastigheten Åby 1:9. Enligt uppgifter i SGU:s brunnarkiv (© Sveriges geologiska undersökning (SGU)) är brunnen bergborrad med ett totaldjup på 38 m.
- PSM000036, belägen 800 m nordväst om Clab på fastigheten Stora Laxemar 1:18. Brunnen är bergborrad med ett totaldjup på 36 m.

## 2.2.2 Ekologiska förhållanden

En omfattande ekologisk fältinventering /Hamrén och Collinder 2010/ har utförts i syfte att identifiera och värdera de ekologiska förhållandena och naturobjekt inom Laxemar-Simpevarpsområdet. Utifrån denna inventering kan konstateras att det inte finns några naturvärdesobjekt på Simpevarps halvön. Närmaste identifierade och värderade naturobjekt (kommunalt värde, klass 3; se figur 2-4) utgörs av ett parti med ädellövskog på blockig mark cirka 600 m väster om Clab.



**Figur 2-4.** Översiktskarta som visar lägen för enskilda brunnar samt naturobjekt (se avsnitt 2.2.2) i Clabs omgivning.

Vegetationstypen som lövskogspartiet representerar är generellt inte känslig för förändringar av grundvattenytans läge /Hamrén och Collinder 2010/, och kommer därför inte att kunna påverkas av grundvattenbortledningen från Clink.

## **2.3 Vattenverksamhet och vattenhantering vid Clab**

Nedanstående avsnitt ger en översikt över den vattenverksamhet och vattenhantering som i dagsläget bedrivs vid Clab. Vattenverksamheten vid Clab regleras i en dom från vattendomstolen i Växjö /Växjö tingsrätt 1998/. Enligt denna dom finns det tillstånd för uttag av kylvatten (0,6 kubikmeter per sekund) från havet samt för bortledande av inläckande grundvatten för länshållning av Clabs berggrum. Domen anger inga villkor gällande begränsning av mängden bortlett grundvatten. Kontinuerlig uppföljning av befintlig vattenverksamhet ingår som en del i Clabs egenkontrollprogram /SKBdoc 1063638/.

### **2.3.1 Bortledande av grundvatten**

Inläckande grundvatten och övrigt vatten som hanteras i Clabs berggrum och tunnlar pumpas upp till markytan. Efter oljeavskiljning och sedimentering leds det uppumpade vattnet till Clabs dagvattensystem, med utlopp i havsviken Herrgloet sydöst om Clab (se figur 2-5). I domen från 1998 anges som villkor att mätningar ska utföras av volymen bortlett grundvatten med summerande mätare. I Clab utgår den beräknade uppumpade volymen från gångtiderna för berggrumsdränagesystemets nivåstyrda pumpar. Inom ramen för Clabs egenkontrollprogram /SKBdoc 1063638/ genomförs även månatlig vattenkemisk provtagning och analys av dränagevatten.

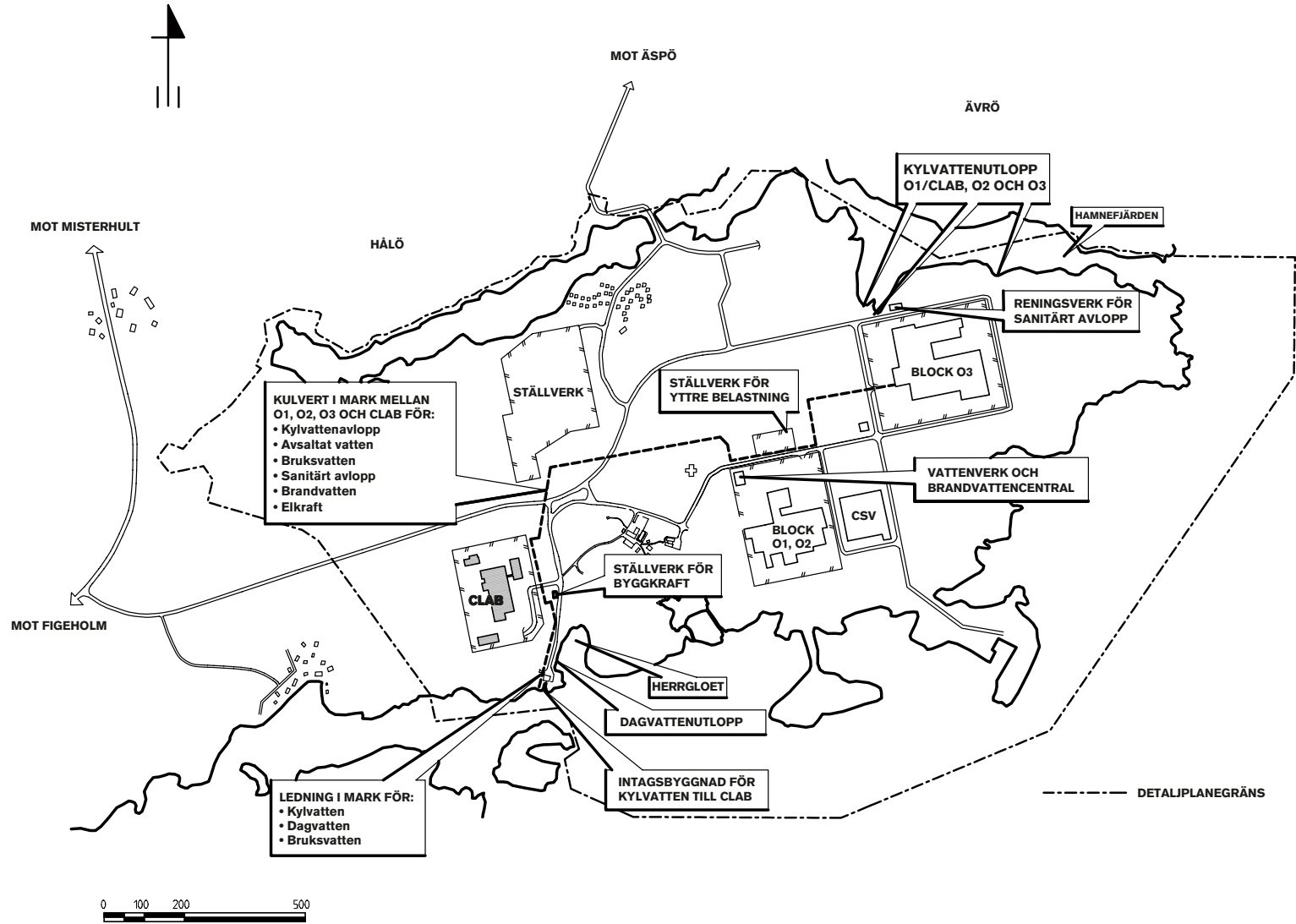
Som villkor i domen anges att mätning av nivå och elektrisk konduktivitet ska ske sex gånger per år i sammanlagt fem enskilda brunnar på fastigheterna Åby 1:17, Stora Laxemar 1:17 samt Glostad 1:5 till och med Glostad 1:7, det vill säga brunnarna C4–C8 i avsnitt 2.2.1. Dessa brunnsmätningar ska enligt vattendomen utföras till och med ett år efter berggrummet Clab 2 tagits i drift. Mätningarna i de fem brunnarna pågick till och med februari 2009, varefter mätningarna fortsätter i brunnarna C4, C7 och C8 inom ramen för Clabs egenkontrollprogram.

De mätningar som har relevans för den aktuella utredningen sammanfattas i avsnitt 3.2.

### **2.3.2 Uttag av kylvatten från havet**

Clabs kylvattenintag är beläget vid en intagsbyggnad vid stranden söder om Clab, på OKG:s fastighet Simpevarp 1:8 (se figur 2-5). Kylvattnet leds via en markförlagd rörledning till en värmeväxlaranläggning. Efter värmeväxlingen leds det uppvärmda kylvattnet till tunneln från O1-reaktorns kylvattenutsläpp, via en kulvertförlagd rörledning på fastigheterna Simpevarp 1:9 och Simpevarp 1:8. Utloppstunnlarna för kylvatten från reaktorerna O1–O3 mynnar i havsviken Hamnefjärden, vid Simpevarpshalvöns nordöstra del.

I domen från 1998 anges som villkor att mätningar av volymen uttaget och utsläppt kylvatten från Clab ska ske med summerande mätare, samt att temperaturregistrering ska utföras på både uttaget och utsläppt kylvatten. I Clab registreras både kylvattenflöde och -temperatur kontinuerligt och noteras även manuellt en gång per dygn i en ronderingspärm /SKBdoc 1063638/. Under perioden 2003–2007 var kylvattenuttaget till Clab (vid drift av båda pumparna) i medel ungefär 200 liter per sekund (l/s), med ett maximalt uttag på ungefär 280 l/s (Christer Ahx, SKB, pers. komm. 2009). Temperaturskillnaden mellan in- och utgående kylvatten är i genomsnitt 7 °C /Lindstrand och Norén 2006/. Värmeenergin i det totala kylvattenutsläppet under år 2009 motsvarade 50 000 megawatt-timmar (MWh) /SKBdoc 1232188/.



Figur 2-5. Översiktskarta som bland annat visar Clabs system för kyl- och dagvatten /SKB 1999/.

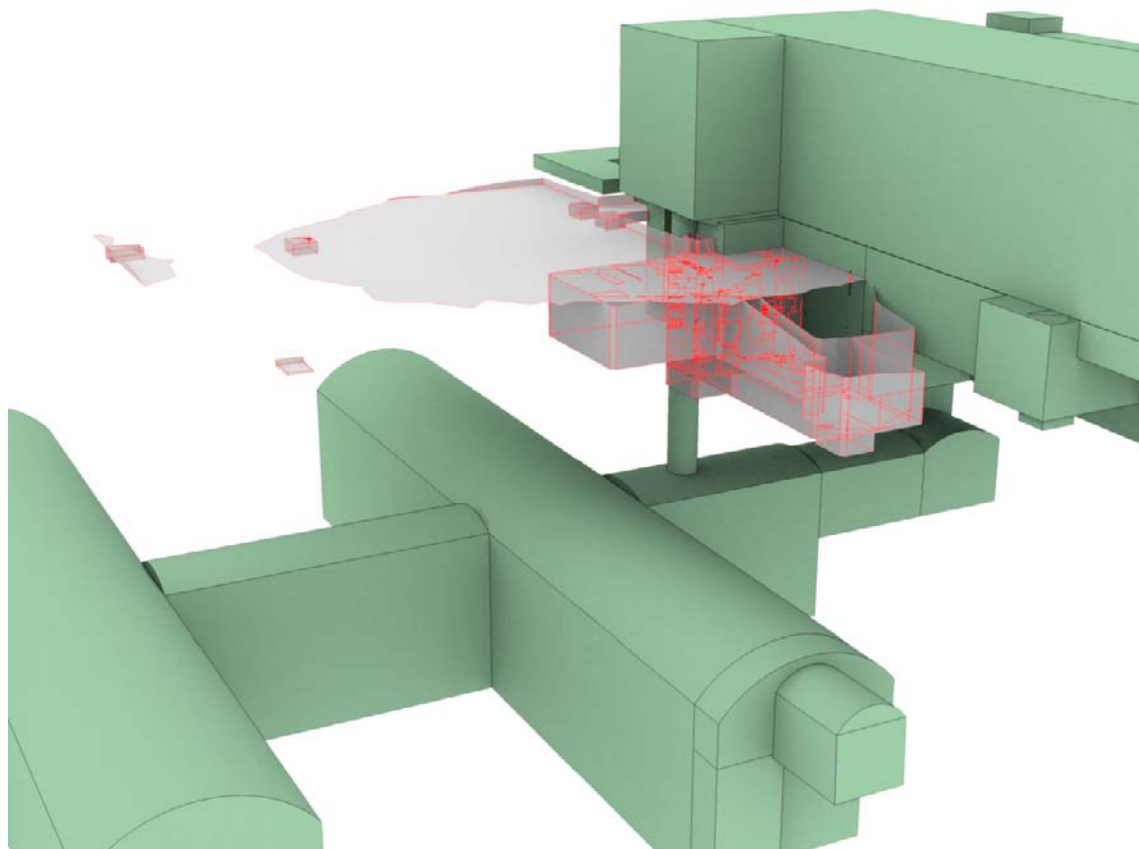
### 2.3.3 Dagvattenhantering

Större delen av Clabs befintliga verksamhetsområde utgörs av byggnader och hårdgjorda ytor. Dagvatten från dessa ytor samlas i uppsamlingsbrunnar på tak och dagvattenbrunnar på mark och leds direkt till havsviken Herrgloet /Stråe 2009/. Som nämnts i avsnitt 2.3.1, leds även länshållningsvattnet (inläckande grundvatten och övrigt vatten från berggrum och tunnlar) efter oljeavskiljning och sedimentering till Clabs dagvattensystem.

## 2.4 Planerad vattenverksamhet vid Clink

### 2.4.1 Bortledande av grundvatten

Inkapslingsanläggningen kommer att byggas i direkt anslutning till Clabs befintliga mottagnings- och elbyggnad (se figur 2-2). För att inrymma mottagningsbassänger i inkapslingsanläggningen behövs ett nytt bergschakt (se figur 2-6). Schaktet kommer att vara beläget intill den befintliga ovanmarksanläggningen och ovan berggrummet Clab 1. Schaktbottens djup kommer att variera. I den sydöstra delen mot befintlig mottagningsbyggnad kommer schaktbotten att vara på nivån  $-5,6$  m ö h vilket är under befintlig grundläggning (på nivån  $1,5$  m ö h) för mottagningsbyggnaden. Den djupaste delen av schaktet kommer att vara på nivån  $-8,5$  m ö h /Fredriksson et al. 2005/, i direkt anslutning till västra väggen på den befintliga mottagningsbyggnaden och omedelbart söder om schaktet för bränsehissen. Bergschaktets ungefärliga utbredning i plan är  $900$  kvadratmeter ( $m^2$ ) och den totala bergvolym som behöver tas ut uppskattas till cirka  $11\,000$  kubikmeter ( $m^3$ ), vilket kan jämföras med den bergvolym på ungefär  $100\,000$   $m^3$  som sprängdes ut för Clab 2. Mark- och bergnivån inom området som berörs av bergschaktet är belägen på cirka  $10$  respektive  $5$  m ö h /Fredriksson et al. 2005/.



**Figur 2-6.** Utbredning av planerat bergschakt i förhållande till bränsehissen och berggrummen Clab 1 och 2 /Fredriksson et al. 2005/. Clab 1 är det högra berggrummet i bilden.

Inom ett parti i den sydöstra delen av schaktet, mot mottagningsbyggnaden, kommer bergschaktets botten att vara på nivån  $-5,6$  m ö h vilket där är ungefär 7 m under den befintliga anläggningens grundläggningsnivå ( $1,5$  m ö h). Som nämns ovan, kommer schaktbotten (det så kallade detalj-schaktet) som djupast att ligga på nivån  $-8,5$  m ö h inom en area på knappt  $40$  m<sup>2</sup>, strax söder om bränsleschaktet. Inom denna del är avståndet mellan schaktbotten och bergrumstaket på Clab 1 som kortast, 14 m. Avståndet mellan bergschaktet och det befintliga hisschaktet är ungefär 2 m.

De hydrogeologiska förutsättningarna och de bedömda hydrogeologiska effekterna av det planerade bergschaktet ovan Clab 1 beskrivs i avsnitten 3.1 till 3.3.

#### **2.4.2 Uttag av kylvatten från havet**

Som nämnts tidigare tillåter domen från 1998 ett uttag av kylvatten till Clab på högst 0,6 kubikmeter per sekund (m<sup>3</sup>/s). Det verkliga uttaget är i dagsläget i medel cirka 0,2 m<sup>3</sup>/s vid drift av båda pumparna. Det förutsätts i denna rapport att uttaget av kylvatten från havet till Clink ryms inom gällande tillstånd för Clab.

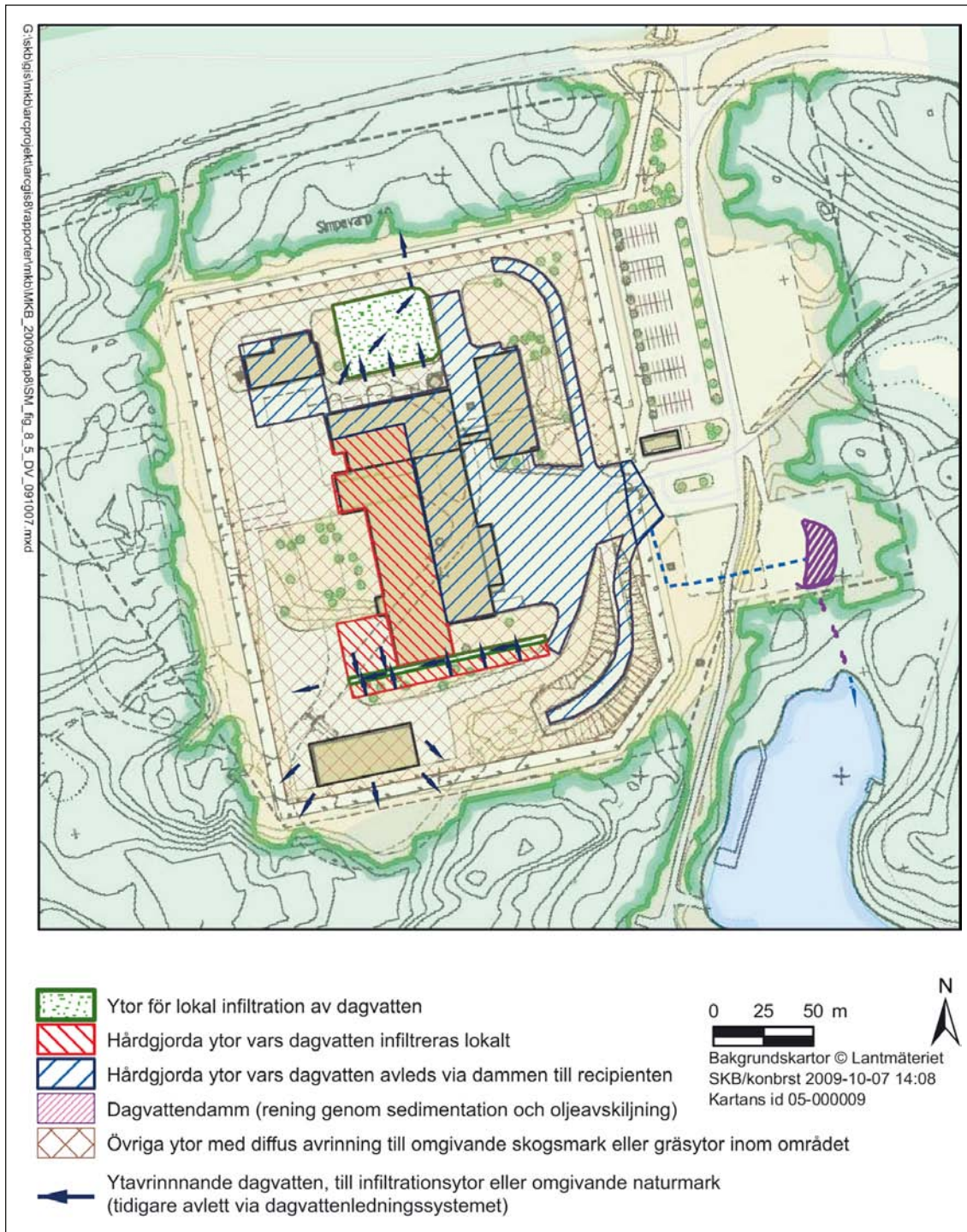
#### **2.4.3 Anläggande av dagvattendamm**

Ett antal åtgärder kommer att genomföras för att förändra och komplettera den befintliga dagvattenhanteringen inom området /Stråe 2009/. Bland annat kommer en större andel av dagvattnet att infiltreras lokalt jämfört med idag. Vidare kommer en ny dagvattendamm att anläggas i anslutning till Clink, för kompletterande flödesutjämning och sedimentering i Clabs befintliga dagvattensystem. Dammen ska omhänderta och rena länshållningsvatten (inklusive inläckande grundvatten) samt det dagvatten som inte omhändertas på annat sätt. Anläggandet av dammen är således en av de åtgärder som planeras för att förbättra dagvattenhanteringen jämfört med dagens situation, där länshållningsvattnet och större delen av dagvattnet från Clab släpps ut direkt i havsviken Herrgloet.

Länshållningsvattnet och delar av dagvattnet kommer att ledas i en ny rörledning 50–60 m österut till en sänka (se figur 2-7). Sänkan omvandlas till en damm genom att kanten höjs. Därigenom däms dess nedströmssida, det vill säga den sida som vetter mot havsviken Herrgloet. Genom dessa åtgärder skapas en damm med en yta på cirka 400 m<sup>2</sup>, vilket är tillräckligt för att omhänderta och rena de aktuella vattenmängderna /Stråe 2009/. Genom att både länshållningsvatten och dagvatten leds till dammen kommer stagnation och syrebrist i dammen att förhindras, vilket ger en god reningseffekt.

Dammens utlopp kommer sannolikt att utformas som en utloppsbrunn med oljeavskiljare. I dagsläget avleds vatten naturligt från sänkan via ett litet dike, som mynnar i Herrgloet (se figur 2-7). Detta dike kommer att användas även fortsättningsvis för dagvattenbortledningen mot Herrgloet. Utloppet i Herrgloet kommer att förläggas längst in i viken. Utloppet utformas som ett översilningsområde, ungefär 100 m från mynningen för befintlig dagvattenledning från Clab.





**Figur 2-7.** Principskiss som visar det planerade dagvattensystemet för Clink. Det rasterade området till höger i bilden visar läget för den planerade dagvattendammen, för kompletterande flödesutjämning och sedimentering i det befintliga dagvattensystemet /Stråe 2009/. Från dammen leds vattnets vidare söderut mot havsviken Herrgloet.



## 3 Vattenverksamhetens hydrogeologiska och hydrologiska effekter

### 3.1 Hydrogeologiska och hydrologiska förhållanden

De hydrogeologiska och hydrologiska förhållandena på Simpevarpshalvön beskrivs i /SKB 2006, 2009/, som sammanfattar den platsundersökning som SKB utförde i Laxemar-Simpevarpsområdet under perioden 2002–2007. Det bör noteras att den slutliga versionen av platsbeskrivningen Laxemar-Simpevarp /SKB 2009/ fokuserar på landområden väster om Simpevarpshalvön. Av denna anledning är delar av nedanstående beskrivning hämtad från en tidigare platsbeskrivande modellversion /SKB 2006/ och tillhörande underlagsrapporter.

Jordlagren i området kring Clab domineras av fyllning och morän. Den största delen av fyllningen består av sprängsten från uppförandet av kärnkraftverket. Simpevarpshalvön karaktäriseras generellt av en stor andel berg i dagen, och jordmaktigheterna i jordtäckta områden är generellt små eller mycket små (som mest någon meter). Havsbotten kring Simpevarpshalvön domineras av morän, delvis överlagrad av leryttja /Sohlenius och Hedenström 2008/.

Enligt /Werner 2008/ är den genomsnittliga årsnederbörden och specifika avrinningen i Laxemar-Simpevarpsområdet ungefär 600 millimeter (mm) respektive 160–170 mm/år (något lägre vid kusten). Det finns inga bäckar på Simpevarpshalvön. Sötvattenmagasinet Sörå är beläget ungefär 600 m norr om Clab. Magasinet utgörs av en invallad havsvik (Söråviken) som i dagsläget används av OKG som reservvattentäkt (branddamm). Magasinet nivå är reglerad genom att OKG under korta perioder varje eller vartannat år pumpar vatten från ett större vattendrag i Laxemarområdet (Laxemarán), i syfte att upprätthålla den tillgängliga reservvattenvolymen /Werner 2008/.

Finkorning dioritoid är den dominerande bergarten på den södra delen av Simpevarpshalvön, där Clab är beläget /Wahlgren et al. 2005/. Den norra delen av halvön domineras av bergarterna Ävrögranit och kvartsmonzodiorit. Inom ramen för platsundersökningen identifierades deformations- och sprickzoner i berget, inklusive zoner med en tolkad längd över en kilometer /Wahlgren et al. 2005, SKB 2006, 2009/. Simpevarpshalvön omgärdas och korsas av ett antal sådana nordöstliga zoner, inklusive zonerna med beteckningarna ZSMNE015A (tolkad längd två kilometer), ZSMNE015B (tolkad längd en kilometer) och ZSMNE930A (tolkad längd 4,2 kilometer). Av dessa är zonen ZSMNE015A belägen i nära anslutning till Clab. Vidare har ett par möjliga deformationszoner (zoner med lägre konfidens) tolkats, med riktningar nord-syd (500 m väster om Clab) samt sydost-nordväst (500 m öster om Clab).

/Rhén et al. 2006a, b/ sammanfattar och tolkar de hydrauliska tester som genomförts i de kärn- och hammarborrhål som borrades på Simpevarpshalvön inom ramen för SKB:s platsundersökning i Laxemar-Simpevarpsområdet. Baserat på dessa tester bedömdes zonen ZSMNE015A ha en låg genomsnittlig vattengenomsläpplighet (i storleksordningen  $10^{-8}$  m/s; meter per sekund). Med vattengenomsläpplighet avses den hydrauliska konduktiviteten, som brukar betecknas K. Inget av de testade borrhålen korsar zonen ZSMNE930A. Denna zon påträffades dock vid bergarbeten i samband med uppförandet av reaktorbyggnaden O3 vid kärnkraftverket. Då inget vattenflöde kunde noteras från zonen till bergkonstruktionerna kan man dra slutsatsen att även denna zon har en låg genomsnittlig vattengenomsläpplighet /SKB 2006/. Testerna och tolkningarna visar vidare på en mycket låg vattengenomsläpplighet i berget mellan zonerna på Simpevarpshalvön, där tester i 5 m-skala gav ett medelvärde för vattengenomsläppligheten i den finkorniga dioritoiden i storleksordningen  $10^{-11}$ – $10^{-10}$  m/s.

Innan platsundersökningen påbörjades, genomfördes lokala, detaljerade undersökningar av berget vid och närmast kring Clab i samband med uppförandet av bergrummen Clab 1 och 2 och tillhörande tunnlar /Eriksson 1982, Fredriksson et al. 2005, Larsson 1995, Moberg et al. 1995, Rhén et al. 1996, Stanfors et al. 1998/. Dessa undersökningar, som bland annat inkluderade kartering av geologiska strukturer och bergarter, sammanfattas i /Curtis et al. 2003, Fredriksson et al. 2005/. Dessa undersökningar gav data med helt andra (men i detta sammanhang användbara) syften än platsundersökningen. Vid de tidigare undersökningarna kring Clab identifierades till exempel geologiska strukturer i direkt anslutning till anläggningen. Man använde delvis annan terminologi gällande till exempel bergarter än den som senare utarbetades inom SKB:s platsundersökning.

Enligt de tidigare undersökningarna förekommer brantstående aplit- och pegmatitgångar vid Clab. Dessa brantstående gångar förekommer även på bergrumsnivå (–20 till –50 m ö h). Undersökningarna visade att berget närmast kring bergrummen har en hög sprickfrekvens, med sprickor orienterade i 3–4 huvudsakliga riktningar och med en sprickfrekvens i storleksordningen 2–6 sprickor per meter /Fredriksson et al. 2005/. Förutom ett antal sprickzoner var många av de sprickor som påträffades under uppförandet av Clab dock inte grundvattenförande. I syfte att minska inläckaget av grundvatten, genomfördes vid uppförandet av Clab 1 bland annat förinjektering av bergrummets tak och väggar, och vid uppförandet av Clab 2 gjordes systematisk förinjektering kring hela bergrummet /Curtis et al. 2003, Fredriksson et al. 2005/.

Hydrauliska tester i borrhål som borrats i Clabs närområde i samband med uppförandet, visade på en relativt hög genomsnittlig vattengenomsläpplighet ( $10^{-6}$ – $10^{-5}$  m/s) i två sprickzoner med nord-sydlig orientering, belägna alldeles väster och öster om Clab. Detta indikerar att effekter på grundvattennivåerna i berg vid grundvattenbortledning från Clab bör vara begränsade till områdena närmast kring Clab.

## **3.2 Observerade hydrogeologiska och hydrologiska effekter vid Clab**

Det planerade bergschaktet kommer enligt avsnitt 2.4.2 att utföras på ett relativt ringa djup (lägsta nivå –8,5 m ö h) och ovan bergrummet Clab 1, som har bergrumsbotten på nivån –50 m ö h. Schaktets omedelbara närhet till befintliga berggrum innebär att erfarenheterna från uppförandet och driften av Clab 1 och Clab 2 utgör det i sammanhanget mest lämpliga underlaget för att kunna förutsäga de hydrogeologiska och hydrologiska effekterna av grundvattenbortledningen från Clink.

/Rhén och Ejdeling 1998/ redovisar kontrollprogrammet för Clab 2, med specifik redovisning för skedena bergarbeten /Aggeryd och Hallberg 1998/, inbyggnader och installationer /Bodén och Hellstadius 2002/ samt för driftskedet /Lundin 2003b/. Mätresultat från dessa kontrollprogram har bland annat redovisats för året 1998 /Larsson 2003/, perioden 1998–2002 /Lundin 2003a/, 1998–2004 /Lundin 2004/ samt 1985–2004 /Lundin 2005/. Här används främst den senare sammanställningen /Lundin 2005/. Detta motiveras av att den även inkluderar mätresultat för perioden 1981–2004, det vill säga den tidsperiod då Clab 1 byggdes, driften av enbart Clab 1, samt uppförandet av Clab 2.

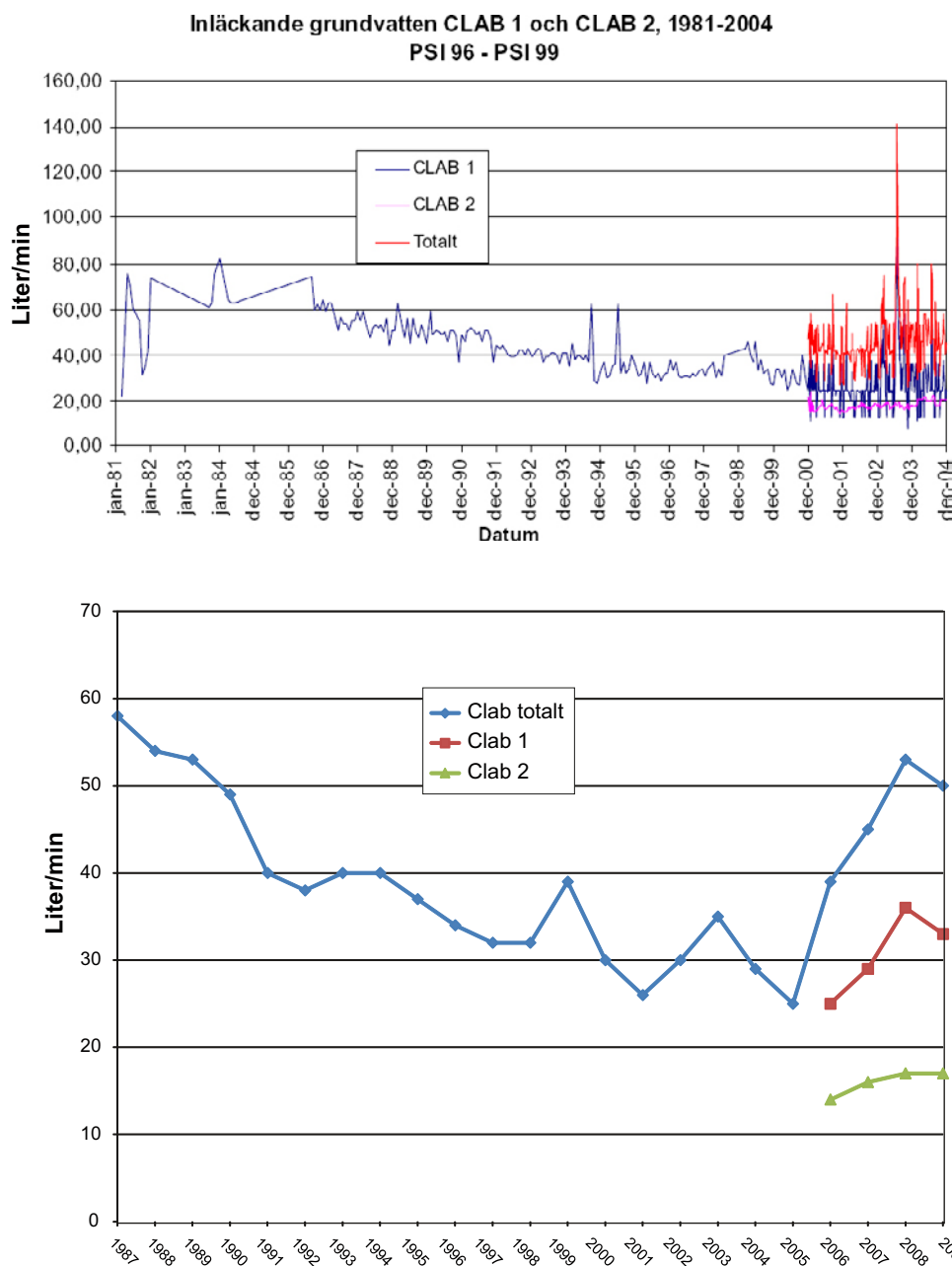
### **3.2.1 Mätningar av inläckage och vattenkemi**

Inläckaget av grundvatten till Clab har under flera år mätts och provtagits i fyra pumpgropar, benämnda A2 (PSI96), A3 (PSI97), C1 (PSI98) och C2 (PSI99). Pumpgroparna A2 och A3 är belägna i bergrummet Clab 1, och C1 och C2 i bergrummet Clab 2. Data avseende inläckaget av grundvatten är i /Lundin 2005/ tillgängliga för perioden 1981–2004 (se den övre bilden i figur 3-1). I /Lundin 2005/ inkluderas inläckaget till Clab 2 från och med december 2000.

I /Rhén et al. 1996/ redovisas resultat från provtagning och vattenkemisk analys som utfördes i Clab 1 under våren 1996. Resultat från provtagning och analys av vatten från de ovannämnda pumpgroparna redovisas i /Lundin 2005/ för perioden 1999–2004. Analysresultat för samlingsprov för uppfördrat vatten finns tillgängliga för perioden 1985–2009 (G:\tx\TXK\Kemilab\_CLAB\Planering och uppföljning\Kemidata\Clab Kemi).

Enligt den övre bilden i figur 3-1 (veckovisa mätningar) var inläckaget som mest ungefär 80 liter per minut (l/min) under uppförandet av Clab 1 (1980–1985). Under driftskedet av Clab 1 har inläckaget successivt avtagit och var 30–40 l/min inför uppförandet av Clab 2 (1999–2004). Bergarbetena för Clab 2 pågick fram till oktober 2000 /Söderberg 2007/. Veckomätningarna i den övre bilden visar på stora variationer av inläckaget till Clab (30–80 l/min, tillfälligtvis upp mot 140 l/min) under perioden 2000–2004. Orsakerna till dessa variationer har inte utretts närmare. Mot slutet av den period som visas i den övre bilden (december 2004) varierade det uppmätta inläckaget till Clab mellan 40–60 l/min.

Den nedre bilden i figur 3-1 visar årsmedelvärden som baseras på totala gångtidsregistreringar för pumparna i Clab under perioden 1987–2009. Denna bild ger en mer samlad bild genom att kort-



**Figur 3-1.** Uppmätt inläckage till Clab. Den övre bilden redovisar resultat från veckovisa mätningar under perioden 1981–2004 /Lundin 2005/ och den undre bilden visar årsmedelvärden utgående från registrering av pumparnas gångtider under perioden 1987–2009 (G:\d\dcd\CKR8\Ronder).

tidsvariationer utjämnas. Även i den nedre bilden kan man notera att inläckaget tycks ha avtagit under driftskedet av Clab 1, från ungefär 60 l/min 1987 till 30–40 l/min inför uppförandet av Clab 2. Under bergarbetena år 1999 ökade pumparnas gångtider. Efter 1999 har enligt gångtiderna inläckaget pendlat mellan 25 och 35 l/min. Gångtidsregistreringen av pumparna i Clab 2 påbörjades 2005-11-20. Gångtiderna på pumparna i Clab ökade under perioden 2006–2009, upp till motsvarande 40–50 l/min för hela anläggningen.

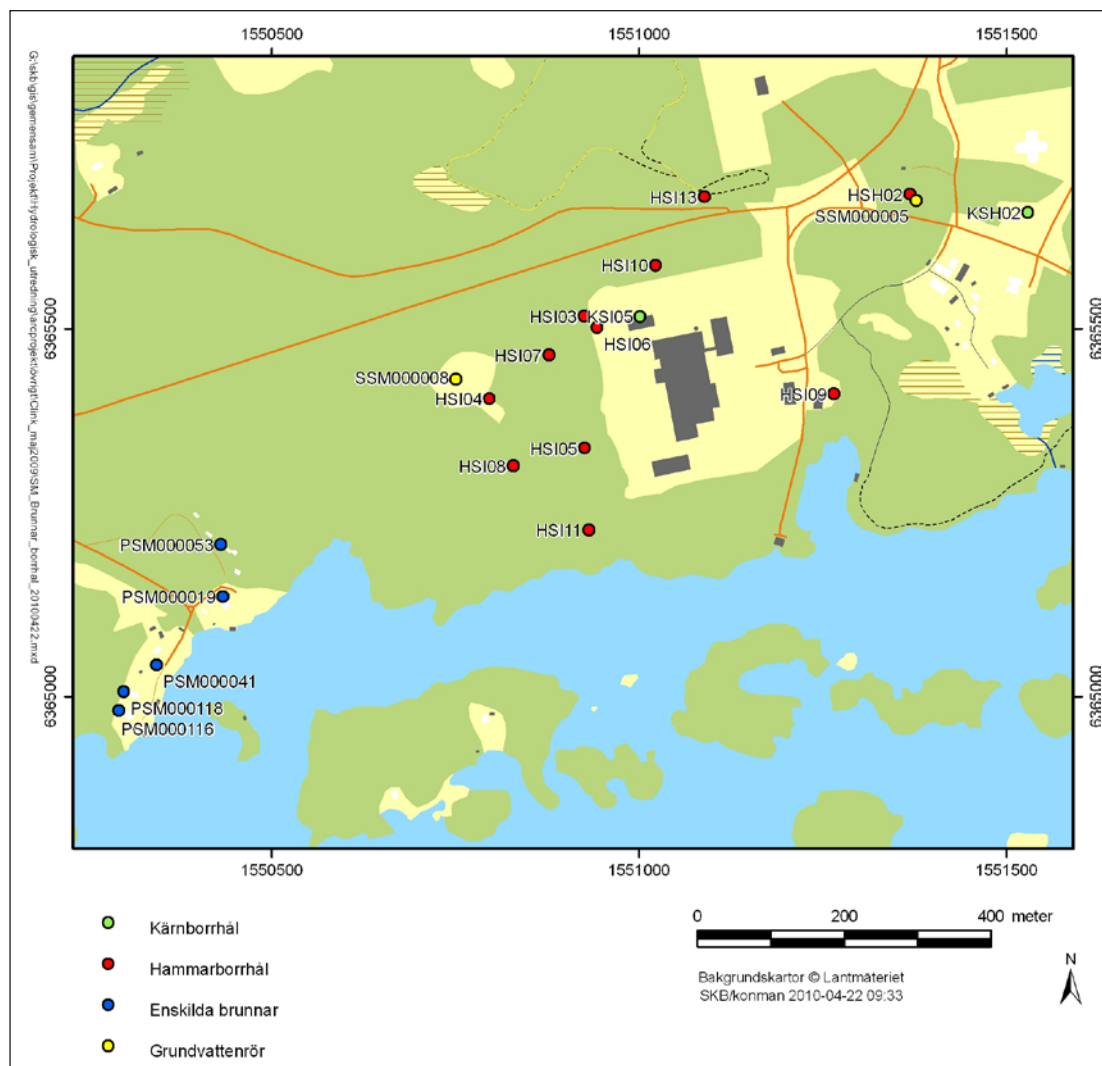
Även i sammanställningen av årsmedelvärdena förefaller pumpningen av vatten från Clab 2 vara relativt konstant (cirka 15 l/min), medan pumpningen från Clab 1 fortsatt att pendla mellan 25 och 35 l/min. Inläckaget ökade från 25 till 35 l/min mellan åren 2006 och 2008, för att därefter avta något under år 2009. Orsakerna till dessa variationer har heller inte utretts närmare. Man kan notera att inläckaget till Clab 1 tycks vara mindre efter det att bergarbetena i Clab 2 avslutades. Detta kan tolkas som en ”interferens” från Clab 2, det vill säga att inläckaget till Clab 2 delvis kompenseras av ett minskat inläckage till Clab 1.

I samrådsversionen av denna rapport fanns endast preliminära inläckagedata tillgängliga för perioden 2006–2008. Dessa preliminära data tydde på en stor ökning av inläckaget till Clab 1 under denna period. Den efterföljande utredningen har visat att en av pumparna i Clab 1 hade nedsatt kapacitet under perioden december 2007–maj 2009, vilket gav ett pumpflöde som var lägre än det nominella. I den nedre bilden i figur 3-1 har data korrigerats utifrån vad som nu är känt om det verkliga pumpflödet från Clab 1 under perioden, med ett bedömt osäkerhetsintervall på  $\pm 2$  l/min för år 2008 och  $\pm 1$  l/min för år 2009 (G:\d\dc\CKR8\Ronder).

Vattenkemiska data /Lundin 2005, Rhén et al. 1996/ visar bland annat kloridhalter på några hundratal mg/l i det inläckande grundvattnet. /Rhén et al. 1996/ tolkade den höga kloridhalten som att det inläckande grundvattnet delvis består av havsvatten alternativt relict bräckvatten.

### 3.2.2 Mätningar av grundvattennivå och grundvattenkemi

Bilaga 1 redovisar omfattningen på de data som finns tillgängliga för perioden 1998 och framåt avseende grundvattennivå och grundvattenkemi i borrhål i berg, i grundvattenrör samt i enskilda brunnar i Clabs omgivning. Borrhålens, grundvattenrörens och brunnarnas lägen visas i figur 3-2. De data som redovisas i detta avsnitt har inhämtats från kontrollprogrammet för Clab /Lundin 2005/ samt från SKB:s databas Sicada /Werner et al. 2008/. De data som finns i Sicada är kvalitetskontrollerade



**Figur 3-2.** Översiktsskarta med de borrhål, grundvattenrör och enskilda brunnar som listas i tabell B1-1 i bilaga 1. Borrhålet som numera heter HSI12 (bilaga 1) anges i SKB:s GIS-databas (och därmed i kartan) med den ursprungliga beteckningen KSI05. HSI12 och KSI05 är således olika beteckningar för samma borrhål.

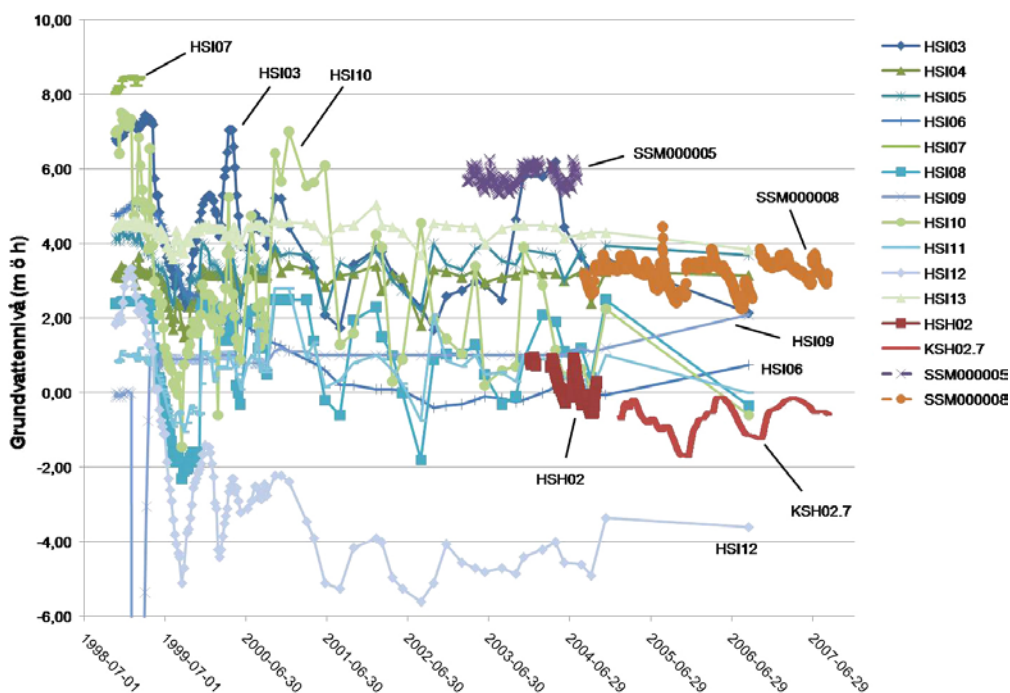
enligt SKB:s rutiner (se till exempel /Werner et al. 2008/). De data som inhämtats från Clabs kontrollprogram (G:\d\dc\Gemensam\Mätningar av berg och bassängrörelser samt besiktningar enl 8-D2.5.39\4 Mätning av grundvattennivåer) är kvalitetskontrollerade enligt de rutiner som gäller för Clab.

Figur 3-3 visar tidsserier med grundvattennivådata från de borrhål och grundvattenrör som är belägna närmast Clab. Detta innebär att nivådata för de enskilda brunnarna inte visas i figuren. Nivådata återges för perioden 1998–2007, till och med ”datafrysen” för grundvattennivådata i den slutliga versionen av platsbeskrivningen Laxemar-Simpevarp /Werner et al. 2008/. Nivådata för perioden 2008–2009 kommenteras längre fram i detta avsnitt.

I figur 3-3 ingår inte de enstaka grundvattennivåmätningar som utfördes våren 1998 /Rhén et al. 1998/. Dessa mätningar uppvisade dock motsvarande grundvattennivåer som de mätningar som gjordes under hösten 1998 (och som är medtagna i figur 3-3). Undantaget från detta är borrhålet HSI11, som våren 1998 uppvisade en grundvattennivå som var 1–2 m högre än vid de fortsatta mätningarna från hösten 1998 och framåt.

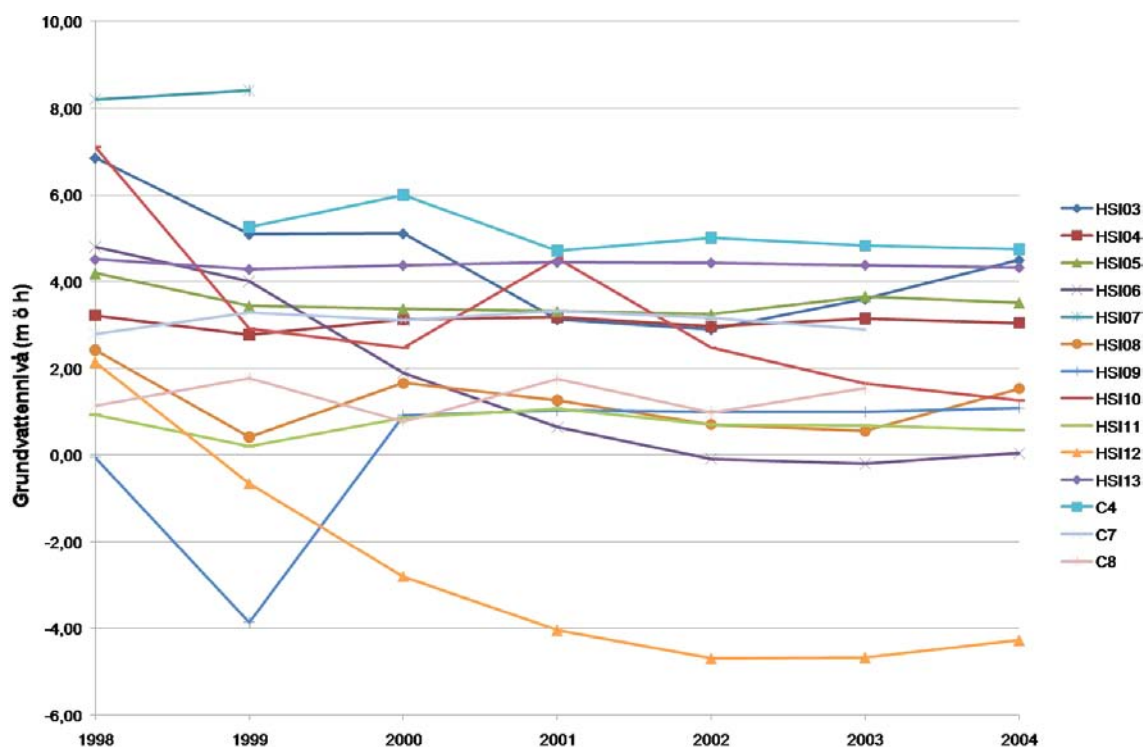
Med undantag för tillfälliga låga nivåer i borrhål HSI09 i början av 1999 varierar den uppmätta grundvattennivån i berg under perioden mellan ungefär –5 m ö h (lägsta värde i borrhål HSI12) och 7 m ö h (högsta värde i borrhålen HSI03 och HSI10). Grundvattennivån i jord är på nivån 4–6 m ö h vilket generellt är högre än grundvattennivån i berg och därmed indikerar grundvattenströmning från jord till berg. Bergborrhålet HSH02 är beläget nära grundvattenröret SSM000005, som är installerat i jord. Man kan då notera att grundvattennivån i SSM000005 är högre än i den översta mätsektionen i borrhålet HSH02, vilket också indikerar grundvattenströmning från jord till berg. Grundvattenröret SSM000008 har tidigare varit felaktigt inmätt, vilket innebär att grundvattennivån i SSM000008 i verkligheten är cirka 0,5 m högre /Werner et al. 2008/ än vad som återges i figur 3-3.

Även om vissa trender kan urskiljas i figur 3-3, är det svårt att identifiera eventuella hydrogeologiska effekter av uppförandet av Clab 2 och driften av Clab 1 och 2. I syfte att tydliggöra detta, återger figur 3-4 årsmedelvärden för uppmätta grundvattennivåer i de borrhål som är belägna närmast Clab (HSI-borrhålen) samt i de enskilda brunnarna C4, C7 och C8 (G:\t\tx\TXK\Kemilab\_CLAB\Planering och uppföljning\Kemidata\Clab Kemi\Nivå och analys brunnar i Åkvik). Data finns från enbart två mätillfällen från brunn C5, och data saknas helt från brunn C6. Figur 3-4 omfattar perioden 1998–2004, eftersom data saknas för flesta HSI-borrhålen för år 2005 och endast en mätning genomfördes under år 2006 (se bilaga 1). Nivådata för perioden 2007–2009 kommenteras längre fram i detta avsnitt.



**Figur 3-3.** Uppmätta grundvattennivåer i borrhål i berg samt grundvattenrör i jord på Simpevarpshalvön kring Clab under perioden 1998–2007.





Figur 3-4. Årsmedelvärden på uppmätta grundvattennivåer i borrhål i berg samt i enskilda brunnar kring Clab under perioden 1998–2004.

De tydligaste förändringarna som kan urskiljas i figur 3-4 är att årsmedelvärdet av grundvattennivån i borrhålet HSI12 (KSI05 i kartan i figur 3-2) har sjunkit från ungefär 2 m ö h till -4 m ö h mellan åren 1998 och 2004. En trend med sjunkande grundvattennivå kan även noteras för borrhålet HSI06 och HSI10. Grundvattennivån i borrhålet HSI03 har tidigare uppvisat en sjunkande trend, men verkar ha återhämtat sig sedan 2001. Några tydliga trender avseende grundvattennivån kan inte noteras för de enskilda brunnarna C4, C7 och C8.

Äldre grundvattennivåmätningar från 1978–1979 respektive 1984–1994 visar på ostörda grundvattennivåer i berg (uppmätta i de äldre borrhålen KSI01–11) som var 4–10 m ö h respektive -1 till 7 m ö h /Rhén et al. 1996, Stanfors et al. 1995/. De borrhål som mättes 1984–1994 är med ett undantag dock inte samma borrhål som mättes under perioden 1978–1979. Borrhål HSI12 (se bilaga 1) som mättes 1984–1994 mättes dock även 1978–1979. En jämförelse mellan dessa två mätperioder indikerar en sänkning av grundvattennivån i borrhålet på cirka 9 m (från 10 till 1 m ö h) mellan åren 1978–1994. I övrigt kan alltså inga jämförelser göras eftersom de andra KSI-borrhålen togs bort i samband med att Clab 1 uppfördes.

Baserat på ovanstående sammanställning kan det konstateras att den tydligaste effekten av grundvattenbortledningen från Clab på grundvattennivåerna i berg kan observeras i borrhålet HSI12. Grundvattennivån i det borrhålet verkar ha sjunkit, dels som en följd av uppförandet av Clab 2 (1999–2004), dels tidigare som en följd av uppförandet av Clab 1. De borrhål som uppvisar en mer eller mindre tydlig förändring av grundvattennivån under de beaktade åren (HSI03, HSI06, HSI10 och HSI12) är samtliga belägna strax norr om Clab.

Enligt de grundvattenkemiska analyserna /Lundin 2005/ är kloridhalten i de borrhål som provtagits (HSI04, HSI09, HSI10 och HSI11) generellt lägre än kloridhalten i det grundvatten som läcker in till Clab. /Rhén et al. 1996/ gjorde bedömningen att inläckaget till Clab 1 och 2 troligen genererar ett visst flöde av havsvatten till berg, främst från områden söder och öster om Clab på grund av de lokala geologiska förutsättningarna i dessa områden. De vattenkemiska data som redovisas i /Lundin 2005/ visar på en något högre kloridhalt i borrhålet HSI09 (beläget öster om Clab), jämfört med övriga provtagna borrhål (HSI04, HSI10 och HSI11). Den uppmätta grundvattennivån i borrhålet HSI09 uppvisar enligt figur 3-4 inte någon sjunkande trend efter uppförandet av Clab 1 och 2.

Det omvända kan noteras för borrhål HSI10 (beläget strax norr om Clab), som dels uppvisar en trend med sjunkande grundvattennivå sedan 2001, dels har en låg kloridhalt. Baserat på de bedömningsgrunder som anges i /Naturvårdsverket 1999/ kan kloridhalten i de enskilda brunnarna klassificeras som låg till måttlig (brunn C4), hög (brunn C5), hög till mycket hög (brunn C6), mycket hög (brunn C7) respektive måttlig (brunn C8).

Enligt avsnitt 2.4.2 kommer den djupaste delen av det bergschakt som behövs för inkapslingsanläggningen att vara på nivå  $-8,5$  m ö h. Givet de grundvattennivåmätningar som redovisats ovan kan det inte uteslutas att detta bergschakt delvis kommer att utföras under grundvattenytan. Det bör observeras att det saknas borrhål och därmed grundvattennivådata för det specifika område som berörs av det planerade bergschaktet.

Ovanstående sammanställning omfattar data till och med år 2004 (figur 3-4) respektive år 2007 (figur 3-3). Nedan ges en kort sammanfattning av tillgängliga resultat från de grundvattennivåmätningar och grundvattenkemiska analyser som genomförts till och med år 2009.

- HSI-borrhålen: Manuella nivåmätningar görs fortsättningsvis vartannat år. I mitten av 2009 gjordes nivåmätningar, som i jämförelse med de årsmedelvärden som återges i figur 3-4 visar på en högre grundvattennivå i borrhålen HSI03, -06, -08, -09, -11 och -12 (G:\d\dc\Gemensam\Mätningar av berg och bassängrörelser samt besiktningar enl 8-D2.5.39\4 Mätning av grundvattennivåer). För övriga borrhål kan inga större förändringar noteras i jämförelse med årsmedelvärdena 1998–2005. För närvarande görs ingen grundvattenkemisk provtagning i HSI-borrhålen (Jörgen Lundsten, SKB, pers. komm. 2010).
- Borrhålen HSI04 och HSI13: I dessa borrhål fortsätter nivåmätningar med automatisk tryckgivare/logger. Nivådata till och med september 2009 /Nyberg och Wass 2008, 2009/ visar inte på några större förändringar i jämförelse med nivådata för perioden 1998–2007 (figur 3-3).
- Enskilda brunnar: Manuella nivåmätningar och mätning av elektrisk konduktivitet görs även fortsättningsvis sex gånger per år i brunnarna C4, C7 och C8 inom ramen för Clabs egenkontrollprogram /SKBdoc 1063638/. Utifrån figur 3-4 kan inte några tydliga nivåtrender noteras för dessa brunnar för perioden 1998–2004, och några trender kan heller inte noteras från de fortsatta nivåmätningarna 2005–2009 (G:\t\tx\TXK\Kemilab\_CLAB\Planering och uppföljning\Kemidata\Clab Kemi\Nivå och analys brunnar i Åkvik).

### 3.3 Clink: Bedömning av hydrogeologiska och hydrologiska effekter

Tillgängliga grundvattennivådata indikerar att grundvattenbortledningen från bergrummen Clab 1 och 2 har gett upphov till en sänkt grundvattennivå i några borrhål i berg som är belägna i omedelbar anslutning till Clab. Baserat på detta görs i de nedanstående avsnitten en bedömning av tillkommande hydrogeologiska effekter som kan förväntas uppstå vid uppförandet av inkapslingsanläggningen och driften av Clink.

#### 3.3.1 Inläckage av grundvatten

Det kan inte uteslutas att det planerade bergschaktet kommer att utföras under grundvattenytan, vilket skulle innebära att grundvatten kommer att läcka in till schaktet. Inför uppförandet av Clab 2 bedömdes att inläckaget under uppförandeskedet skulle öka med 50 procent (%) jämfört med Clab 1-driften /Rhén et al. 1996/. Det totala inläckaget (Clab 1 och Clab 2) bedömdes bli cirka 25 % större (50 l/min jämfört med Clab 1. Inför uppförandet av Clab 2 var inläckaget 30–40 l/min (avsnitt 3.2.1), vilket skulle ge totalt 45–60 l/min under Clab 2-uppförandet och 40–50 l/min under den efterföljande driften. Enligt avsnitt 3.2.1 är det totala inläckaget i dagsläget 40–50 l/min till hela anläggningen, vilket är i god överensstämmelse med de tidigare prognoserna.

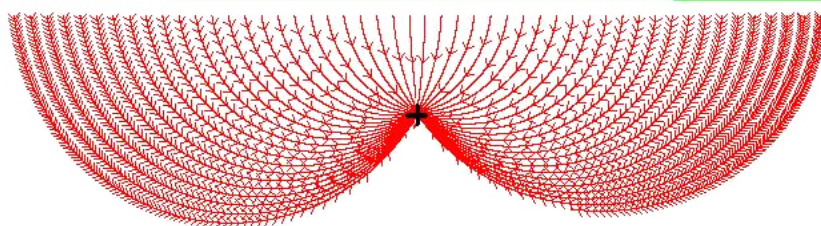
Det nu planerade bergschaktet kommer att omfatta en volym på  $11\,000\text{ m}^3$  och en yta på  $900\text{ m}^2$ , vilket ska jämföras med befintliga bergrum som omfattar en sammanlagd bergrumsvolym på  $136\,000\text{ m}^3$  och en sammanlagd yta på  $5\,000\text{ m}^2$ . Detta innebär att bergschaktet motsvarar en ökning av undermarksanläggningens volym och area med cirka 10 % respektive 20 %. Utifrån samma resonemang som fördes i /Rhén et al. 1996/, skulle detta innebära en ökning av inläckaget med ungefär 10 % under driftskedet av Clink, jämfört med befintligt inläckage till Clab.



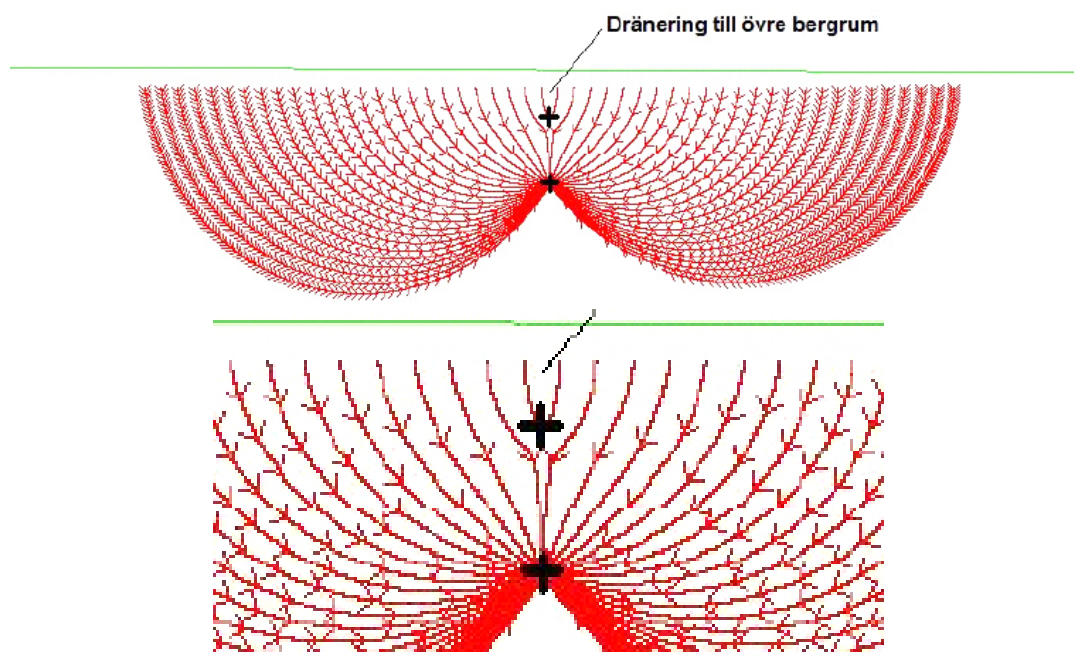
Andra viktiga faktorer i sammanhanget är att grundvattenbortledningen från befintliga bergrum tycks ha gett upphov till en sänkning av grundvattennivåerna i berg kring anläggningen (se avsnitt 3.2.2), samt att det planerade bergschaktet kommer att förläggas relativt ytligt. Ur hydrogeologisk synpunkt innebär detta att ett inläckage av grundvatten till det planerade bergschaktet delvis kan komma att kompenseras av ett något minskat inläckage till de befintliga bergrummen. Denna princip illustreras i figurerna 3-5 och 3-6. Figur 3-5 visar grundvattnets flödesbanor i ett vertikalt 2D-snitt, från en fasthållen grundvattennivå ner till ett bergrum under mark. I figur 3-6 visas motsvarande flödesbanor, i en situation där ett mindre bergrum förlagts ovan det bergrum som visas i figur 3-5. I figurerna markeras bergrummens djuplägen med svarta kors.

Figur 3-6 visar att grundvattenflödet direkt ovan de två bergrummen är riktad mot det övre bergrummet, vilket därmed leder till en viss minskning av inläckaget till det undre bergrummet. I det visade exemplet minskar inläckaget till det undre bergrummet med cirka 5 % trots att det totala inläckaget till de båda bergrummen ökar med 10 %. Det bör observeras att figurerna syftar till att illustrera en i sammanhanget viktig princip och inte att återskapa situationen vid Clab och Clink; figurerna beskriver en förenklad flödessituation. Bland annat används en fasthållen grundvattennivå, vilket kan innebära en överskattning av inläckaget och ökningen av det totala inläckaget.

Sammanfattningsvis är det tänkbart att inläckaget under driftskedet av Clink kan bli i storleksordningen 5–10 % högre jämfört med dagens inläckage till Clab. Inläckaget under uppförandeskedet (med en total längd på 5–6 år) kan tänkas bli ytterligare något högre innan bergschaktet injekterats.



**Figur 3-5.** Principvisualisering i ett 2D-snitt av grundvattnets flödesbanor till ett bergrum. Bergrummets djupläge markeras med ett svart kors.



**Figur 3-6.** Principvisualisering i ett 2D-snitt av grundvattnets flödesbanor till ett bergrum som är förlagt ovan det bergrum som visas i figur 3-5. Bergrummens djuplägen markeras med svarta kors. Den nedre bilden visar en förstoring av området kring bergrummen.

### 3.3.2 Sänkning av grundvattennivåer i berg

Givet det planerade bergschaktets volym, läge i förhållande till befintliga bergtrum samt den begränsade ökningen av inläckaget (avsnitt 3.3.1), är det rimligt att anta att uppförandet av inkapslingsanläggningen och driften av Clink endast kommer att medföra mycket små och lokala effekter på grundvattennivåerna i berget. Med lokala effekter menas att tillkommande förändringar av grundvattennivåerna endast kommer att uppstå i direkt anslutning till anläggningen.

### 3.3.3 Uppfyllnad av bergtrum och återhämtning av grundvattennivåer

I samband med avvecklingen av Clink kommer länshållningspumparna i anläggningens undermarksutrymmen att stängas av och grundvattenbortledningen upphör. Efter detta kommer samtliga undermarksutrymmen successivt att fyllas med inläckande grundvatten. I takt med att undermarksutrymmena vattenfylls kommer det att ske en återhämtning av grundvattennivåerna i berget närmast anläggningen. I detta avsnitt görs en bedömning av hur lång tid det kommer att ta för undermarksutrymmena att fyllas med vatten. Detta syftar i sin tur till att erhålla ett mått på hur lång tid det tar efter det att grundvattenbortledningen upphört innan grundvattennivåerna återhämtat sig till ostörda förhållanden. Bedömningarna fokuserar på uppfyllnaden av bergtrummen Clab 1 och Clab 2, eftersom dessa är de volymmässigt största undermarksutrymmena inom anläggningen.

I dagsläget, då bergtrummen hålls dränerade genom länspumpning, är inläckaget av grundvatten ungefär 40 l/min, vilket motsvarar ungefär 58 m<sup>3</sup>/dygn. Med en total bergtrumsvolym på 136 000 m<sup>3</sup>, skulle ett konstant inläckage på 58 m<sup>3</sup>/dygn innebära att det tar sex och ett halvt år att vattenfylla de två bergtrummen. Ett tänkbart avvecklingsscenario är att återfylla bergtrum och andra undermarksutrymmen med friklassat rivningsavfall och/eller bergkross /Hallberg och Eriksson 2008/. Om en sådan återfyllnad genomförs och detta material schablonmässigt antas ha en porositet på 30 % kommer det att ta ungefär två år att vattenfylla bergtrummen.

Den verkliga vattenfyllnadsprocessen är dock mer komplicerad än vad som skisseras ovan. Detta beror dels på själva uppfyllnaden av bergtrummen och dels på återhämtningen av grundvattennivåerna i berget närmast anläggningen. Dessa två processer innebär att den hydrauliska gradienten in mot bergtrummen förändras med tiden. Den första processen (uppfyllnad av bergtrummen) medför att den hydrauliska gradienten in mot bergtrummen och därmed inläckaget minskar med tiden. Den andra processen (återhämtning av grundvattennivåerna kring anläggningen) har motsatt effekt. I det aktuella fallet är det därför viktigast att studera inverkan av själva uppfyllnaden av bergtrummen, eftersom uppfyllnaden tar längre tid än vad som kan förväntas om denna process inte beaktas.

I bilaga 2 beskrivs en enkel modell som satts upp för att kunna bedöma den tid det tar att vattenfylla bergtrummen Clab 1 och Clab 2. Modellen tar hänsyn till återkopplingen mellan inläckaget och bergtrummens uppfyllnadsgrad. Tabell 3-1 visar modellberäkning av inläckage till ett bergtrum vid olika uppfyllnadsgrader. Inläckaget till det dränerade bergtrummet (uppfyllnadsgrad 0 %) är samma som det totala inläckaget till Clab 1 och Clab 2. Eftersom beräkningar utförts för ett begränsat antal uppfyllnadsgrader, har successivt medelvärde av inläckaget vid två uppfyllnadsgrader använts för de mellanliggande perioderna.

Tabellen anger även den ackumulerade tiden för uppfyllnad av de olika delarna av bergtrummet. Som nämnts tidigare har bergtrummet i beräkningsexemplet samma volym som den totala volymen av Clab 1 och Clab 2 (136 000 m<sup>3</sup>). För att kunna göra beräkningarna måste vissa antaganden göras vad gäller den hydrauliska nivån i det omgivande berget. I tabell 3-1 antas hydrostatiska förhållanden råda i berget kring bergtrummet. Detta innebär att den hydrauliska nivån på nivån Z i berget antas vara lika med höjden på vattenpelaren ( $h_{vp-berg}$ ) mellan nivån Z och vattenpelarens topp. Vattenpelarens topp antas vara belägen vid  $Z = 0$ . Notera att tak och botten för det bergtrum som visas i figuren i bilaga 2 är belägna på samma nivåer som Clab 1 och Clab 2.

**Tabell 3-1. Beräknade inläckage vid olika uppfyllnadsgrader för ett bergtrum, med motsvarande mått som Clab 1 och Clab 2.**

| Uppfyllnadsgrad (%) | Inläckage (m <sup>3</sup> /dygn) | Tid för uppfyllnad (år) |
|---------------------|----------------------------------|-------------------------|
| 0                   | 57,6                             | 0                       |
| 25                  | 56,2                             | 1,6                     |
| 50                  | 52,5                             | 3,4                     |
| 75                  | 45,0                             | 5,3                     |
| 100                 | 34,6                             | 7,6                     |

Enligt beräkningsresultaten i tabell 3-1 ger ett successivt minskande inläckage ökade tider för att fylla upp lika stora andelar av bergtrummet. Bergtrummet uppfyllnadsgrad är 25 % efter ett och ett halvt år, medan det tar drygt två år att fylla upp den sista fjärdedelen av bergtrummet. Enligt beräkningarna tar hela uppfyllnaden ungefär sju och ett halvt år, vilket alltså är längre tid än om man antar ett konstant inläckage under hela uppfyllnaden. I anslutning till tabell 3-1 bör det noteras att grundvattenflödet in mot bergtrummet kommer att fortsätta, ända tills den hydrauliska nivån i bergtrummet motsvarar den hydrauliska nivån i det omgivande berget. Detta är inte samma sak som att bergtrummet är fyllt med vatten (uppfyllnadsgrad 100 %).

Vad gäller den hydrauliska nivån i det omgivande berget kan man som ett alternativ till ovanstående beräkning använda  $H_{\text{berg}}$  på nivån  $Z = -35$  m (det vill säga halva bergtrummet nivå i exemplet) för berget kring hela bergtrummet. I detta fall erhålls en tid för total uppfyllnad på ungefär åtta år. Om man istället använder den lägsta uppmätta grundvattennivån kring Clab (-5 m ö h; se avsnitt 3.2.2) för  $H_{\text{berg}}$  kring hela bergtrummet (det vill säga,  $H_{\text{berg}} = 30$  m), erhålls en total uppfyllnadstid på ungefär åtta och ett halvt år. Generellt gäller alltså att enligt modellen ger uppfyllnaden i sig större successiva förändringar av inläckaget, då grundvattennivåerna i det omgivande berget är lägre.

Sammantaget kan man alltså dra slutsatsen att Clab 1 och Clab 2 kommer att fyllas upp inom i storleksordningen 6–9 år efter det att länshållningen upphört. Det bör återigen poängteras att uppfyllnaden kommer att ta kortare tid om bergtrummen återfylls. Den här beräknade uppfyllnadstiden är i överensstämmelse med en tidigare bedömning /Lindstrand och Norén 2006/, enligt vilken tidsperioden anges till mindre än tio år efter det att länshållningen upphört. I detta ingår dock även en återhämtning av grundvattennivåerna i berg. Återkopplingen mellan inläckaget till ett bergtrum och grundvattennivåerna i det omgivande berget innebär att i takt med att bergtrummet fylls med vatten och inläckaget minskar sker en återhämtning av grundvattennivåerna i berget kring bergtrummet. Återhämtningen pågår därmed parallellt med att bergtrummet fylls med vatten.

### 3.4 Inverkan av framtida havsnivåhöjning

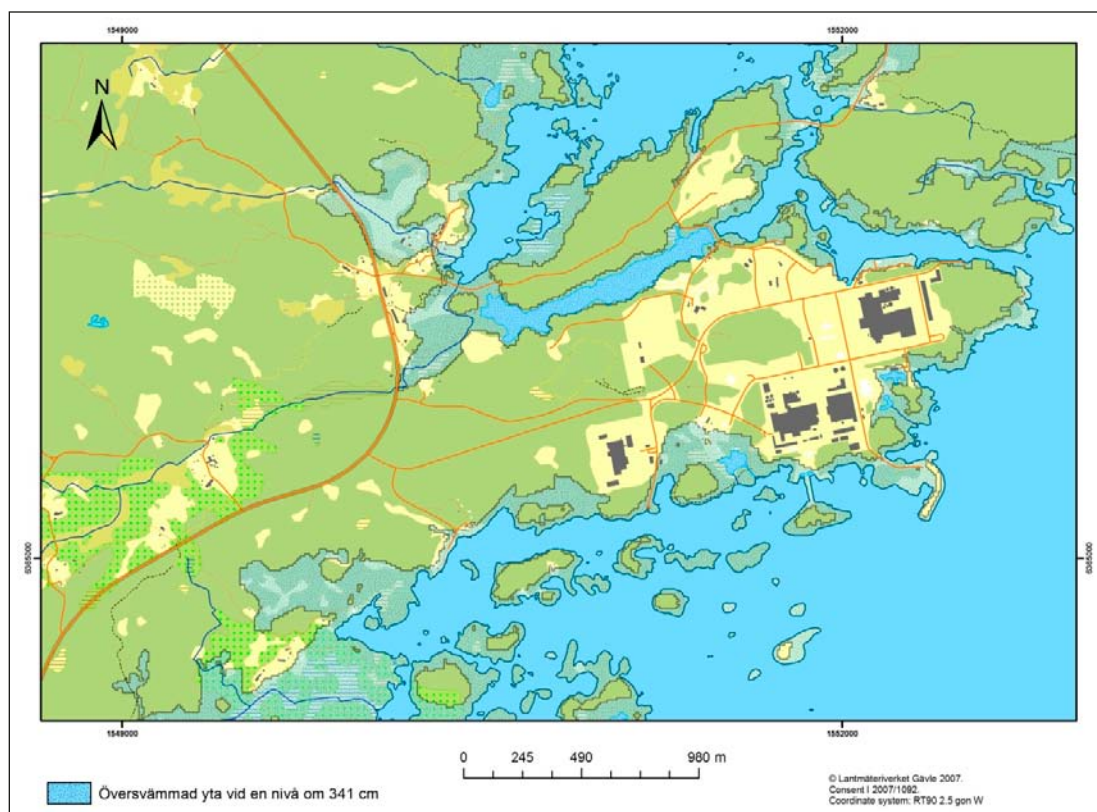
Klimatförändringar och global uppvärmning i kombination med andra faktorer kan orsaka en framtida höjning av havsnivån. Dels kan havets medelnivå höjas, dels kan förändringar ske av amplituden och återkomsttiden för kortvariga havsnivåvariationer, orsakade av bland annat lufttryck och vindar. Clinks kustnära läge motiverar en bedömning av inverkan av sådana havsnivåförändringar på bortledandet av grundvatten från Clink, uttaget av kylvatten från havet samt den planerade dagvattendammen.

Framtida förändringar av havsnivån är en öppen forskningsfråga, och prognoser av framtida havsnivåer är behäftade med stora osäkerheter. /Brydsten et al. 2009/ redovisar scenarier från tre olika forskargrupper avseende den globala eustasin (förändringar av den globala havsnivån) fram till år 2100 /IPCC 2007, Pfeffer et al. 2008, Rahmstorf 2007/. För det snabbaste scenariet enligt /Rahmstorf 2007/ uppgår den globala eustasin fram till år 2100 till 1,38 m ö h. Med hänsyn till den lokala isostasin (den lokala landhöjningen) på 1 mm per år erhålls för detta scenario en höjning på 1,15 m av strandlinjens medelnivå vid Laxemar-Simpevarp fram till år 2100. Övriga beaktade eustasiscenarier ger på motsvarande sätt en strandlinje på nivåerna 0,36 m /IPCC 2007/ respektive 1,77 m /Pfeffer et al. 2008/.

Kortvariga, extrema havsnivåer innebär främst ett problem genom att de kan ge upphov till översvämningar av kustnära områden. För 100-årsperioden 2050–2150 redovisar /Brydsten et al. 2009/ kortvariga extrema havsnivåer i intervallet 2,00 till 3,41 m, baserat på data från de ovan nämnda forskargrupperna. I översiktskartan i Figur 3-7 visas strandlinjen vid Laxemar-Simpevarp vid en havsnivå på 3,41 m, vilket alltså är den högsta amplituden för kortvariga havsnivåvariationer som redovisas. Enligt kartan innebär området förhållandevis branta stränder att även en havsnivå på 3,41 m skulle orsaka endast små översvämmade områden längs Simpevarps halvöns kust.

Vad gäller bortledning av grundvatten skulle en höjning av havets medelnivå kunna leda till en ökning av inläckaget av grundvatten. Kortvariga havsnivåvariationer har sannolikt liten betydelse för inläckaget. Det skulle inte ske någon inträngning av havsvatten via tillfartstunneln till Clinks undermarksdelar, även vid en extrem kortvarig havsnivå på 3,41 m. En jämförelse med figur 2-5 visar att området där intagsbyggnaden för kylvatten i dagsläget är placerad skulle vara översvämmat vid en havsnivå på 3,41 m. Vidare visar en jämförelse med figur 2-7 att det område där dagvattendammen ska placeras skulle bli översvämmat vid en havsnivå på 3,41 m.

Baserat på ovanstående är således bedömningen att en höjning av havets nivå inte skulle ha någon betydande inverkan vad gäller grundvattenbortledningen från Clink. Däremot kan en framtida höjning av havets medelnivå och/eller stor amplitud för kortvariga havsnivåvariationer innebära att kylvattenintaget och den nu planerade dagvattendammen tillfälligt hamnar under havsnivån.



**Figur 3-7.** Översiktskarta som visar översvämmade områden vid en havsnivå på 3,41 m ö h /Brydsten et al. 2009/.



## 4 Bedömning av vattenverksamhetens konsekvenser

### 4.1 Bortledning av grundvatten

Givet avståndet till befintliga enskilda brunnar och att bortledningen av grundvatten från anläggningen endast bedöms orsaka små och lokala effekter på grundvattennivån i berg, kommer även den fortsatta grundvattenbortledningen sannolikt inte att medföra några negativa konsekvenser för de enskilda brunnar som identifierats. I samband med tidigare undersökningar har två sprickzoner med nord-sydlig orientering identifierats nära Clab, väster och öster om anläggningen. Det kan då förmodas att dessa zoner västerut och österut begränsar påverkansområdet för en sänkning av grundvattennivåerna i berg vid bortledning av grundvatten från Clab /Rhén et al. 1998/. I närområdet finns heller inga värdefulla naturmiljöer som är känsliga för en grundvattenavsänkning /Hamrén och Collinder 2010/.

### 4.2 Uttag av kylvatten från havet

Kylvattenintagen till Clab respektive Oskarshamns kärnkraftverk är belägna på södra sidan av Simpevarpshalvön. Clabs kylvattenintag är grunt och inflödes hastigheten är relativt liten. Enligt erfarenheterna från driften kan man några gånger per år finna en del fisk som fastnat i kylvattenintaget. Fiskförlusterna i Clabs kylvattenintag kan därmed betraktas som små. I sammanhanget kan det nämnas att motsvarande erfarenheter visar på större fiskförluster i kylvattenintagen till reaktorerna O1 och O2 vid kärnkraftverket /Ehlin et al. 2009/. Under perioden 2009–2011 kommer det att anläggas ett djupvattenintag för kylvattnet till dessa reaktorer, cirka 600 m från strandlinjen. Reaktor O3 har redan i dagsläget små fiskförluster i sitt djupvattenintag, beläget på 18 m djup och 450 m från strandlinjen på södra sidan av Simpevarpshalvön.

Som nämnts tidigare (avsnitt 2.3.2) släpps kylvatten från Clab ut i Hamnefjärden tillsammans med kylvatten från reaktorerna O1–O3 vid Oskarshamns kärnkraftverk. OKG har tillstånd till ett kylvattenuttag på 120 m<sup>3</sup> per sekund. De senaste åren har uttaget i medel varit ungefär 100 m<sup>3</sup> per sekund /Wahlman et al. 2006/, motsvarande 500 gånger Clabs kylvattenuttag. Om man utgår från de gällande tillstånden för respektive anläggning är motsvarande kvot 200. Temperaturskillnaden mellan kärnkraftverkets in- och utgående kylvatten är i genomsnitt 11 °C /Ehlin et al. 2009, Franzén 2008/, vilket kan jämföras med Clabs temperaturskillnad på 7 °C. Sett till värmeeffekten (kylvattenflöde gånger temperaturskillnad) är kärnkraftverkets utsläppta värmeeffekt i storleksordningen 300–800 gånger större än Clabs. Omvänt motsvarar värmeeffekten i Clabs kylvattenutsläpp 0,1–0,3 % av kärnkraftverkets.

I nuläget (2009) är den installerade termiska effekten 6 475 MW i de tre reaktorerna O1–O3 /Ehlin et al. 2009/. Med tumregeln två tredjedelars bortkyld effekt motsvarar detta en värmeeffekt på ungefär 4 300 MW. Med en typisk utnyttjandegrad på 90 % /Svensk Energi 2008/ motsvarar kylvattenutsläppet från kärnkraftverket cirka 34 000 000 MWh värmeenergi per år. Detta kan jämföras med Clabs kylvattenutsläpp som motsvarar cirka 50 000 MWh värmeenergi per år (avsnitt 2.3.2), vilket är 0,15 % av den värmeenergi som släpps ut via kärnkraftverkets kylvattensystem. Slutsatsen är därför att värmeenergin som släpps ut via Clabs kylvattensystem representerar en mycket liten andel (högst någon promille) av värmeenergin i kärnkraftverkets kylvattenutsläpp. Clabs bidrag till det gemensamma kylvattenutsläppets omgivningspåverkan (se nedan) är alltså obetydlig.

De samtidiga kylvattenutsläppen från Clab och kärnkraftverket till Hamnefjärden ger en temperaturhöjning i havsytan på en grad eller mer inom ett område på 5 km<sup>2</sup>, med en höjning på en grad eller mer någon gång under året i ett område på sammanlagt 15 km<sup>2</sup> /Ehlin et al. 2009/. Omfattande basundersökningar och recipientkontroll i havet kring Simpevarpshalvön har pågått kontinuerligt sedan början av 1960-talet /Franzén 2008, Lingman och Franzén 2004, Mo 1990/. Recipientkontrollen omfattar bland annat havstemperatur, -strömmar, fiskbestånd, plankton, bottenlevande organismer

och fåglar. Recipientkontrollen har påvisat vissa förändringar i Hamnefjärden bland annat vad gäller växt- och djurplankton samt bottenlevande organismer. De ekologiska förändringar som kylvattenutsläppet gett upphov till är dock begränsade till Hamnefjärden och närområdet utanför fjärdens mynning /Ehlin et al. 2009/.

Vad gäller fiskbeståndet har man kunnat observera en tidigarelagd lek för strömming. Vidare har man observerat en minskad förekomst av kallvattenarter i Hamnefjärden, men en ansamling av sådana arter i närområdet utanför Hamnefjärdens mynning. Vissa varmvattenarter har kunnat bilda lokala bestånd med Hamnefjärden som rekryteringsområde. Kylvattenutsläppet har generellt haft positiva konsekvenser vad gäller fisktillväxten eftersom fisken kan välja temperaturer nära de optimala. Kylvattenutsläppet har inte gett någon ökad frekvens av sjukdomar och parasiter hos fisk. Spridning av så kallade invasiva (främmande) arter från andra delar av världen har heller inte kunnat kopplas till kylvattenutsläppet /Ehlin et al. 2009/.

Som nämnts tidigare förutsätts i denna rapport att Clinks kylvattenbehov ryms inom gällande tillstånd för Clab. Under driften av Clink kommer temperaturskillnaden mellan in- och utgående kylvatten att vara maximalt en grad högre än motsvarande temperaturskillnad för Clab /Lindstrand och Norén 2006/. För närvarande planeras eller pågår effekthöjningar vid kärnkraftverket. En högre effekt kommer att ge ett större kylvattenbehov och en ökad temperaturskillnad mellan kärnkraftverkets in- och utgående kylvatten jämfört med i dag. Som nämnts tidigare anläggs under perioden 2009–2011 ett djupvattenintag för kylvattnet till reaktorerna O1 och O2. Ett djupvattenintag motverkar effekthöjningens ökning av det utgående kylvattnets temperatur genom att ge ett kallare ingående kylvatten. Jämfört med Clab och dagens drift av kärnkraftverket, kommer därför Clinks kylvattenflöde att utgöra en lika stor eller mindre andel av kärnkraftverkets kylvattenflöde. Med avseende på kylvattenutsläppets värmeeffekt kommer Clinks utsläpp även fortsättningsvis att utgöra en liten andel av kärnkraftverkets utsläpp.

Vad gäller framtiden för Oskarshamns kärnkraftverk och dess kylvattenuttag är det aktuella referensscenariot 60 års drifttid för reaktorerna /SKB 2008/. Detta skulle innebära att kärnkraftverket och tillhörande kylvattensystem drivs vidare en bit in på 2030-talet (reaktorerna O1 och O2) respektive 2040-talet (reaktor O3). Tidsplanen för avveckling av Clink är kopplad till när den sista kärnkraftreaktorn tas ur drift. Detta innebär att Clinks kylvattenflöde kommer att fortsätta några år efter det att kylvattenuttaget till kärnkraftverket upphört. Baserat på kylvattenutsläppets begränsade värmeeffekt och erfarenheterna från den långsiktiga recipientkontrollen (se ovan), är bedömningen att några års fortsatt kylvattenutsläpp från Clink inte kommer att leda till några negativa ekologiska konsekvenser för Hamnefjärden och närområdet utanför fjärdens mynning. I takt med att använt kärnbränsle kapslas in och transporteras bort från Clink för slutförvaring kommer även kylvattenutsläppets värmeeffekt successivt att minska.

## **4.3 Anläggande av dagvattendamm**

### **4.3.1 Uppförandeskede**

Den sänka där dagvattendammen kommer att förläggas har trivial gräsvegetation utan några speciella naturvärden. Sänkans omgivning utgörs mot Clab av sprängsten och mot övriga sidor av ung blandskog, med dominans av barrträd (se figur 4-1). Som anges i avsnitt 2.4.3, kommer sänkans ”utloppsdel” mot havsviken Herrgloet att däckas. Endast begränsad schaktning kommer att krävas för att anlägga dämet, till vilket uppgrävda schaktmassor kommer att användas.

Diket och stranden mot havsviken Herrgloet omges av blandskog, med inslag av unga alar (se figur 4-1). Som anges i avsnitt 2.4.3, kommer en strandremsa mot Herrgloet att användas som översilningsområde, innan dagvattnet slutligen når havsviken. Denna strandremsa består av triviala örter och gräs, som bedöms påverkas endast obetydligt av översilningen.

Sammantaget bedöms dagvattendammens anläggande, inklusive dess lokalisering, medföra obetydliga negativa konsekvenser.



*Figur 4-1. Övre bilden: Fotografi av den sänka där dagvattendammen kommer att förläggas. I bilden syns sprängsten i kanten mot Clab. Undre bilden: Fotografi av strandremsan vid havsviken Herrgloet, inom vilket översilning kommer att ske innan dagvattnet släpps ut i havsviken. Havsviken syns i bakgrunden på bilden /Stråe 2009/.*

#### **4.3.2 Driftskede**

Som nämnts i avsnitt 2.4.3, är den nya dagvattendammen en av de åtgärder som planeras för att förbättra dagvattenhanteringen jämfört med dagens situation, där länshållningsvattnet och större delen av dagvattnet från Clab släpps ut direkt i havsviken Herrgloet. Vid drift av dagvattendammen kommer tungmetaller och andra ämnen att ackumuleras i dammens botten sediment, vilket minskar föroreningsbelastningen på Herrgloet jämfört med dagens situation. Vid framtida bottenrensning av dammen kommer sedimenten att provtas och vid behov omhändertas enligt gängse lagar och regler vad gäller hantering av förorenade massor. Sammantaget bedöms dammens driftskede medföra obetydliga negativa konsekvenser.



## 5 Åtgärder

### 5.1 Uppförandeskedet

Det vatten som under uppförandeskedet pumpas bort från bergschaktet kommer att bestå av inläckande grundvatten, nederbörd, samt bruksvatten som används vid borrhning, sprängning och injektering. Vattnet kan därför komma att innehålla kväve (från sprängmedelrester), oljespill, cement, borrhax och finfördelat berg. Innan utsläpp sker till recipient kommer vattnet därför att passera en temporär anläggning för sedimentation och oljeavskiljning. Anläggningen kommer sannolikt att bestå av parallella containrar med erforderliga volymer för avskiljning av partikulärt material, samt läns/skimmer för oljeavskiljning via flotation /Stråe 2009/. De totala kvävemängder som kommer att släppas till havet under uppförandeskedet (5–6 år) är relativt små, motsvarande ett års kväveutsläpp från fem enskilda avlopp /Stråe 2009/.

Vid anläggande av dagvattendammen och utloppet i Herrgloet kommer hänsyn att tas till befintlig vegetation i närområdet. Vidare kommer dammen att detaljutformas i samråd med ekologisk expertis, i syfte att åstadkomma en gestaltning som gynnar flora och fauna. Viktiga aspekter som då bör beaktas är att slänterna inte är för branta och att det finns skyddande vegetation åt norr. Mervärden kan skapas genom att man planterar utvalda fuktälskande växter runt dammen.

### 5.2 Driftskedet

I syfte att minska inläckaget av grundvatten kommer bergschaktet att injekteras med minst samma ambitionsnivå som vid uppförandet av Clab 1 och 2.

Det grundvatten som leds bort från Clink kommer att ledas till Clabs befintliga dagvattensystem. Detta system kommer att byggas ut och enligt ovan kompletteras med en dagvattendamm mellan Clink och havsviken Herrgloet.

## Referenser

Publikationer utgivna av SKB (Svensk Kärnbränslehantering AB) kan hämtas på [www.skb.se/publikationer](http://www.skb.se/publikationer). Referenser till SKB:s opublicerade dokument finns samlade i slutet av referenslistan. Opublishade dokument lämnas ut vid förfrågan till [dokument@skb.se](mailto:dokument@skb.se).

**Aggeryd I, Hallberg B, 1998.** CLAB etapp 2 – bergarbeten. Sammanfattande kontrollprogram för miljö, vibrationer och deformationer. SKB PR 98-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Bodén A, Hellstadius K, 2002.** Clab etapp 2. Mätprogram och kontrollnivåer för inbyggnads- och installationsskedet. Rev. B. SKB Projekt PM TP-00-14 B, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Brydsten L, Engqvist A, Näslund J-O, Lindborg T, 2009.** Förväntade extremvattennivåer för havsytan vid Forsmark och Laxemar-Simpevarp fram till år 2100. SKB R-09-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Curtis P, Elfström M, Stanfors R, 2003.** Oskarshamn site investigation. Compilation of structural geological data covering the Simpevarp peninsula, Ävrö and Hälö. SKB P-03-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Ehlin U, Lindahl S, Neuman E, Sandström O, Svensson J, 2009.** Miljöeffekter av stora kylvattenutsläpp. Erfarenheter från de svenska kärnkraftverken. Elforsk Rapport 09:79.

**Eriksson K, 1982.** Clab. Byggnadsgeologisk uppföljning av transporttunnlar och bergrum – slutrapport. SKB PPM 95-3450-08, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Franzén F, 2008.** Biologisk recipientkontroll vid Oskarshamns kärnkraftverk. Årsrapport för 2007. Fiskeriverkets Kustlaboratorium, Figeholm.

**Fredriksson A, Johansson S-E, Niklasson B, 2005.** Inkapslingsanläggning. Reviderad byggbarhetsanalys av bergschakt. SKB R-05-53, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Gatter P, Wikström N, Hallberg B, 2005.** Preliminär avvecklingsplan för Clab. SKB R-05-84, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Hallberg B, Eriksson T, 2008.** Preliminär avvecklingsplan för Clink. SKB P-08-34, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Hamrén U, Collinder P, 2010.** Vattenverksamhet i Laxemar-Simpevarp: Ekologisk fältinventering, naturvärdesklassificering samt beskrivning av produktionsmark. SKB R-10-23, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**IPCC, 2007.** Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

**Larsson H, 1995.** Utbyggnad av lagringskapacitet Clab-Simpevarp. Berggrundsundersökning 1978. SKB PPM 95-3450-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Larsson H, 2003.** Clab – bergrum 1. Mätningar och besiktningar 1998. SKB Projekt PM TP-03-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Lindstrand O, Norén A, 2006.** Icke-radiologisk miljöpåverkan från inkapslingsanläggningen vid Clab i Oskarshamn. Underlag till miljökonsekvensbeskrivning. SKB P-06-103, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Lingman A, Franzén F, 2004.** Litteratursammanställning avseende resultat från den biologiska recipientkontrollen, samt undersökningar gällande fiskpopulationer, vid Oskarshamnsverket, 1962–2002. SKB P-04-18, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Lundin J, 2003a.** Clab. Berganläggningar och förvaringsbassänger. Bergbesiktning och sammanställning av mätresultat 1998–2002. SKB Projekt PM TP-03-02, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Lundin J, 2003b.** Clab. Program för bergkontroll och kontroll av förvaringsbassänger. SKB Projekt PM TP-03-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.

- Lundin J, 2004.** Clab. Berganläggningar och förvaringsbassänger. Bergbesiktning och sammanställning av mätresultat 1998–2004. SKB Projekt PM TP-04-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Lundin J, 2005.** Clab. Berganläggningar och förvaringsbassänger. Sammanställning av mätresultat 1985–2004. SKB Projekt PM TP-05-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Mo K, 1990.** Mjukbottenfaunan i Simpevarpsområdet 1983–1989. Naturvårdsverket Rapport 3786.
- Moberg M, Hector I, Ingevald K, Larsson H (ed), 1995.** Utbyggnad av lagringskapacitet Clab-Simpevarp. Berggrundsundersökning 1979. SKB Inkapsling Projekt PM 95-3450-07, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Morosini M, Hultgren H, 2003.** Inventering av privata brunnar i Simpevarpsområdet, 2001–2002. SKB P-03-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Naturvårdsverket, 1999.** Bedömningsgrunder för miljökvalitet – Grundvatten. Stockholm: Naturvårdsverket (Rapport 4915).
- Nyberg G, Wass E, 2008.** Oskarshamn site investigation. Groundwater Monitoring Program. Report for September 2007–September 2008. SKB P-08-88, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Nyberg G, Wass E, 2009.** Oskarshamn site investigation. Groundwater Monitoring Program. Report for October 2008–September 2009. SKB P-09-67, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Pfeffer W T, Harper J T, O’Neet S, 2008.** Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise. *Science*, 321, pp 1340–1343.
- Rahmstorf S, 2007.** A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, 315, pp 368–370.
- Rhén I, Ejdeling G, Forsmark T, 1996.** Geohydrologiskt underlag för MKB till Clab etapp 2. SKB Inkapsling Projektrapport 96-09, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Rhén I, Ejdeling G, 1998.** Clab etapp 2. Kontrollprogram – grundvatten. SKB PPM 98-3450-38, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Rhén I, Ejdeling G, Magnusson J, 1998.** Clab etapp 2. Grundvattenmodellering. SKB Clab etapp 2 PR 98-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Rhén I, Forsmark T, Forssman I, Zetterlund M, 2006a.** Hydrogeological single-hole interpretation of KSH01A, KSH02, KSH03A, KAV01, KLX02 and HSH01–03. Simpevarp subarea – version 1.2. SKB R-06-20, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Rhén I, Forsmark T, Forssman I, Zetterlund M, 2006b.** Evaluation of hydrogeological properties for Hydraulic Conductor Domains (HCD) and Hydraulic Rock Domains (HRD), Laxemar subarea – version 1.2. SKB R-06-22, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 1999.** Clab etapp 2. Anläggningsbeskrivning – layout C. SKB R-99-50, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2006.** Preliminary site description. Laxemar subarea – version 1.2. SKB R-06-10, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2008.** Plan 2008. Kostnader från och med år 2010 för kärnkraftens radioaktiva restprodukter. Svensk kärnbränslehantering AB.
- SKB, 2009.** Site description of Laxemar at completion of the site investigation phase. SDM-Site Laxemar. SKB TR-09-01, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Sohlenius G, Hedenström A, 2008.** Description of regolith at Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-05, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Stanfors R, Rhén I, Larsson H, 1995.** Utbyggnad av lagringskapacitet. Berggrunds-undersökningar 1995. SKB Inkapsling Projektrapport 95-13, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Stanfors R, Stille H, Rhén I, Larsson H, 1998.** Berggrundsundersökningar 1995 och 1997, Clab etapp 2. SKB Clab etapp 2 PR 97-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- Stråe D, 2009.** Dagvattenhantering för Clab och inkapslingsanläggning för använt kärnbränsle. SKB P-09-06, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Svensk Energi, 2008.** Elåret 2008. Svensk Energi AB.

**Söderberg L, 2007.** Clab etapp 2. Slutrapport med erfarenhetsåterföring. SKB Projekt PM TP-05-03, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Växjö tingsrätt, 1998.** Dom VA 62/97, 8 september 1998. Växjö tingsrätt, vattendomstolen.

**Wahlgren C-H, Hermanson J, Forssberg O, Curtis P, Triumf C-A, Drake H, Tullborg E-L, 2005.** Geological description of rock domains and deformation zones in the Simpevarp and Laxemar subareas. Preliminary site description, Laxemar subarea – version 1.2, SKB R-05-69, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Wahlman H, Ramstedt H, Lundkvist E, 2006.** Bedömning av en inkapslingsanläggnings konsekvenser för naturmiljön. Oskarshamn och Forsmark. SKB P-06-109, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Werner K, 2008.** Description of surface hydrology, near-surface hydrogeology and meteorology. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-71, Svensk Kärnbränslehantering AB.

**Werner K, Öhman J, Holgersson B, Rönnback K, Marelius F, 2008.** Meteorological, hydrological and hydrogeological monitoring data and near-surface hydrogeological properties data from Laxemar-Simpevarp. Site descriptive modelling, SDM-Site Laxemar. SKB R-08-73, Svensk Kärnbränslehantering AB.

#### **Opublicerade dokument**

| <b>SKBdoc id, version</b> | <b>Titel</b>  | <b>Utfärdare, år</b> |
|---------------------------|---|----------------------|
| 1063638 ver 1.0           | Lundsten J. Clab – Egenkontrollprogram för yttre miljö. | SKB, 2008            |
| 1232188 ver 1.0           | Carlstedt D. Clab – Miljörapport för 2009.              | SKB, 2010            |

## Data på grundvattennivå och grundvattenkemi

**Tabell B1-1. Sammanställning av tillgängliga data (april 2010) avseende grundvattennivåer och grundvattenkemi i borrhål, grundvattenrör och enskilda brunnar. Sicada är SKB:s databas för lagring av kvalitetssäkrade data.**

|                                  | Grundvattennivådata (datakälla)   | Grundvattenkemi (datakälla)                                     |
|----------------------------------|---|---|
| <b>Borrhål i berg:</b>           |   |   |
| HSI03                            | 1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)  |   |
| HSI04                            | 1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)<br>2004-06-23–2009-09-30 (Sicada; mätfrekvens varannan timme)  | 1999–2003 (kontrollprogram Clab; mätningar vid åtta tillfällen) |
| HSI05                            | 1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)  |   |
| HSI06                            | 1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)  |   |
| HSI07                            | 1986–1994 (Sicada; manuella mätningar vid tre tillfällen)<br>1998–1999 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 17 tillfällen); borrhålet pluggades i mars 1999 (skär Clab 2)  |   |
| HSI08                            | 1984–1994 (Sicada; manuella mätningar vid fem tillfällen)<br>1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)   |   |
| HSI09                            | 1986–1994 (Sicada; manuella mätningar vid tre tillfällen)<br>1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)   | 1999–2003 (kontrollprogram Clab; mätningar vid åtta tillfällen) |
| HSI10                            | 1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)  | 1999–2003 (kontrollprogram Clab; mätningar vid åtta tillfällen) |
| HSI11                            | 1984–1994 (Sicada; manuella mätningar vid fem tillfällen)<br>1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)   | 1999–2003 (kontrollprogram Clab; mätningar vid sju tillfällen)  |
| HSI12 (urspr. beteckning: KSI05) | 1992–1994 (Sicada; manuella mätningar vid två tillfällen)<br>1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen)   |   |
| HSI13                            | 2005-02-02–2009-09-30 (Sicada; mätfrekvens varannan timme)<br>1984–1994 (Sicada; manuella mätningar vid fem tillfällen)<br>1998–2009; inga data 2005 och 2008 (kontrollprogram Clab; manuella mätningar vid 117 tillfällen) |   |

**Enskilda brunnar:**

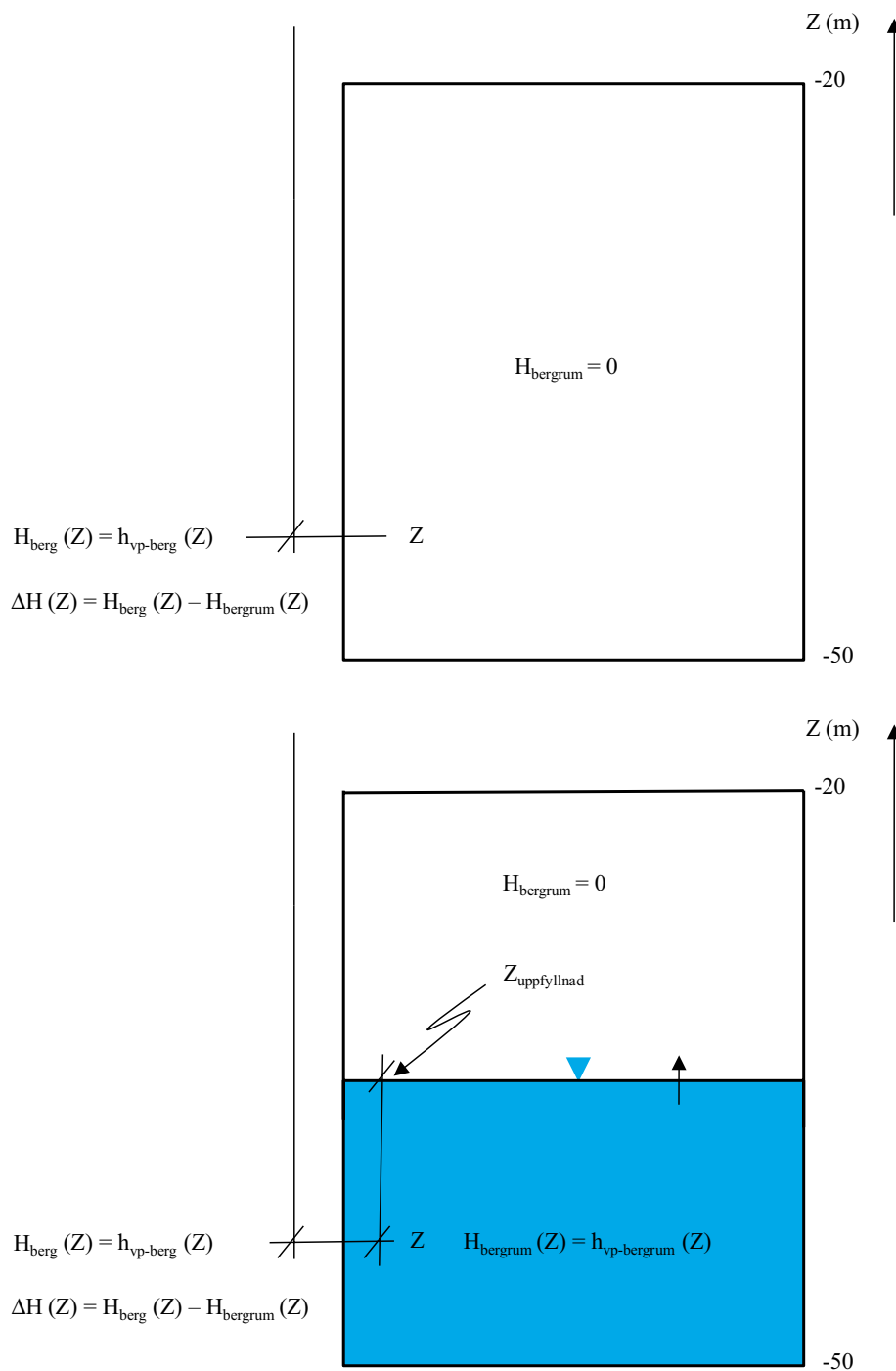
|   |  |  |
|---|--|--|
| Privat brunn C4<br>(fastigheten Åby 1:17,<br>SKB-ID PSM000053)              | 1999–2009 (kontrollprogram Clab; manu-<br>ella mätningar sex gånger per år)  | 1997–2003 (kontrollprogram<br>Clab; mätningar vid åtta tillfällen),<br>i Sicada finns data för perioden<br>1989–2001,<br>2002–2009 (elektrisk konduktivitet;<br>för närvarande mätningar tre<br>gånger per år inom ramen för<br>Clabs egenkontrollprogram) |
| Privat brunn C5<br>(fastigheten Stora<br>Laxemar 1:17,<br>SKB-ID PSM000019) | 1999; data oanvändbara t o m januari<br>1999 på grund av skumplast i brunnen<br>(kontrollprogram Clab; manuella mätningar<br>vid två tillfällen) | 1997–2003 (kontrollprogram<br>Clab; mätningar vid sju tillfällen),<br>i Sicada finns data för perioden<br>1997–1998,<br>2002–2006 (kontrollprogram Clab;<br>elektrisk konduktivitet, en mätning<br>per år)   |
| Privat brunn C6<br>(fastigheten Glostad 1:7,<br>SKB-ID PSM000041)           | 1997–1998 (Sicada)   | 1997–2003 (kontrollprogram<br>Clab; mätningar vid sju tillfällen),<br>i Sicada finns data för perioden<br>1997–1998,<br>2002–2006 (kontrollprogram Clab;<br>elektrisk konduktivitet, en mätning<br>per år förutom år 2004)                                 |
| Privat brunn C7<br>(fastigheten Glostad 1:6,<br>SKB-ID PSM000118)           | 1999–2009 (kontrollprogram Clab; manu-<br>ella mätningar sex gånger per år)  | 1997–2003 (kontrollprogram Clab;<br>mätningar vid nio tillfällen),<br>2002–2009 (elektrisk konduktivitet;<br>för närvarande mätningar sex<br>gånger per år inom ramen för<br>Clabs egenkontrollprogram)  |
| Privat brunn C8<br>(fastigheten Glostad 1:5,<br>SKB-ID PSM0000116)          | 1999–2009 (kontrollprogram Clab; manu-<br>ella mätningar sex gånger per år), i Sicada<br>finns även data för perioden 1997–1998                  | 1997–2003 (kontrollprogram<br>Clab; mätningar vid sju tillfällen),<br>i Sicada finns data för perioden<br>1997–1998,<br>2002–2009 (elektrisk konduktivitet;<br>för närvarande mätningar sex<br>gånger per år inom ramen för<br>Clabs egenkontrollprogram)  |

**Borrhål i berg och grundvattenrör i jord (installerade inom ramen  
för SKB:s platsundersökning i Laxemar-Simpevarpsområdet):**

|  |   |
|--|---|
| HSH02<br>(cirka 350 m<br>nordöst om Clab)  | 2004-01-01–2004-10-30 (Sicada;<br>mätfrekvens varannan timme) |
| KSH02.7<br>(cirka 450 m nordöst om<br>Clab; yttligaste mätsek-<br>tionen, med borrhålsnitt<br>cirka –40 m ö h) | 2005-02-03–2009-09-30 (Sicada;<br>mätfrekvens varannan timme) |
| SSM000005<br>(cirka 350 m<br>nordöst om Clab)  | 2003-03-24–2004-08-03 (Sicada;<br>mätfrekvens varannan timme) |
| SSM000008<br>(cirka 250 m<br>väst om Clab)   | 2004-09-02–2009-09-30 (Sicada;<br>mätfrekvens varannan timme) |

### Modell för uppfyllnad av bergrum

En enkel modell har satts upp för att kunna bedöma den tid det tar att vattenfylla bergrummen Clab 1 och Clab 2. Denna modell tar hänsyn till återkopplingen mellan inläckaget och bergrummens uppfyllnadsgrad. Viktiga begrepp och de antaganden som modellen bygger på illustreras i 2D-snitten i figur B2-1.



**Figur B2-1.** Illustration av en enkel modell för återkopplingen mellan uppfyllnad av ett bergrum och inläckaget till bergrummet. De hydrauliska nivåerna i bergrummet och i det omgivande berget betecknas  $H_{\text{bergrum}}$  respektive  $H_{\text{berg}}$ . I den övre bilden är hela bergrummet dränerat ( $H_{\text{bergrum}} = 0$ ). I den nedre bilden har länshållningen av bergrummet sedan en tid upphört, och ungefär halva bergrummet är fyllt med vatten.



Den övre bilden i figur B2-1 visar förhållandena inuti och omkring ett helt dränerat berggrum. Modellen innebär att inläckaget på varje nivå  $Z$  (m) antas vara beroende enbart av  $\Delta H$ , där  $\Delta H$  (m) är skillnaden i hydraulisk nivå mellan det omgivande berget ( $H_{\text{berg}}$ ) och berggrummet ( $H_{\text{berggrum}}$ ). I ett dränerat berggrum kan den hydrauliska nivån antas motsvara atmosfärstryck, vilket då kan användas som referens ( $H_{\text{berggrum}} = 0$ ). Det bör noteras att detta är en förenkling. I verkligheten beror inläckaget i olika delar av ett berggrum även på lägen och hydrauliska egenskaper för de bergsprickor som är i kontakt med berggrummet. Med andra ord kan den dominerande delen av inläckaget ske till begränsade delar av berggrummet, medan andra delar är ”torra”. Detta beaktas inte i den aktuella modellen.

I takt med att berggrummet fylls upp med vatten kommer  $H_{\text{berggrum}}$  att öka i den vattenfyllda delen av berggrummet. Om man antar att hydrostatiska förhållanden råder i den vattenfyllda delen av berggrummet, är den hydrauliska nivån på nivån  $Z$  i den vattenfyllda delen av berggrummet lika med höjden på vattenpelaren ( $h_{\text{vp-berggrum}}$ ) mellan nivåerna  $Z$  och  $Z_{\text{uppfyllnad}}$ . Detta illustreras i den nedre bilden i figur B2-1, som visar ett berggrum med en uppfyllnadsgrad på ungefär 50 %. Minskningen av inläckaget på en viss nivå  $Z$  i den vattenfyllda delen av berggrummet kan då antas vara proportionell mot kvoten  $h_{\text{vp-berggrum}}/\Delta H$ , där  $\Delta H$  är skillnaden i hydraulisk nivå mellan berggrummet och det omgivande berget då berggrummet hålls dränerat.