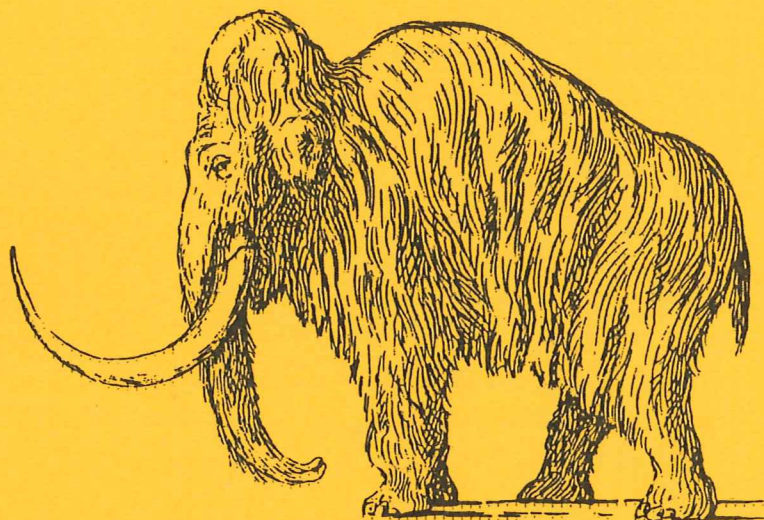


# EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET

LUNDS UNIVERSITET  
GEOBIBLIOTEKET  
PERIODICA

## Kvartärgeologi

---



Hydrogeologisk undersökning samt sårbarhetskartering  
av området kring tre bergborrade  
grundvattenanläggningar i Simrishamns kommun

Tomas Ahlberg

*ped*

---

Lunds univ. Geobiblioteket



15000

600694438

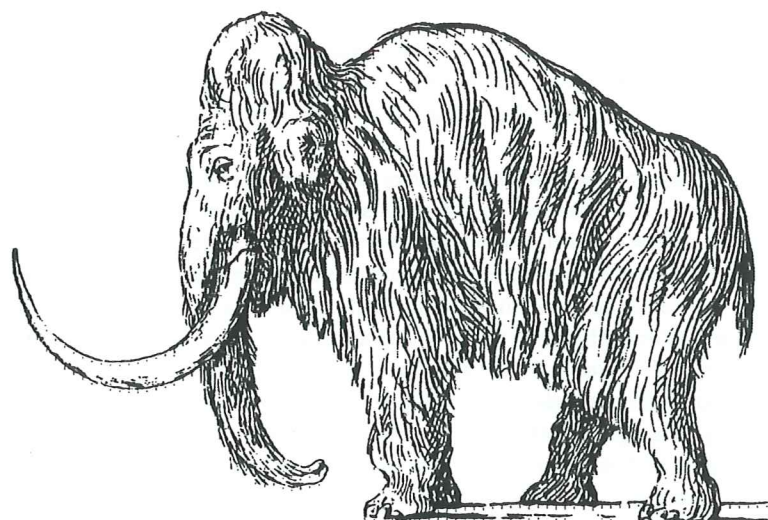
Examensarbete, 20 p  
Geologiska Institutionen, Lunds Universitet

Nr 146

# **EXAMENSARBETE I GEOLOGI VID LUNDS UNIVERSITET**

**Kvartärgeologi**

LUNDS UNIVERSITET  
GEOBIBLIOTEKET  
PERIODICA



**Hydrogeologisk undersökning samt sårbarhetskartering  
av området kring tre bergborrade  
grundvattenanläggningar i Simrishamns kommun**

**Tomas Ahlberg**

# Hydrogeological investigation and vulnerability survey of the area around three drilled groundwater wells in the district of Simrishamn, southern Sweden

TOMAS AHLBERG

Ahlberg, T., 2001: Hydrogeological investigation and vulnerability survey of the area around three drilled groundwater wells in the district of Simrishamn, southern Sweden  
*Masters thesis in Geology at Lund University - Quaternary geology, no 146.*

The increased awareness of the value of clean groundwater can be seen in a growing number of contexts. This is also emphasized in the national environmental goals, put up by the Swedish government. The municipality of Simrishamn, in southern Sweden, is reevaluating the extension of the existing restriction areas around the groundwater wells of the municipality. The aims in this investigation were to produce the basic data needed to enable definition of the extension of the eventual new restriction areas. This has been achieved by the construction of a hydrogeologic and geologic model over the investigated area. This model has been constructed on the basis of measured groundwater levels in wells and on the basis of geological maps and literature studies. This has been complemented with geological mapping, analyses of pH and organic content of the top soil. The investigation resulted in a definition of the recharge area of the wells of interest in this investigation and an assessment of the permeability of the covering quaternary deposits and other properties that could influence the risk of groundwater contamination. The groundwater wells giving water to the municipality distribution system are drilled through alumshale and quartzitic sandstone of lower to middle Cambrian age. As the porosity of the sandstone as well as the alum shale is very low the groundwater is mainly found in fractures. Depending on the properties of the overlying sediments, the aquifer act both as an open and a closed one, and there is a leakage both to and from the covering quaternary deposits. The covering quaternary deposits consists mainly of diamictons of a clayey to sandy composition. The diamictions are overlain by a patchy array of aquatic deposited sediments such as clay and fine sand. Along the coastline there are large areas covered with postglacial sand. The loose deposits are generally less than 10 meters thick, but as much as 30 meters of quaternary deposits has been recorded. In large areas, however, the bedrock surface is at ground level. The area mainly consists of agricultural land and the recharge area is exposed to a number of environmental toxins, for example pesticides. Agriculture represents the single largest risk for groundwater contamination, but accidents in relation to transports of environmentally dangerous goods should not be neglected.

□ Hydrogeology, geology, sandstone, alum shale, Cambrian, protected area, environmental toxin, pesticide, Simrishamn, southern Sweden

T. Ahlberg, Department of Quaternary Geology, Lund University, Sölvegatan 13, S-223 62 Lund, Sverige.

# Hydrogeologisk undersökning samt sårbarhetskartering av området kring tre bergborrade grundvattenanläggningar i Simrishamns kommun

TOMAS AHLBERG

Ahlberg, T., 2001: Hydrogeologisk undersökning samt sårbarhetskartering av området kring tre bergborrade grundvattenanläggningar i Simrishamns kommun  
*Examensarbete i Geologi vid Lunds universitet - Kvartärgeologi nr 146.*

En ökad medvetenhet om värdet av ett rent grundvatten yttrar sig i allt fler sammanhang, bl.a. i det nationella miljömål om *grundvatten av god kvalitet* som riksdagen presenterat. Simrishamns kommun ser över vattenskyddsområdena runt kommunens grundvattentäcker för att säkerställa ett rent grundvatten. Målet med detta examensarbete är att ta fram ett underlag som skall kunna ligga till grund för avgränsningen av eventuellt nya skyddsområden runt tre brunnar i området strax nordväst om Simrishamn. Detta har gjorts genom upprättande av en hydrogeologisk och geologisk modell över undersökningsområdet. Modellen grundar sig på mätningar av grundvattennivåer i brunnar samt kart- och litteraturstudier kompletterat med en översiktlig ytkartering. Modellen har kompletterats med analyser av pH och halt organiskt material i matjorden. Tillsammans har undersökningarna lett fram till en avgränsning av brunnarnas tillrinningsområde samt en bedömning av områdets naturliga skydd mot förorenings-spridning till grundvattnet. Grundvattenbrunnarna i det för detta examensarbete aktuella området är borrhade i alunskiffer och sandsten av mellan- och underkambrisk ålder. Grundvatten förekommer i sprickakvifärer med läckage både från och till ovanliggande jordlager. Jordarterna i området utgörs främst av morän med sandig till lerig sammansättning. Dessa överlagras fläckvis av akvatiskt avsatta sediment i ler- till finsandfraktion. Stora områden med postglacial sand finns längs med kustlinjen. Jordlagren är i allmänhet tunna, i regel under 10 meter, men upp till 30 meter mäktiga kvartära avlagringar finns dokumenterade. Stora områden saknar dock helt jordtäckte. Området utgörs till stor del av jordbruksmark och utsätts därför för olika typer av kemikalier, t.ex. vid spridning av bekämpningsmedel. Den största föroreningsrsken kommer från jordbruket, men risk föreligger även från exempelvis olyckor i samband med transporter av miljöfarligt gods.

□ Hydrogeologi, geologi, sandsten, alunskiffer, kambrium, skyddsområden, föroreningar, bekämpningsmedel, Simrishamn, Österlen, Skåne

*T. Ahlberg, Geologiska Institutionen, Kvartärgeologiska Avdelningen, Lunds Universitet, Sölvegatan 13, 223 62 Lund*

# Innehåll

<b>Inledning</b> .....	<b>1</b>
Bakgrund .....	1
Syfte .....	1
Områdesbeskrivning .....	1
Bakgrund till riskklassning enligt SNV .....	2
<b>Geologisk beskrivning</b> .....	<b>3</b>
Kvartärgeologisk beskrivning .....	3
Berggrundsgeologisk beskrivning .....	4
Översiktlig regionalgeologi .....	4
Sedimentologi och utvecklingshistoria .....	4
Tektonik och strukturer .....	5
<b>Hydrogeologi</b> .....	<b>6</b>
Vattenbalans .....	6
Grundvatten .....	6
Undersökningsområdets hydrogeologi .....	8
<b>Föroreningars uppträdande i marken</b> .....	<b>9</b>
Föroreningstransport i marken .....	9
Nedbrytning .....	9
Kväve .....	9
Metaller .....	9
Bekämpningsmedel .....	10
Grundvattenförorening med bekämpningsmedel .....	10
<b>Material</b> .....	<b>12</b>
Brunnsarkivet .....	12
Kartor .....	12
Tidigare undersökningar .....	12
<b>Metoder</b> .....	<b>13</b>
Brunnsinventering .....	13
Grundvattennivåer .....	13
Geologisk beskrivning .....	13
Riskklassning enligt SNV .....	13
Matjordsundersökning .....	14
Klassning av jordlagrens genomsläpplighet .....	14
Bedömning av influensområden .....	15
<b>Resultat</b> .....	<b>16</b>
Geologiska profiler .....	16
Grundvattennivåer .....	20
Omättade zonens mäktighet .....	21
pH i matjord .....	22
Mullhalt i matjord .....	22
Jordlagrens genomsläpplighet .....	22
Influensområden .....	23
Riskklassning enligt SNV .....	24
<b>Diskussion</b> .....	<b>25</b>
Profiler .....	25
Hydrogeologi .....	25
Omättade zonens mäktighet .....	26
Matjordens egenskaper .....	27
Jordlagrens genomsläpplighet .....	27
Riskklassning enligt SNV .....	28
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>30</b>
<b>Tack</b> .....	<b>32</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>33</b>

## Bilageförteckning

Bilaga 1-2 .....	Interpolerad trycknivå i bergakvifären sept 2000 och jan 2001
Bilaga 3-4 .....	Interpolerad grundvattennivå i jordlagerakvifären sept 2000 och jan 2001
Bilaga 5-6 .....	Skillnad i trycknivå mellan berg- och jordakvifär sept 2000 och jan 2001
Bilaga 7-8 .....	Omättade zonens mäktighet sept 2000 och jan 2001
Bilaga 9 .....	Tabell matjordsprover
Bilaga 10:1 och 10:2 .....	Sammanställning över brunnar i undersökningsområdet
Bilaga 11 .....	Diagram pH -mullhalt

# Inledning

## Bakgrund

Vikten av hushållning med och skydd av grundvattnet har på senare tid uppmärksamrats, bl.a. av Statens Naturvårdsverk (SNV). Skyddsområdena för många av Simrishamns grundvattentäkter fastställdes i början av 1970-talet på bristfälligt hydrogeologiskt underlag. Simrishamns kommun vill därför se över sitt grundvattenskydd genom att upprätta ett hydrogeologiskt underlag utifrån dagens kunskap. Med utgångspunkt från detta kan behovet av förändringar i skyddsområdenas utsträckning och skyddsföreskrifter analyseras. Detta examensarbete utförs i anslutning till den översyn av skyddsområden i Simrishamns kommun som utförs av SWECO VBB VIAK i Malmö på uppdrag av Simrishamns kommun.

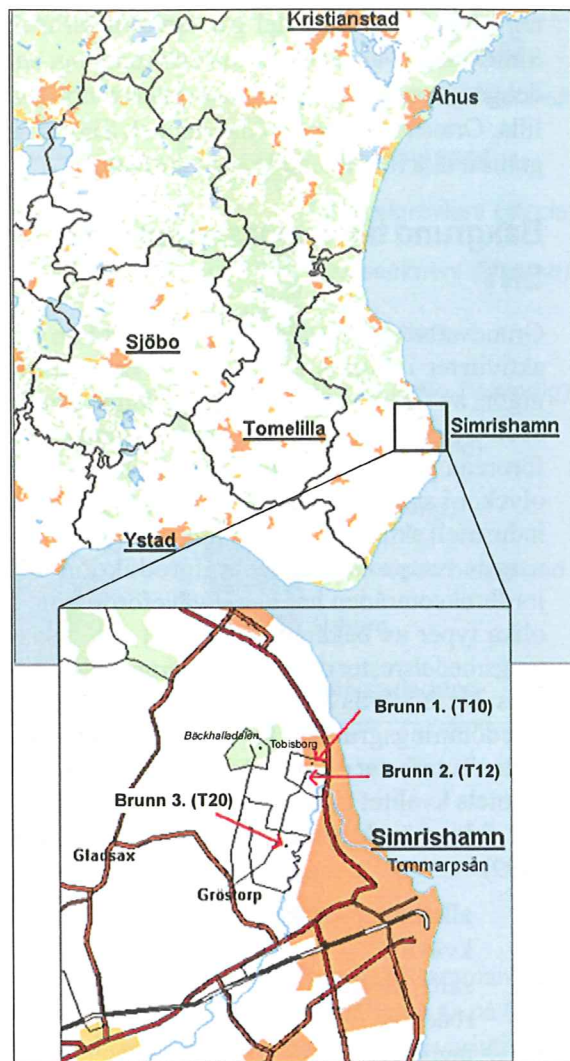
## Syfte

Målet med examensarbetet är att med hjälp av insamlad data, i form av geologisk information och grundvattennivådata, upprätta ett hydrogeologiskt underlag som kan ligga till grund för avgränsning av nya skyddsområden kring tre befintliga grundvattenanläggningar. I detta ingår att göra en bedömning av områdets naturliga skydd mot förorening av grundvattnet. Då området framför allt utgörs av jordbruksmark och utsätts för bekämpningsmedel riskklassas området med avseende på bekämpningsmedel. Riskklassningen görs i enlighet med Naturvårdsverkets klassningssystem (von Brömssen 1999).

## Områdesbeskrivning

De vattenskyddsområden som behandlas i detta examensarbete ligger nordväst om Simrishamns tätort i området mellan Bäckhalladalen - Gladsax - Gröstorp och Simrishamn (figur 1). I dag finns här två vattenskyddsområden med kommunala grundvattenbrunnar, sammanlagt tre stycken som är i regelbundet bruk (markerade i figur 1). Dessutom finns i skyddsområdena brunnar som tidigare användes i den kommunala vattenförsörjningen men som inte används längre. På kartan är även ett skyddsområde vid Bäckhalladalen utmärkt. I detta skyddsområde finns en borrhälsbrunn som aldrig varit inkopplad till det kommunala vattennätet och detta skyddsområde är numera avskaffat.

Landskapet är varierat men är till stor del präglat av jordbruksmark. Den norra delen av områ-



Figur 1. Översiktsskarta över undersökningsområdet. De tre kommunala grundvattenbrunnarna samt skyddsområdesgränser är markerade. På kartan är tre stycken skyddsområden utsatta. Det nordvästra skyddsområdet vid Bäckhalladalen är numera avskaffat. Undersökningsområdet utgörs av området på den lilla kartbilden med tyngdpunkt på området innanför vägarna mellan Simrishamn, Gladsax och Gröstorp. (Kartdata ur Översiktskartan © Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.)

det används framför allt till betesmark och strövmråde (Bäckhalladalens naturreservat med omgivning). Den västra delen av undersökningsområdet är den högst belägna och utgör en plåtå på mellan 60 och 75 m.ö.h. Från höjdområdet sluttar markytan flackt mot havet i öster. Området genomskärs också av Tommarpaån och dess dalgång samt av ett par mer eller mindre öst-västligt riktade raviner som söker sig ner mot Tommarpaån från väster.

Det nordöstliga vattenskyddsområdet ligger nära havet och gränsar till en bred, sparsamt bevuxen strandzon. Det sydliga vattenskyddsområdet ligger mellan Tommarpaån och höjdpåtån och utgörs nästan enbart av jordbruksmark. Längs kus-

ten i områdets östra del går landsvägen mellan Simrishamn och Kristianstad och söder om området går järnväg och landsväg västerut mot Tomelilla. Orterna Gröstorp, Gladsax och Simrishamn gränsar alla till undersökningsområdet.

## Bakgrund till riskklassning enligt SNV

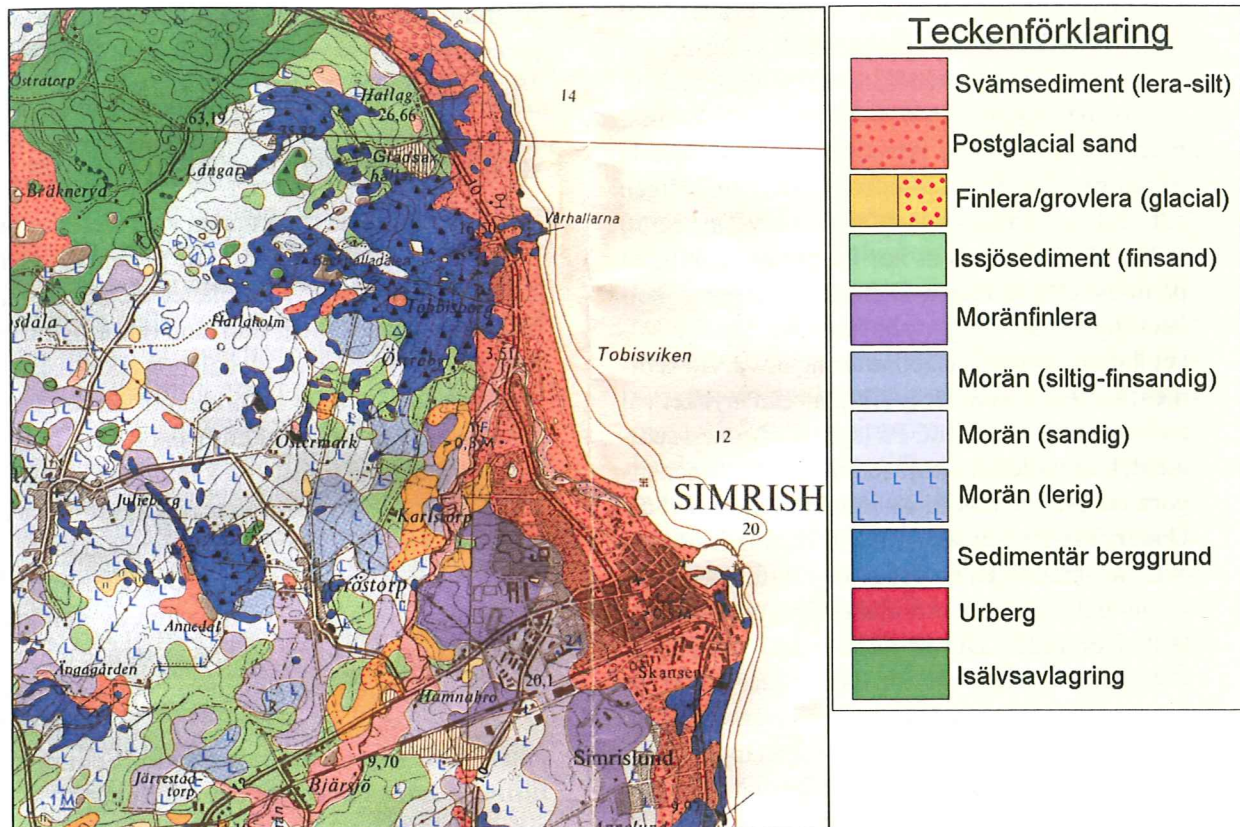
Grundvattnet utsätts för föroreningshot från en rad aktiviteter i dagens samhälle. De främsta hoten utgörs av försurning och kväveläckage. Det finns även stora risker för att andra verksamheter kan förorena grundvattnet med miljögifter, t.ex. vid olyckor i samband med transport av farligt gods, industriell aktivitet, läckage från avlopp och deponerade restprodukter, energiproduktion osv. I jordbruksområden har bl.a. kväveförorening och olika typer av bekämpningsmedel och bekämpningsmedelsrester observerats i grundvattnet. Statens Naturvårdsverk (SNV) har i rapporten "Bedömningsgrunder för miljö kvalitet Grundvatten" utarbetat en mall för bedömning av grundvattnets kvalitet utifrån sju aspekter som alla rör hot från mänskliga aktiviteter (von Brömssen 1999):

- alkalinitet – risk för försurning
- kväve
- salt – klorid
- redox
- metaller
- bekämpningsmedel
- grundvattennivå

Aspekterna bedöms med av SNV utarbetade parametrar och grundvattnets tillstånd klassas enligt en femgradig skala. För att underlätta vid bedömning av analysresultat görs en uppdelning i 36 typområden till vilka varje provtagningspunkt skall klassificeras. Indelningen av typområden har gjorts med utgångspunkt i faktorer som påverkar grundvattnets kemi, t.ex. berggrund och jordarter. Indelningen är gjord så att inom ett och samma typområde är halterna av olika ämnen vid opåverkade förhållanden relativt likartade. Avvikelser inom ett typområde kan således hänföras till lokal påverkan. De normala halterna för olika ämnen redovisas för respektive typområde. Typområdena är en kombination av nio geografiska regioner och fem olika grundvattenmiljöer. För varje typområde kan dessutom en indelning i grunda och djupa brunnar göras (von Brömssen 1999).

Enligt SNV:s indelning tillhör det undersökta området region A - Sydsveriges sedimentära berggrundsområde och de bergborrade brunnarna tillhör grundvattenmiljö 2: sedimentär berggrund.





Figur 2. Utsnitt ur jordartskartan 2D Tomelilla SO/2E Simrishamn SV, SGU serie Ae nr 65.  
© Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). Medgivande: 00-1031/2001.

## Geologisk beskrivning

### Kvartärgeologisk beskrivning

Topografien i området närmast väster och nordväst om Simrishamn domineras av berggrundens morfologi och jordlagret är mestadels mycket tunnt. I stora områden går bergytan i dagen. I undersökningsområdet förekommer sorterade jordarter från ren lera till sand (figur 2). Morän förekommer med alla mellanled från moränfinlera (leramorän enligt Daniel (1986) med hög lerhalt till sandig, grusig morän. I Tommarpaåns dalgång förekommer även svåmsediment (Daniel 1986).

Området var täckt av inlandsis vid flera tillfällen under den senaste istiden och det finns spår efter flera isrörelseriktningar. De äldsta spåren indikerar en isrörelse nästan rakt österifrån (90°-100°) (Holmström 1904; Daniel 1986). Yngre isrörelsespår indikerar isrörelser från en nordlig till nordostlig sektor (Holmström 1904; Daniel 1986). Den yngsta isrörelsen i området har en sydlig riktning (Vortisch 1972; Daniel 1986). De vanligast förekommande isrörelseindikerande spåren är parabelriss och räfflor som visar på en från NE (45°-60°) dominerande isrörelseriktning över Österlen (Daniel 1986).

De olika isrörelseriktningarna tillsammans med de varierande berggrundsförhållandena på Österlen medför att det förekommer stora variationer i moränernas kornstorleksfördelning och bergartsammansättning. Den i området vanligaste moränen innehåller en hög halt fragment av den kambriska sandstenen och har ungefär samma utbredningsområde som sandstenen. Denna morän innehåller en stor andel ljusa sandstensblock. Den har en siltig/sandig till grusig sammansättning, ofta med en hög halt sten, innehåller mindre än 5 % lera och är helt kalkfri (Daniel 1986).

Moränfinleran på Österlen förekommer i ett område som sträcker sig från Tommarpaåns dalgång väster om Simrishamn och söderut längs kusten. Den förekommer i höjdområden på mellan 15 och 40 meter över havet. (Sorby 1994). Moränfinleran har en lerhalt på 20-60 % och innehåller ytterst lite material grövre än sand (Daniel 1986). Enligt Vortisch (1972) är mindre än 10 % av kornen större än 2 mm. Den innehåller ingen kalk ner till 1,5 – 2 meters djup (Daniel 1986) vilket troligen är en upplösnings- eller urlaknings-effekt. På större djup är moränfinleran kalkrik och innehåller 15-20 % kalk. Moränfinleran är troligen en omlagrad sedimentär lera och kan vara svår att skilja från icke omlagrad sådan. Holmström (1904) och Vortisch (1973) har beskrivit

varvig glacial lera i området. Sorby (1994) tolkar moränfinleran som en glaciakvatisk avlagring.

Vid den senaste inlandsisens avsmältning dämades lokala issjöar upp mot högre liggande landområden väster om isfronten. I dessa lokala bassänger avsattes issjösediment i huvudsakligen silt- och sandfraktion upp till en nivå av ca 50 m.ö.h. Dessa sediment har i regel en mäktighet på högst ett par meter. Diffusa övergångar mellan siltig morän och grovsilt/finsand är vanliga, vilket kan ha förorsakat felkarteringar, varvid sediment karterade som lerig/siltig morän mycket väl kan vara issjösediment. På lägre nivåer kan sediment, karterade som issjösediment egentligen utgöra ett svallat ytskikt av morän (Daniel 1986). Under fortsatt isavsmältning förbands issjöarna och blev med tiden en del av den Baltiska issjön. Under detta stadium utbildades högsta kustlinjen (Hk) i området. Det är dock oklart om Hk på Österlen är utbildad i lokala issjöar eller i den Baltiska issjön. Sammanhängande avlagringar som kopplas samman med Hk (sand och klapper) upphör dock i regel på en nivå runt 20 m.ö.h. Sorterade sediment på högre nivåer som t.ex. grovsilt/finsand är troligen avsatta i de tidigare nämnda lokala issjöarna med högre bassängnivåer än Baltiska issjön (Daniel 1986).

Det maximala kända jorddjupet i undersökningsområdet är ca 30 meter och är uppmätt på ca 20 meters höjd över havet på Tommarpaåns dalgångs östra dalsida. I majoriteten av de i detta arbete studerade borrhålen är jordlagrens mäktighet mindre än 10 m. De största jorddjupen återfinns på dalsidorna i Tommarpaåns dalgång.

## Berggrundsgeologisk beskrivning

### Översiktlig regionalgeologi

Berggrunden närmast väst och nordväst om Simrishamn utgörs av sedimentära bergarter av kambrisk ålder, huvudsakligen kvartsitisk sandsten och alunskiffer. Dessa sedimentära bergarter har en sammanlagd total mäktighet av ca 200 meter. Förkastningsrörelser har lett till att lagerföljden har tippats. De sedimentära bergarterna är mäktigast i den sydvästra delen av sitt utbredningsområde och tunnare ut mot nordost. Generellt sett går bergarter bildade under tidig till mellersta Kambrium i dagen i Simrishamnsområdet medan allt yngre bergarter utgör ytbergrund mot sydväst. Omfattande tektonisk aktivitet i området har dock medfört att denna trend uppvisar lokala variationer (Bergström i Daniel 1986). Alunskiffer finns i dag framför allt bevarad i förkastningsänkor där den

på grund av den omgivande kvartsitens högre kompetens har varit skyddad från erosion (Lindström 1967; Lindström & Vortisch 1972).

### Sedimentologi och utvecklingshistoria

Den subkambriska berggrunden var i slutet av prekambrisk tid utformad som ett peneplan (Bergström & Gee 1985). Peneplanet täcktes av vittringsgrus och sediment från lång tids erosion och deposition. På grund av globalt hög tektonisk aktivitet inleddes i slutet av prekambrium en transgression över det prekambrika peneplanet. Vittringsmaterial från de prekambrika gnejserna sorterades av vattnets rörelser och avsattes i grunt vatten i ett kustnära område växlande från deltamiljö till inre tidvattendominerat shelfområde. Avsättningsområdet låg i utkanten av den kaledonidiska bergskedjans bildningsområde under tiden för dess bildning. Vittringsmaterialet utgjordes av kvartssand, till en början med inslag av fältpater, men senare ren kvartssand. Sedimenten litifierades med tiden genom utfällning av kisel-syra och en mycket hård sandsten bildades (Bergström & Gee 1985; Hamberg 1990; Bergström & Kornfält 1998).

Kontakten mot urberget utgörs av ett dåligt litifierat, delvis konglomeratiskt, vittringsgrus av knappt en meters mäktighet (Nilsson 1970). Den av kvartssanden bildade sandstenen innehåller en rad strukturer som visar att sanden avsattes på ett vattendjup av högst något tiotal meter. Strukturer som återfinns i bergarten är t.ex. gräv-spår, korsskiktning och vågripplar. Några rester av de organismer som lämnat grävspår har dock inte påträffats (Ahlberg & Bergström 1998). Den kambriska sandstenens maximala mäktighet är ca 120 meter (Lindström & Staude 1971).

Transgressionen fortsatte och förhållandena stabiliserades i mellersta Kambrium. En syrefattig lågenergimiljö var rådande (Bergström & Gee 1985). Finkorniga sediment avsattes tillsammans med organiskt slam och alunskiffer bildades. Inom Österlenområdet har alunskiffern en mäktighet på 75-100 meter. I alunskiffern återfinns en hög koncentration av sällsynta grundämnen som anrikades under sedimentens avsättning. Troligen har dessa sin provenans i vittringsprodukter från den Kaledonidiska bergskedjan. Skifferna innehåller även tunna horisonter och linser av kalksten (Lindström 1967). Avsättningen av finkorniga sediment fortsatte under likartade förhållanden vidare in i Ordovicium. Sedimentära bergarter yngre än alunskiffern saknas i undersökningsområdet (Bergström i Daniel 1986).

## Tektonik och strukturer

Området genomskärs av den SO-NV riktade Tornquistzonen, en svaghetszon utsträckt från Svarta havet, genom Skåne och vidare mot Nordsjön. Under Ordovicium och Silur skedde betydande rörelser längs Tornquistzonen. Under tidig Silur sjönk berggrunden sydväst om Tornquistzonen flera tusen meter varvid berggrunden i Skåne utsattes för omfattande tektoniska rörelser.

För ca 280 miljoner år sedan, vid övergången från Karbon till Perm, utsattes området för kraftiga extensionsrörelser varvid långa sydost – nordvästligt riktade sprickor uppstod. I dessa trängde magma fram och spreds över dåtidens landskap. De av magman bildade basalterna har sedan eroderats bort och den stelnade magman i tillförsel-sprickorna finns i dag kvar som diabasgångar. Diabasgångar går i dagen på ett par platser inom Simrishamnsområdet och kan ibland ses som sänkor i terrängen då de motstår erosion sämre än

omgivande sandsten. Diabasgångarna kan även ses som höjdryggar i terrängen där de omges av en mindre motståndskraftig bergart.

Under större delen av Krita utsattes området på nytt för betydande tektonisk aktivitet (Bergström 1986; Lindström et al. 1991).

I sandstenen i Tobisborgsområdet nordväst om Simrishamn finns ett stort antal runda till ovala, trattformiga strukturer, s.k. trattsänkor, med upp till ca 200 meters diameter. Trattsänkorna bildades genom punktformig avsänkning av de ännu okonsoliderade sedimenten. Avsänkningen antas ha skett senast under tidig Ordovicium. I vissa av trattsänkorna finns alunskiffer bevarad, då den på grund av den omgivande sandstenens högre motståndskraft skyddats från efterkommande tiders erosion. Trattsänkorna är koncentrerade till linjer i riktningarna 55°, 90° och 120° och associeras till extensionssprickor i den subkambriska berggrunden (Lindström 1967).

# Hydrogeologi

## Vattenbalans

Sambandet mellan de olika komponenter som ingår i den hydrologiska cykeln beskrivs i vattenbalanskvationen (Freeze and Cherry 1979):

$$N = A_E + A_T + Q_y + Q_g + \Delta M$$

Ekvationens termer utgörs av nederbörd ( $N$ ), evaporation ( $A_E$ ), transpiration ( $A_T$ ), ytvattenavrinning ( $Q_y$ ), grundvattenavrinning ( $Q_g$ ) samt mark- och grundvattenmagasinsförändring ( $\Delta M$ ).

Det finns flera felkällor vid nederbördsräkning och det är svårt att korrekt korrigera för de fel som uppstår. De största felkällorna är avdunstning ur mätkärl, vidhäftning på kärlets väggar och vindförluster runt kärlet (Brandt et al. 1994). Mätfelet medför en underskattning av den faktiska nederbörden vilken i genomsnitt är 18% större än den uppmätta nederbörden (Eriksson 1980). SMHI korrigerar för mätfelet och tillhandahåller nederbördskartor med korrigerade nederbördsdata.

Avrinningen i vattendrag kan på flera olika sätt mätas med hög noggrannhet och mäts av SMHI i ett antal mätstationer. Grundvattenavrinningen i avgränsade jordlager eller geologiska formationer med kända tillrinningsområden kan uppskattas genom flödesmätningar i källflöden från dessa enheter (Knutsson & Morfeldt 1993).

Evapotranspirationen är den sammanlagda avdunstningen från våta ytor (evaporation) och avdunstningen från växters klyvöppningar (transpiration). Den verkliga evapotranspirationen är svårt att mäta eftersom den varierar mycket mellan olika vegetationstyper. Den dominerande faktorn som styr avdunstningen är luftens temperatur (Knutsson & Morfeldt 1993). Över större områden kan evapotranspirationen räknas ut som differensen mellan nederbörd och avrinning. Denna metod ger ett generaliserat och approximativt resultat.

Magasinsförändringar i grund- och markvattenmagasin är i princip negligierbara över längre tidsperioder varför man kan beräkna evaporationen som differensen mellan nederbörd och avrinning för längre perioder (Brandt et al. 1994). Den del av nederbörden som är intressant i grundvattensammanhang är den del av nederbörden som inte bortgår genom evapotranspirationen, d.v.s. nettonederbörden, vilken kan skrivas som:

$$N_{\text{Netto}} = N - (A_E + A_T)$$

Nettonederbördens storlek varierar under året på grund av variationer i temperatur och nederbörd. Under sommarhalvårets växtperiod kan arida förhållanden råda i sydöstra Sverige eftersom evapotranspirationen då kan överskrida den tillförda nederbörden (Knutsson och Morfeldt 1993).

Årsmedelnederbörden för mätstation Simrishamn är 628 mm (okorrigerat medelvärde för perioden 1961-1990), (Alexandersson et al. 1991). Det korrigerade värdet blir 741 mm efter korektion med det genomsnittliga korrektionsvärdet.

På SMHI:s för mätfel korrigerade nederbörds-karta för perioden 1961-1990 anges nederbörden i Simrishamnsområdet till ca 700 mm per år (Brandt et al. 1994). Avdunstningen i området är mellan 400 och 500 mm per år för perioden 1961-1990 (Brandt et al. 1994). Nettonederbörden är med dessa utgångsvärden 200 - 300 mm/år.

## Grundvatten

Grundvatten bildas genom att den del av nederbörden som tillförs markytan och inte åtgår till evapotranspiration infiltrerar i jordlagren. Vattnet perkolerar vidare ner genom sjunkvattenzonen tills det helt fyller ut jordens eller bergets porvolym och bildar grundvatten. Lokalt kan grundvatten dessutom bildas genom att ytvatten från t.ex. vattendrag eller sjöar perkolerar till en lägre liggande grundvattenyta.

Grundvattenbildningen styrs bl.a. av egenskaper i det material som vattnet infiltrerar i och perkolerar genom. Infiltrationen går snabbast i grovklastiska jordarter med stora porer och hög porositet som t.ex. välsorterade isälvsavlagringar. Även finkorniga jordarter kan genom sekundära processer erhålla egenskaper som underlättar infiltration. Exempel på sådana är t.ex. torrsprickor i ren lera eller moränlera. Kraftigt bioturberade eller frostmörda avlagringar, växters rotkanaler, block- och hållytor kan också vara effektiva infiltrationskanaler. Vattenflöde i sådana kanaler med lokalt högre transporthastigheter än i omgivande sediment betecknas som preferentiellt flöde. I hållområden med bergytan i dagen är infiltrationen koncentrerad till sprickor, såvida bergarten inte är mycket porös och tillåter infiltration på bred front.

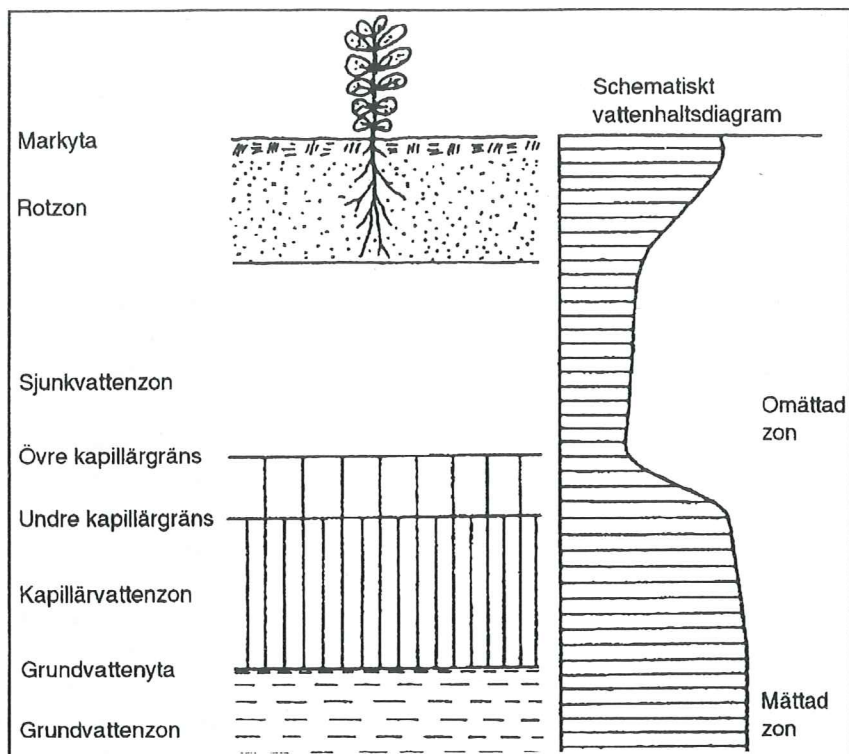
Infiltrationen är dessutom beroende av hur nederbörden faller. Mycket kraftiga regn, eller skyfall, kan i vissa fall leda till att en stor del av nederbörden försvinner som ytavrinning och inte bidrar till grundvattenbildningen (Knutsson & Morfeldt 1993; Grip & Rodhe 1994). Avrinning sker även i markhorisontens övre del, i den så kallade rotzonen. Bioturbation i de översta 30 - 40

cm av markhorisonten gör att denna är relativt genomsläpplig. Om den underliggande jorden är tätare så kommer en magasinering av vatten att ske i rotzonen. Uppnås mätade förhållanden så kan detta vatten avrinna till diken, bäckar och rännilar (Jeppsson 1999). I svensk moränterräng är den vattenledande förmågan normalt mellan 100 och 1000 gånger högre i horisontell än i vertikal led (Espeby och Gustavsson 1997).

Den fortsatta perkolations hastighet beror främst på jordartens eller bergartens fysikaliska egenskaper. Vattnet rör sig snabbare genom ett system med stora kommuniserande porer eller enstaka gångar med stor diameter än genom ett system med mindre porer eller tunnare gångar, detta oavsett om porernas/gångarnas sammalagda tvärsnittsarea är densamma. Innan vatten kan transporteras vidare genom den omättade zonen krävs en viss vattenmättnad. Denna vattenmättnad kallas för jordens fältkapacitet. Vatten adsorberas till och absorberas av partiklar i jorden och det är först när dessa ytor är mättade som jordens fältkapacitet är uppnådd och överflödigt vatten kan transporteras vidare neråt. (Knutsson och Morfeldt 1993; Jeppsson 1999).

Vattnets flödesriktning genom den omättade zonen varierar under året beroende på mängd tillfört vatten och växtsäsong. Den nedåtriktade komponenten är störst under höst till vår eftersom nederbördsmängden är relativt stor och evapotranspirationen är liten. Under sommaren kan den uppåtriktade vattentransporten i den omättade zonen vara betydande eftersom en större mängd vatten åtgår till evapotranspiration (Espeby & Gustavsson 1997).

I grundvattenzonen är porutrymmet helt vattenfyllt, det råder mättade förhållanden. Grundvattenytan är den nivå vid vilken grundvattnet inställer sig i ett öppet borrhål. I denna nivå är vattnets och atmosfärens tryck lika (Grip och Rodhe 1994). På grund av de kapillära krafterna förekommer även vatten i porer ovanför den fria grundvattenytan. Beroende på jordartens egenskaper så kan därför porutrymmet vara vatten-



Figur 3. Vattenhalten i markprofilen samt zonindelning. Vattenhalten i figuren återger situationen i markprofilen strax efter ett nederbördstillfälle. (Efter Knutsson och Morfeldt 1993.)

mättat även ovanför grundvattenytan (figur 3) (Knutsson & Morfeldt 1993).

Variationer i grundvattenytans nivå beror på en rad faktorer. Den främsta orsaken är variationer i nettonederbördens storlek. I en finkornig, relativt tät jordart blir grundvattennivåfluktuationerna stora, medan de i utbredda grusavlagringar blir relativt små. I en tät bergart med liten spricktäthet blir fluktuationerna vanligen större än i en med högre spricktäthet.

Grundvattennivåfluktuationerna varierar också topografiskt. I högre liggande områden, vilka ofta utgör inströmningsområden är fluktuationerna större än i lägre liggande utströmningsområden (Grip & Rodhe 1994).

Geologiska enheter ur vilka grundvatten kan utvinnas i användbara mängder kallas för akvifärer. En akvifär som genom de ovanliggande jordlagren står i direkt kontakt med atmosfären är en öppen akvifär. Om akvifärens kontakt med atmosfären begränsas av ett ovanliggande tätt lager, en akvitard, och grundvattnet står under högre tryck än atmosfärstrycket, sägs akvifären vara sluten. Grundvattenytans nivå i ett öppet borrhål genom det täta lagret kallas för den potentiometriska grundvattenytan eller grundvattnets trycknivå. Grundvattnets trycknivå kan ligga över markytans nivå och grundvatten i en brunn genom det täta lagret är då fritt flödande och sägs vara artesiskt.

Läckage från/till slutna akvifärer beror på för-

hållandet mellan trycknivåerna. En trycknivå som för en sluten akvifär ligger över trycknivån/ grundvattennivån för en ovan akvitarden liggande akvifär medför att ett uppåtriktat läckage kan ske genom akvitarden. På motsvarande sätt kan nedåtriktat läckage ske om trycknivån för en undre, sluten akvifär ligger under tryck-/ grundvattennivån för en överliggande akvifär. Läckage till en sluten akvifär kan induceras genom att vatten pumpas ur denna och trycknivån sänks. Läckagets storlek beror på det läckande lagrets hydrauliska konduktivitet och dess mäktighet. Läckage till en akvifär ur vilken man pumpar vatten medför att det påverkade området, influensområdet, blir mindre än om inget läckage förekommer (Freeze & Cherry 1979; Knutsson & Morfeldt 1993; Grip och Rodhe 1994).

Vattendrag fungerar oftast som dräneringskanaler för grundvattnet, varför grundvattennivån i marken i direkt anslutning till vattendraget som regel är densamma som vattennivån i detta. I vissa fall kan det dock ske infiltration från vattendrag till en lägre liggande grundvattenyta. Infiltration från vattendrag kan också induceras genom att vatten tas upp ur ett underliggande grundvattenmagasin. Naturligt läckage från ytvattendrag till grundvattnet kan t.ex. ske på vårar och höstar vid extrema högvattenstånd samtidigt som grundvattennivån är låg (Knutsson & Morfeldt 1993).

## Undersökningsområdets hydrogeologi

I undersökningsområdet kan huvudsakligen två akvifärer urskiljas. I de lösa jordlagren återfinns en osammanhängande porakvifär och i berggrunden återfinns sprickakvifärer i kambrisk sandsten och eventuellt även i alunskiffer. I kontakten mellan den prekambiska berggrunden och den kambriska sandstenen finns ett dåligt konsoliderat botten-

konglomerat som möjligen utgör en utsträckt sammanhängande porakvifär. Detta lager har en mäktighet på maximalt en eller ett par meter (Nilsson 1970).

Jordlagren utgörs av sediment med olika täthet och således varierande akvifäreenskaper. Relativt genomsläppliga sediment förekommer främst som lokala enheter i sand- eller finsandfraktion, men även den sandiga moränen kan vara vattenförande. De finkorniga jordarna och de leriga moränerna är mer eller mindre täta och kan betraktas som akvitarder eller akvikluder. Där dessa överlagrar vattenförande enheter bildas lokalt slutna akvifärer.

Den övre delen av den sedimentära berggrunden är relativt uppsprucken (Nilsson 1970) och berggrunden medger ett större vattenuttag än de lösa jordlagren. De kommunala brunnarna i undersökningsområdet är därför bergborrade och tar sitt vatten från sprickakvifärer i berggrunden. Även ett antal privata brunnar i området har sprängts ner i den övre delen av berggrunden för att på så vis öka grundvattentillströmningen. Sprickorna i berggrunden kan vara såväl vertikala såväl som mer eller mindre horisontella. De horisontella sprickorna är i regel ytliga, så kallade avlastningssprickor utbildade i samband med tryckavlastning i samband med inlandsisens tillbakadragande. Den kambriska sandstenen uppvisar i övrigt en hög täthet, men porositeten varierar mellan olika delar av Österlen (Hamberg 1990) och kan eventuellt lokalt utgöra porakvifär. Kleman (2001) studerade sandsten från ett flertal olika lokaler på Österlen med backscatter electrone microscope' vilket bl.a. gett bra bilder av sandstens porositet. Några värden på porositeten anger Kleman (2001) inte, men bilderna visar med all tydlighet att den effektiva porositeten är obefintlig i alla proverna.

# Föroreningars uppträdande i marken

## Föroreningstransport i marken

Hastigheten med vilken föroreningar transporteras genom marken beror på en rad faktorer. Primärt beror transporthastigheten i marken på hur föroreningen når markytan. Vid areell spridning går transporten genom marken i regel långsammare än vid punktmässig spridning/förorening. Transporthastigheten är vidare beroende av hur den fortsatta transporten genom markprofilen går till. Vattnets transporthastighet är högre när det råder mättade förhållanden i de stora kommunicerande porerna. Jordlagrens heterogena natur gör att vissa områden kan innehålla ett relativt orörligt vatten samtidigt som det i intilliggande områden sker en betydande vatten- och föroreningstransport (Bergström & Stenström 1998; Barbash & Resek 1998).

Ämnen som är lösta i vattenfasen följer med vattnet i dess vidare transport genom jordlagren. Denna process som kallas advektion är den mest betydelsefulla mekanismen för transport av i vatten lösta ämnen genom jordlagren. Ämnen transporteras även genom molekylär diffusion. Molekylär diffusion innebär att ämnen rör sig från områden med hög koncentration till områden med lägre koncentration. Transport genom diffusion kan vara förhållandevis betydande, särskilt i sediment med låg hydraulisk konduktivitet som leror (Espeby & Gustavsson 1997).

Ämnen som transporteras i porösa medier sprids och späds ut (dispergeras) genom att det lösta ämnet rör sig olika sträckor med olika hastigheter på sin väg genom mediet. Även den molekylära diffusionen bidrar till att dispergera lösta ämnen (Freeze & Cherry 1979).

Ämnen som rör sig med markvattnet transporteras långsammare än detta eftersom de genom olika processer fastnar i partiklar i marken. Processer som bromsar upp ämnen är t.ex. adsorption och utfällning. Bekämpningsmedel adsorberas i hög grad medan metaller ofta fälls ut, särskilt när de förekommer i höga koncentrationer. (Espeby & Gustavsson 1997).

Markpartiklar med god förmåga till adsorption är t.ex. lerpartiklar, och humusämnen (Espeby & Gustavsson 1997). För att bedöma en jords förmåga till att adsorbiera föroreningar bör man därför reda ut jordlagrens lerhalt och innehåll av organiskt material.

Adsorptionen är dessutom beroende av markens pH. Vid höga pH adsorberas katjoner starkt medan anjoner adsorberas starkare vid låga pH (Espeby & Gustavsson 1997).

## Nedbrytning

Nedbrytning av föroreningar i marken beror på faktorer som typ av förorening, föroreningens koncentration, jordart, temperatur, halt organiskt material och matjordens mäktighet.

Föroreningar som adsorberats till partiklar i marken utsätts för nedbrytande krafter av mikroorganismer (Espeby & Gustavsson 1997). Organismerna är anpassade till olika levnadsmiljöer och återfinns i porutrymmen av olika storlek. De minsta porerna är otillgängliga även för de allra minsta organismerna och föroreningar i dessa är således skyddade från mikrobiell nedbrytning. Föroreningar som befinner sig utanför de minsta porerna bryts ner av de mikroorganismer som lever där. När koncentrationen av en förorening minskat utanför de otillgängliga porerna och koncentrationen av föroreningen är högre i dessa än utanför, börjar föroreningen diffundera ut. Föroreningen blir då tillgänglig för de nedbrytande organismerna. Denna process innebär att den totala nedbrytningen av en förorening fördröjs (Bergström & Stenström 1998).

## Kväve

I ett naturligt system är kvävehalten mycket låg eftersom naturligt förekommande kväve normalt tas upp av växter. I samband med mänsklig aktivitet kan förhöjda kvävehalter förekomma som en följd av kvävegödsling, spridning av stallgödsel och utsläpp från avlopp. Kväve avsätts även från luften och har då sitt ursprung i förbränning av fossila bränslen. I marken förekommer kväve framför allt i den lättlösliga nitratformen. Nitrat adsorberas väldigt dåligt till partiklar i marken och kan därför lätt spridas till grundvattnet. Hur mycket kväve som rör sig till grundvattnet i jordbruksområden beror, förutom på gödslingsmetod även på vilken typ av gröda som odlas, jordart och klimat.

## Metaller

Även metaller kan p.g.a. mänsklig påverkan förorena grundvattnet. Metaller kan spridas från t.ex. trafik, avfallsdeponier, slagghögar från gruvor eller övrig industriell verksamhet. Spridningen kan ske dels till luften och dels till marken för att sedan transporteras till grundvattnet. Kadmium, zink,

bly och arsenik är de fyra metaller som behandlas i SNV:s rapport (von Brömssen 1999).

Kadmium används i allt mindre utsträckning, men finns upplagrat i jordbruksmark och förorenad mark varifrån en fördröjd urlakning kan ske. Naturligt förekommer kadmium i vissa sedimentära bergarter, t.ex. alunskiffer. I marken adsorberas kadmium till humusämnen och lermineral. Adsorptionen är svag och urlakning kan ske vid låga pH-värden i marken. Kadmium är toxiskt i låga halter och har ingen känd funktion i levande organismer.

Zink förekommer bl.a. i galvaniserade metallkonstruktioner och vid slagghögar från malmgruvor. Det är vanligt att lakvatten från avfallsupplag innehåller zink då det ofta finns stora mängder galvaniserade metallföremål deponerade. Även zink mobiliseras vid låga pH-värden. Förekomst av zink i grundvattnet indikerar att även andra metaller, främst kadmium, kan finnas mobiliserade.

Bly har framför allt spridits från avgaser från bilar, blyackumulatörer och sulfidmalm och finns deponerat i marken. Adsorption sker till såväl lerpartiklar som till organiskt material. Bly görs lösligt av låga pH men följer framför allt med organiska partiklar som är lösta i mark eller grundvattnet. Bly är inte nödvändigt för någon typ av organism och kan vara skadligt för människor i små koncentrationer.

Arsenik används vid impregnering av träprodukter och sprids dels vid tillverkning och dels från deponier av impregnerade produkter. Höga halter av arsenik förekommer även i sulfidmalmer och i vissa skifferar. Arsenik innebär framför allt en hälsorisk vid långtidsexponering, då även halter som understiger det hälsobetingade gränsvärdet påverkar hälsan negativt. Arsenik mobiliseras genom oxidation av sulfider, t.ex. vid avsänkning av grundvattenytan eller, då det är knutet till järnhydroxider, genom reduktion av järn, vanligen genom en höjning av grundvattenytan.

## Bekämpningsmedel

Bekämpningsmedel är organiska miljögifter som används för att bekämpa ogräs, skadeinsekter, svamp eller växtlighet i allmänhet. Bekämpningsmedel sprids dels areellt i jordbruksområden och dels lokalt i trädgårdar, grusplaner, idrottsplatser, vägrenar och järnvägsbankar (Hult 1997; von Brömssen 1999).

Under 1995 användes 1000 ton ogräsbekämpningsmedel inom jordbruket i Sverige. Totalt användes ca 9000 ton bekämpningsmedel, varav

7000 ton som träskyddsmedel (Espeby & Gustavsson 1997). Genom att bekämpningsmedlen sprids på markytan kan de lösas i markvattnet och transporteras vidare till grundvattnet. Många bekämpningsmedel har relativt lång nedbrytningstid och kan lagras i partiklar i marken eller i levande organismer.

Vissa bekämpningsmedel kan vara skadliga för människor och djur även i låga halter. De halter som hittills konstaterats i i grundvatten i olika undersökningsområden i landet uppvisar, med dagens kunskaper, dock inte sådana nivåer att det skall anses vara ett generellt miljöproblem. (von Brömssen 1999). Kunskaperna på området är däremot begränsade och mycket lite är känt om t.ex. de skadeeffekter som uppkommer då olika medel används tillsammans. En annan viktig aspekt är att den här typen av gifter kan anrikas i näringskedjan, så kallad biomagnifikation.

Förutom via areell spridning kan bekämpningsmedel nå grundvattnet på en rad andra vägar. De största riskerna för spridning från punktkällor är i samband med påfyllning och tvättning av sprututrustning, sprutning direkt intill brunn, transport från tillverkare och grossister, med dräneringsvatten från områden som gårdsplaner, järnvägar, vägrenar och från avfallsdeponier (Barbash & Resek 1996; Helweg 1999).

Bekämpningsmedel är organiska föreningar och har lättare för att bilda föreningar med organiskt material än med vatten. Detta innebär att bekämpningsmedel migrerar från vattenfasen till organiska jordpartiklar. Ämnen som starkt skyr vatten, så kallat hydrofoba ämnen, binds starkt till jordpartiklar. Hydrofoba bekämpningsmedel kan påträffas i sediment flera decennier efter spridningstillfället (Barbash & Resek 1996).

### **Grundvattenförorening med bekämpningsmedel**

Bekämpningsmedlens rörlighet i marken beror på en rad faktorer, dels bekämpningsmedlets kemiska och fysikaliska egenskaper och dels yttre egenskaper. De viktigaste egenskaperna som styr bekämpningsmedlens rörlighet är deras vattenlöslighet och adsorptionsbenägenhet. Yttre egenskaper som styr nedbrytning och rörlighet är markens innehåll av organiskt material, jordlagrens genomsläpplighet, den omättade zonens mäktighet, lerhalt, pH (för vissa bekämpningsmedel, t.ex. sulfonylureor), den mikrobiella aktiviteten och temperaturen (Barbash & Resek 1996; von Brömssen 1999; Helweg 1999). Lerhalt och innehåll av organiskt material är starkt knutna till varandra ge-



nom att organiska lösningar gärna bildar ytkomplex med lermineral. Detta leder till att innehållet av organiskt material i matjorden ökar med lerhalten i mineraljorden. Eftersom de två egenskaperna följer varandra åt är det svårt att säga vilken som är den viktigaste av de två (Barbash & Resek 1998).

Enligt en sammanfattning av flera undersökningar i USA kan man inte se något direkt samband mellan bekämpningsmedels nedbrytningstid (halveringstid) och förekomsten av bekämpningsmedel i grundvatten. Man antar att det bl.a. beror på att transporten till grundvattnet genom preferentiellt flöde är så snabb att halveringstiden inte har någon betydelse för förekomsten av bekämpningsmedel i grundvattnet (Barbash & Resek 1998). Om denna preferentiella transport inte existerar är det däremot möjligt att det kan finnas ett samband mellan halveringstid och förekomst i grundvatten.

Bekämpningsmedlens vattenlöslighet avgör hur lätt ett bekämpningsmedel har för att lösas i mark-

vattnet och transporteras vidare med detta till grundvattnet.

Nedbrytning av bekämpningsmedel kan under optimala förhållanden med hög halt organiskt material och god syretillgång gå relativt snabbt. Den viktigaste delen av nedbrytningen står mikroorganismer i jorden för. (Bergström och Stenström 1998; von Brömssen 1999). Temperaturen har betydelse för hur fort ett bekämpningsmedel bryts ner. En temperaturökning med 10° medför en tredubbling av nedbrytningshastigheten (Helweg 1999). Om marken innehåller ovanligt lite eller ovanligt mycket vatten kan det innebära att mikroorganismernas livsvillkor är så dåliga att nedbrytningshastigheten avtar. I den mättade zonen kan nedbrytningen ske långsamt, särskilt om syrehalt och mikrobiell aktivitet är låg, vilket är det normala (Hult 1997; von Brömssen 1999). Eftersom bekämpningsmedel är en stor grupp ämnen med varierande egenskaper är det svårt att generalisera deras uppträdande i naturen.

## Material

För att få fram ett hydrogeologiskt dataunderlag och kunna producera en begreppsmodell över områdets hydrogeologi användes både befintlig och nyinsamlad data. Det befintliga materialet har inhämtats ifrån brunnarkivet vid Sveriges Geologiska Undersökning (SGU), kartor och tidigare i området utförda undersökningar.

### Brunnsarkivet

SGU:s brunnarkiv innehåller data av varierande kvalitet över privata såväl som kommunala brunnar. Arkivet är på intet sätt fullständigt, men det innehåller data om ett antal borrhålen i området. I arkivet finns bland annat information om brunnarnas position, djup och i de flesta fall uppgift om lagerföljden.

### Kartor

Jordartskartan i skala 1:50 000 med tillhörande kartbladsbeskrivning (Daniel 1986) ger en bra be-

skrivning över områdets ytliga jordlager och geologi.

Den ekonomiska kartan (kartblad 2E 1b; 2E 2b, 2E 2a) ger information om topografi, ägandeförhållanden och fastighetsbeteckningar. Fastighetsbeteckningarna har använts för att via Lantmäteriverket få uppgifter om fastighetsägare för att via telefon lokalisera brunnar i undersökningssområdet.

### Tidigare undersökningar

Simrishamns kommun har bidragit med material i form av kartor med kommunens grundvattenanläggningar, borrhålen över vissa av borrhålen, uppgifter om vattenuttag och rapporter från tidigare utförda undersökningar i området.

Kompletterande data om borrhålen och lagerföljden har erhållits från privatpersoner vid intervjuer och från Malmberg Water AB i Yngsjö.

## Metoder

### Brunnsinventering

Befintliga brunnnsdata har kompletterats med fältundersökning i form av brunnsinventering. Kända brunnar inventerades och ytterligare brunnar lokaliserades och inventerades. Vid inventeringen mättes och noterades väsentliga brunnnsdata i form av grundvattennivå, brunnsdjup, brunnens dimensioner, brunnskonstruktion och information om brunnens användning.

### Grundvattennivåer

För att skapa en bild av grundvattenytans läge mättes avståndet till grundvattenytan i borrhade och grävda brunnar. Mätningarna utfördes med hjälp av ett så kallat "ljus-lod". Med detta mättes avståndet till den fria grundvattenytan i öppna brunnar. Markytans nivå i meter över havet interpolerades fram med hjälp av kända punkter från topografiska kartor och fältobservationer, varefter grundvattenytans nivå över havet beräknades. Grundvattennivåmätningar utfördes i totalt 61 befintliga brunnar. Grundvattennivåerna mättes vid två tillfällen: ett i september 2000 och ett i januari 2001. De aktuella kommunala grundvattenbrunnarna är bergborrade varför mätningar och dataanalys koncentrerades till borrhade brunnar. Ett antal grävda brunnar mättes dock. Av praktiska skäl kunde inte alla brunnarna mätas vid båda mättillfällena. Mätningar har skett både i brunnar som pumpats vid mättillfället och i brunnar som vid mättillfället varit i vila.

För jordlagerakvifären kompletterades grundvattennivådata från mätningar i grävda brunnar med ytvattenpunkter, vilka antas sammanfalla med grundvattenytan. Dessa ytvattenpunkter bestämdes utifrån fältobservationer, topografiska kartor samt jordartskartan.

Grundvattennivådata bearbetades med hjälp av datorprogrammet Surfer for Windows, version 7.0 från Golden Software, Inc. varvid kartor över grundvattnets trycknivå i bergakvifären, grundvattenytans nivå i jordlagerakvifären, skillnad mellan tryckytan och grundvattenytan och den omättade zonens mäktighet konstruerades. Den interpolationsmetod som använts vid databehandlingen, kriging, är en av de vanligaste metoderna för att behandla geostatistiska data och arbetar enligt en generaliserad, linjär regressionsteknik (Knutsson & Morfeldt 1993).

Med hjälp av grundvattennivåkartorna lokaliserades grundvattendelare och brunnarnas tillrinningsområde avgränsades.

## Geologisk beskrivning

För att få förståelse för hur vattnet rör sig i marken måste en tredimensionell bild av geologin skapas. Geologiska profiler har konstruerats med utgångspunkt i uppgifter om lagerföljden i bergborrade brunnar. Profilernas sträckning har därför styrts av brunnarnas läge (figur 11). Uppgifter om lagerföljder i brunnarna har erhållits från insamlade data i samband med brunnsborringarna och kvaliteten på dessa varierar. Förutom jordlagerdjup saknas uppgifter om den kvartära lagerföljden i borrhade borrhaden. Den kvartära lagerföljden är därför konstruerad med utgångspunkt från jordartskarta med kartbladsbeskrivning (Daniel 1986) samt rapporter från andra geologiska undersökningar utförda i området.

Lägen för sprickzoner och krosszoner är också av intresse då grundvattenflödet troligen är starkt koncentrerat till sådana. Läget för sådana är dock dåligt känt eftersom inget geofysiskt undersökningsmaterial har funnits tillgängligt. SGU arbetar för tillfället på det berggrundsgeologiska kartbladet över området men har inte haft något material att ställa till förfogande. Ungefärliga lägen för ett par diabasgångar och större förkastningar är utmärkta på kartor i olika sammanhang, bl.a. i "Österlens Geologi" (Lindström och Vortisch 1972).

### Riskklassning enligt SNV

Det aktuella undersökningsområdet består till stor del av jordbruksmark varför det är av särskilt intresse att bedöma risken för grundvattenförorening med bekämpningsmedel.

För bedömning av risken att påträffa bekämpningsmedel i grundvattnet har SNV gjort ett klassningssystem. Detta grundas på fem riskfaktorer vid areell spridning av bekämpningsmedel och en för punktkällor. Riskfaktorerna är indelade i en femgradig skala, från a - e enligt tabell 1. Riskfaktor a utgör minst och e störst risk för förekomst av bekämpningsmedel. Syftet med riskklassningen är att underlätta val av provtagningspunkter för analys av bekämpningsmedel i grundvatten. Provtagning kan koncentreras till identifierade högriskområden varvid både provtagnings- och analyskostnad blir lägre (von Brömssen 1999).

De riskfaktorer som studerats i detta arbete är jordlagrens genomsläpplighet, mullhalt i matjorden samt pH i matjorden. Metoderna för att bestämma dessa diskuteras nedan.

Den aktuella riskklassen bestäms genom att för varje område vägas samman de enskilda riskfaktorerna. Sammanvägningen ger en placering i en av tre riskklasser som ger den relativa

sannolikheten för att bekämpningsmedel kan förekomma i grundvattnet.

Sammanvägningen görs enligt tabell 2. För att denna riskklassning skall vara komplett måste även de riskfaktorer som inte tas upp i detta arbete beaktas.

## Matjordsundersökning

För bedömning av riskfaktorerna 2 och 3 utfördes analyser av matjordsprover med avseende på mullhalt och pH.

För analys av mullhalt (halt organiskt material) och pH insamlades 29 matjordsprover från punkter relativt jämt fördelade över undersökningssområdet. Vid provinsamlingen mättes även matjordsdjupet och en fältbedömning av sedimenten närmast under matjorden gjordes där det var praktiskt möjligt.

Analys av pH utfördes i enlighet med Svensk Standard (SIS 1994), med totalavsaltat vatten som extraktionsvätska. Mullhalten mättes som glödförlust (loss on ignition) enligt den metod som beskrivits av Bengtsson & Enell (1986).

## Klassning av jordlagrens genomsläpplighet

För bedömning av jordlagrens genomsläpplighet användes det av SNV (von Brömssen 1999) förordade klassningssystemet (tabell 1, punkt 1. Jordlagrens genomsläpplighet).

Klassningen har gjorts med hjälp av jordarts-karta och kartbladsbeskrivning (Daniel 1986), egna provtagningar, vetenskapliga rapporter och konsult-rapporter. Bedömningen utfördes för hela området och inte bara för de områden där areell spridning av bekämpningsmedel förekommer eller har förekommit.

Tabell 1. Riskfaktorer vid areell spridning av bekämpningsmedel (efter von Brömssen 1999).

Riskfaktorer vid areell spridning av bekämpningsmedel.	Riskfaktorer a-e
1. Jordlagrens genomsläpplighet	
1.1 är mycket begränsad i områden med > 3 meter lera	a
1.2 är begränsad då jordlagren är finkorniga (ler-, silt-, finkorniga moränjordar)	c
1.3 kan vara betydande med snabba transporter (sandjordar, "lättjordar", torrskorpelera <2 meter mäktig och tunna mullhaltiga jordar)	d
1.4 kan vara betydande med snabba transporter (grusade ytor utan vegetation i kombination med 2.2 eller 2.3)	e
2. Mullhalt i matjorden	
2.1 > 6% mullhalt	b
2.2 2 - 6% mullhalt	c
2.3 < 2% mullhalt	d
3. Markens pH	
3.1 Markens pH > 7 (kalkhaltiga jordar). Gäller endast sulfonylureor vars persistens och/eller löslighet ökar vid pH över 7)	d
4. Utströmningsområde	
4.1 permanent utströmningsområde	a
4.2 utströmningsområde som under torrperioder är inströmningsområde	b
5. Andra faktorer	
5.1 Bekämpningsmedel har <u>ej</u> spridits på hösten eller i samband med bevattning	b
5.2 Bekämpningsmedel har spridits på hösten och/eller i samband med bevattning	d
5.3 Besprutning har skett direkt vid brunn - risk för kontamination	e
5.4 Konstgjord infiltration ( bassänginfiltration eller inducerad infiltration vid stränder) har skett med ytvatten som innehåller bekämpningsmedel	e

## Bedömning av influensområden

Storleken på det område inom vilket grundvattennivån påverkas då vatten pumpas ur en grundvattenbrunn (influensområde) beror på en rad faktorer. De aktuella brunnarna är alla borrhålor i berggrunden och är borrhålor antingen i kambrisk sandsten eller i alunskiffer och sandsten. Med utgångspunkt i sandstenens låga effektiva porositet (Kleman 2001) och den låga hydrauliska konduktiviteten hos alunskiffer bedöms grundvattenflödet vara koncentrerat till sprickor i berggrunden.

Då uppgifter om provpumpningar av tillräcklig kvalitet saknas går det inte att utföra tillförlitliga beräkningar av brunnarnas influensområden.

*Tabell 2. Riskklasser avseende risken för förekomst av bekämpningsmedel i grundvatten efter sammanvägning av enskilda riskfaktorer. (Efter von Brömssen 1999)*

Klass	Benämning	Summering av enskilda riskfaktorer
1	Ingen eller obetydlig risk	Områden med minst en riskfaktor i grupp a men ingen i grupp e ELLER ingen riskfaktor i grupp d och e
2	Måttlig risk	Områden där alla riskfaktorer återfinns i grupperna b och c Eller endast en riskfaktor återfinns i grupp d och de andra i b eller c
3	Betydlig risk	områden där någon riskfaktor återfinns i grupp e ELLER minst två riskfaktorer återfinns i grupp d

Eftersom uppgifter om ytavrinning och avrinning i överlagrande enheter saknas går det inte att beräkna hur stort läckaget till bergakvifären är. För att få ett ungefärligt värde på läckagets storlek har en uppskattning gjorts. Troligen når mindre än en tredjedel av nettonederbörden bergakvifären. Det kan vara så lite som en tiondel, kanske ännu mindre (Hans Jeppsson SWECO VBB VIAK pers. komm.)

Med utgångspunkt från grundvattenuttagen i de pumpade brunnarna och uppskattat läckage till bergakvifären beräknas arean på det område som krävs för att bilda den uppumpade mängden grundvatten enligt:

$$A = Q / L$$

där A är ytan på det område som krävs för att bilda den uppumpade mängden grundvatten vid ett läckage på L m/år och ett grundvattenuttag på Q m<sup>3</sup>/år.

Detta område är inte detsamma som brunnens verkliga influensområde, men det visar om uppskattat tillrinningsområde är tillräckligt stort för att bilda uppumpad mängd grundvatten. Influensområdena har markerats på en karta som cirkelar runt respektive brunn. Med stöd av en grundvattennivåkarta för jordlagerakvifären avgränsas influensområdenas tillrinningsområde. Det totala tillrinningsområdet begränsas av grundvattendelaren och de flödeslinjer som tangerar influensområdenas ytterkanter.

# Resultat

## Geologiska profiler

Tre geologiska profiler har konstruerats (figur 5 - 7). Profilernas sträckningar (figur 4) ligger ungefär parallellt med eller vinkelrätt mot grundvattenflödet (jfr bilaga 1 - 4). Profilerna visar lagerföljder tolkade utifrån tillgängliga data. I vissa fall har lagerföljdsdata från brunnar upp till nästan 200 meter från profilens sträckning parallellförflyttats för att ge ett bättre dataunderlag. Detta har medfört att delar av profilerna har ett utseende som således inte speglar den faktiska geologiska situationen i profilens sträckning utan är en redovisning av lagerföljderna i de enskilda brunnarna. Jordlagerföljden är till stor del tolkad utifrån jordartskartan med tillhörande beskrivning.

### Profil A1- B1

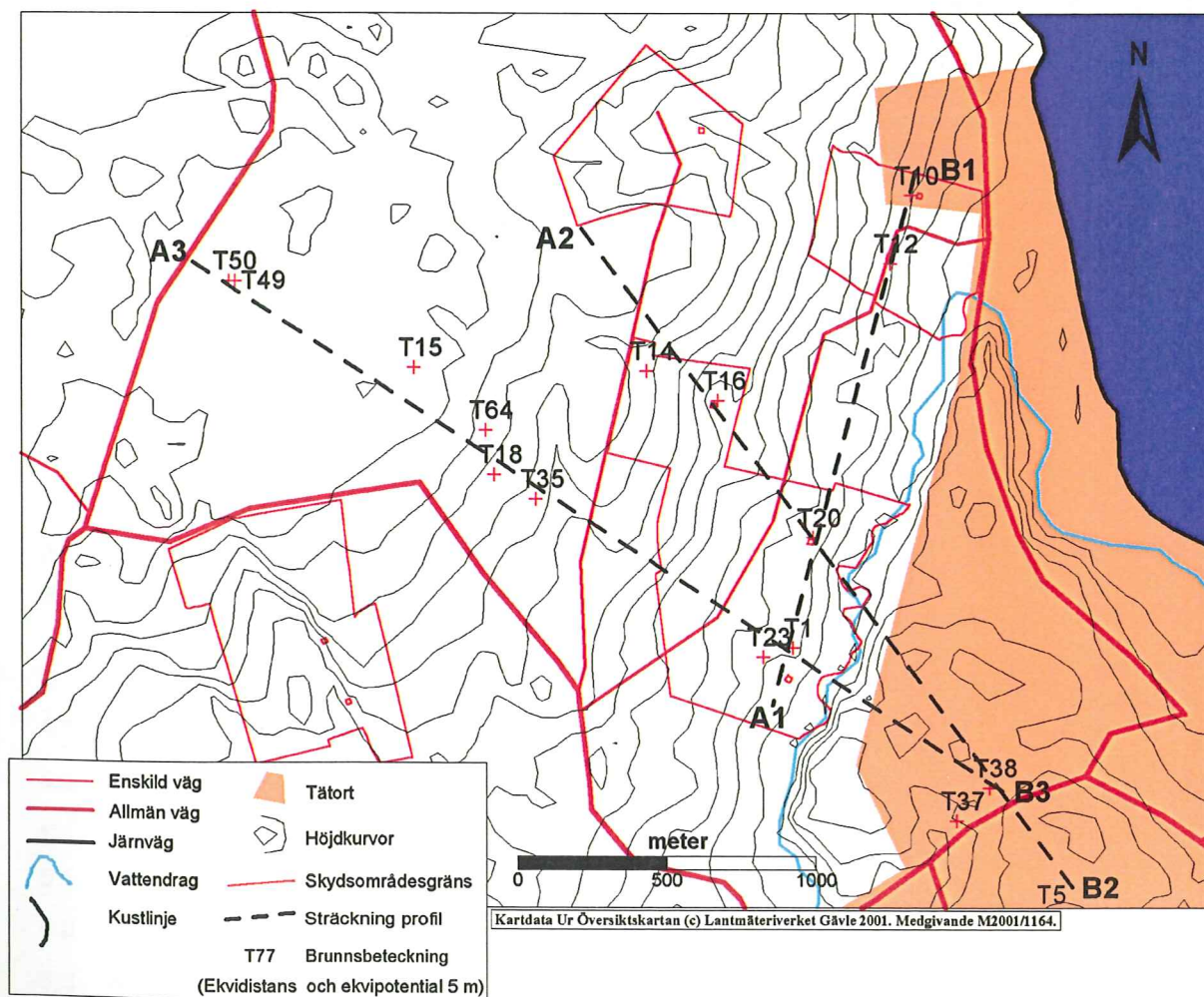
Profilen (figur 5) sträcker sig från SSV mot NNO (figur 4) längs med Tommarpaåns dalgångs västra dalsida. Lagerföljder är tagna från de tre i dag

använda kommunala brunnarna (brunn 1 - 3). För den nedlagda brunnen (T1) saknas uppgifter om geologisk lagerföljd.

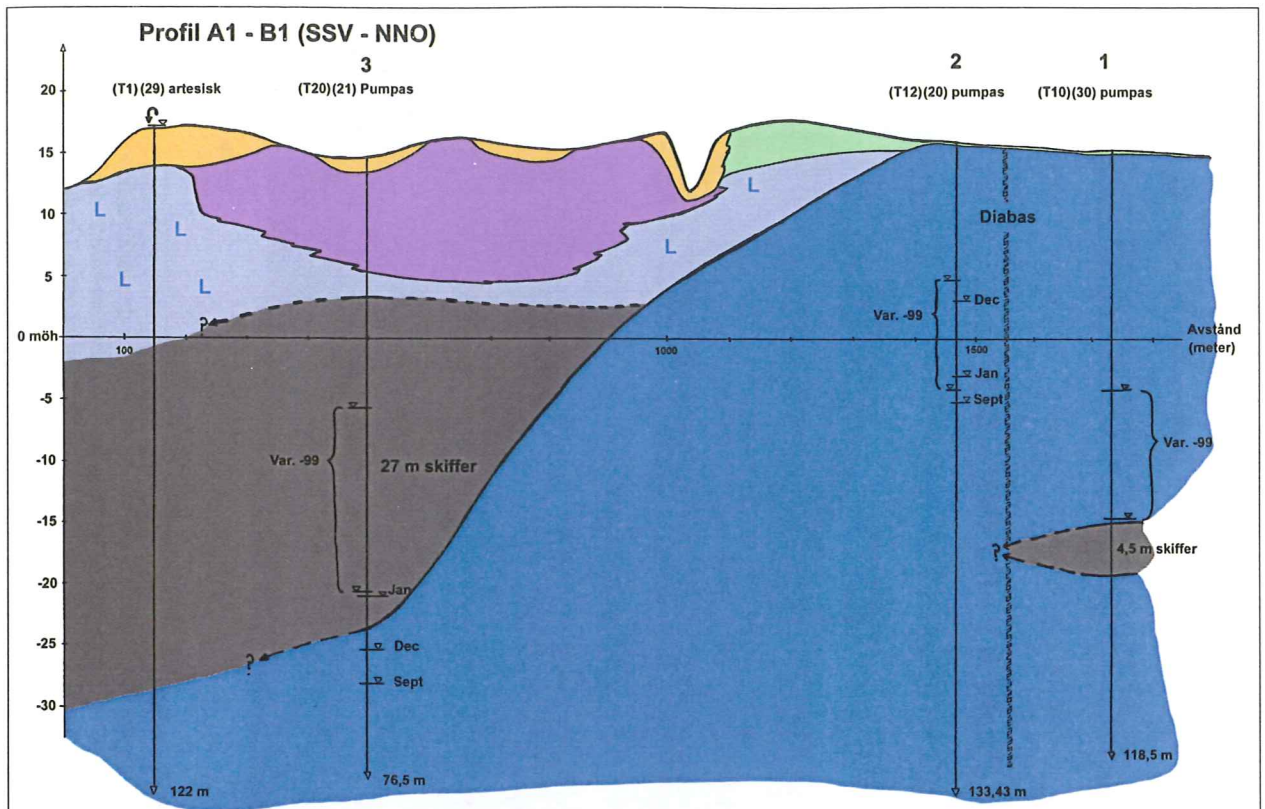
Förutom geologin så visar profilen grundvattensituationen i borrhålen vid olika tillfällen. Dels anges variationen under 1999 enligt uppgifter från Simrishamns kommun och dels anges uppgifter från mätningar utförda i september och december år 2000 samt i januari år 2001 (utförda av undertecknad).

### Profil A2 - B2

Profilen (figur 6) sträcker sig från NV mot SO (figur 4) och passerar genom borrade brunnar som används till hushållsändamål, en kommunal grundvattenbrunn samt genom brunnar som inte används längre. I profilens sydostliga del har lagerföljdsdata från två brunnar som ligger 50 - 200 meter från profilens sträckning parallellförflyttats till profilen och bidragit med data om lagerföljden. Detta gör att profilen uppvisar en knyck i berggrunden som inte återspeglar den verkliga situationen.



Figur 4. Sträckningen för de konstruerade geologiska profilerna (figur 5-7) samt läge och brunnnummer för de i profilerna ingående brunnarna.



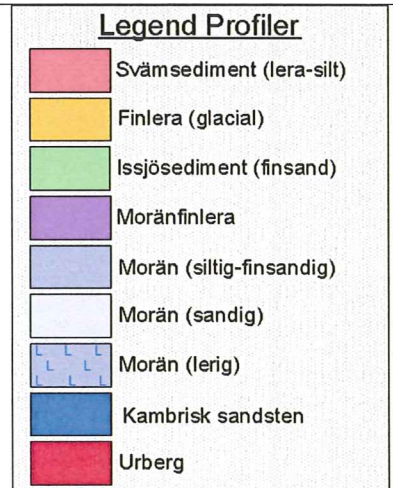
Figur 5. Profil A1 – B1. Höjd anges i meter över havet på profilens kortsidor. Avstånd anges i meter från profilens startpunkt på en axel i nollnivå. Borrhålen är markerade med svarta streck. I de fall då hela borrhålet ryms inom ramen för profilen är nivån för borrhålets botten markerad med ett horisontellt streck samt en angivelse av borrhålets totala djup i meter från markytan. I de fall då borrhålets djup är för stort för att få plats i figuren avslutas brunnsmarkeringen med en pil samt angivelse av borrhålets totala djup enligt ovan. Grundvattennivåerna i borrhålen är markerade med horisontella streck och en triangel med spetsen mot strecket samt angivelse om vilket måttillfälle markeringen återspeglar.

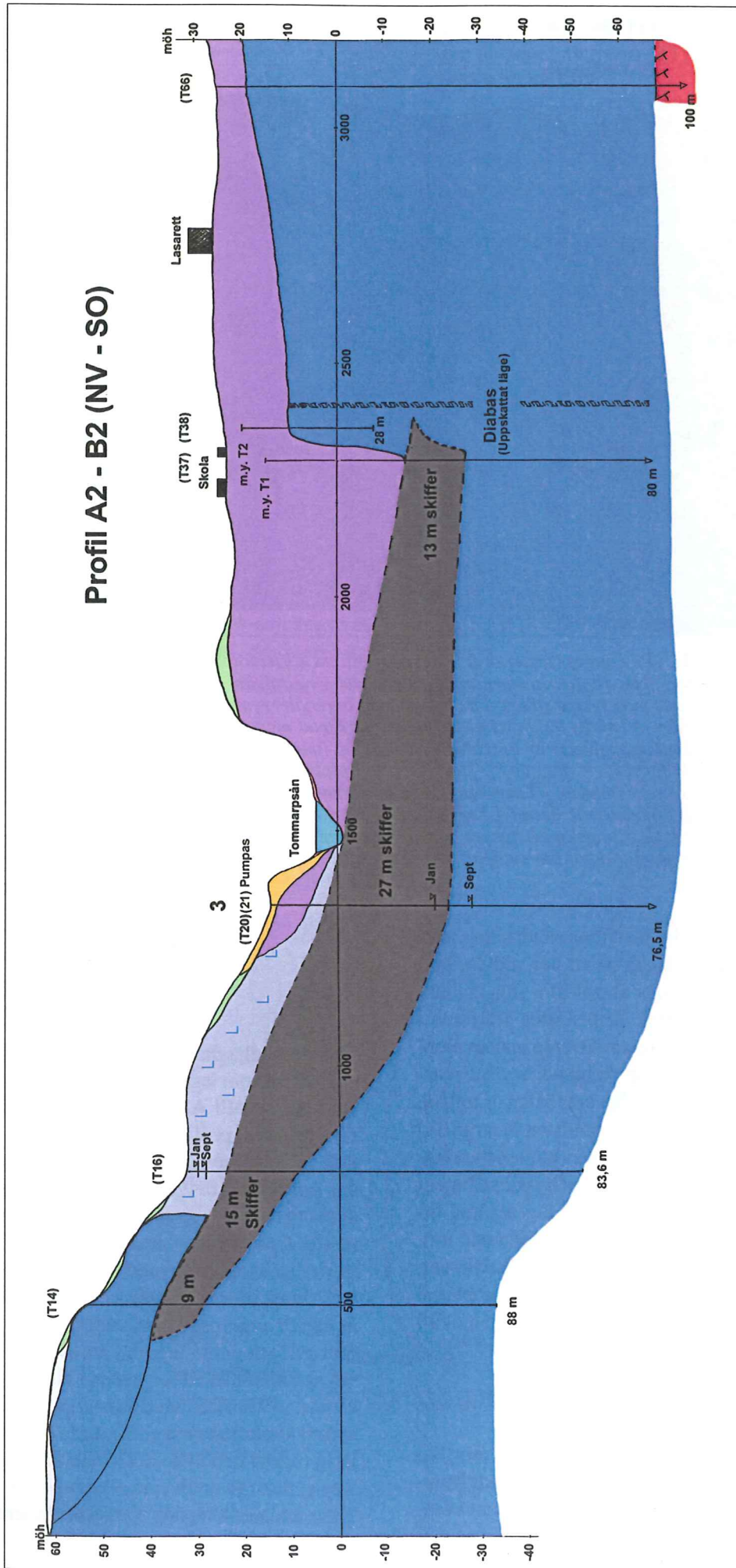
I profilens NV del återfinns sandstenen nära markytan och går i dagen på ett par ställen. I ett borrhål återfinns ett lager alunskiffer som mellanlagrar sandstensenheter. Alunskiffer återfinns i fyra av borrhålen och lagergränserna mellan alunskiffer och sandsten har streckats för att markera att utbredningen mellan borrhålen är tolkad. En diabasgång slår igenom sandstenen strax SO om skolan vid T37 och T38. Sandstenen överlagras av tunna moränavlagringar och issjösediment i finsandfraktion. De kvartära avlagringarna utgörs av sandig morän i NV, lerig morän och moränlera mot SO samt överlagrande issjösediment, lera och svämsediment. Sedimentmäktigheterna ökar mot SO och når mäktigheter av uppemot 30 meter SO Tommarpaån.

### Profil A3 – B3

Profilen (figur 7) sträcker sig från NV mot SO (figur 4) och passerar genom privata borrhåll som används till hushållsändamål samt kom-

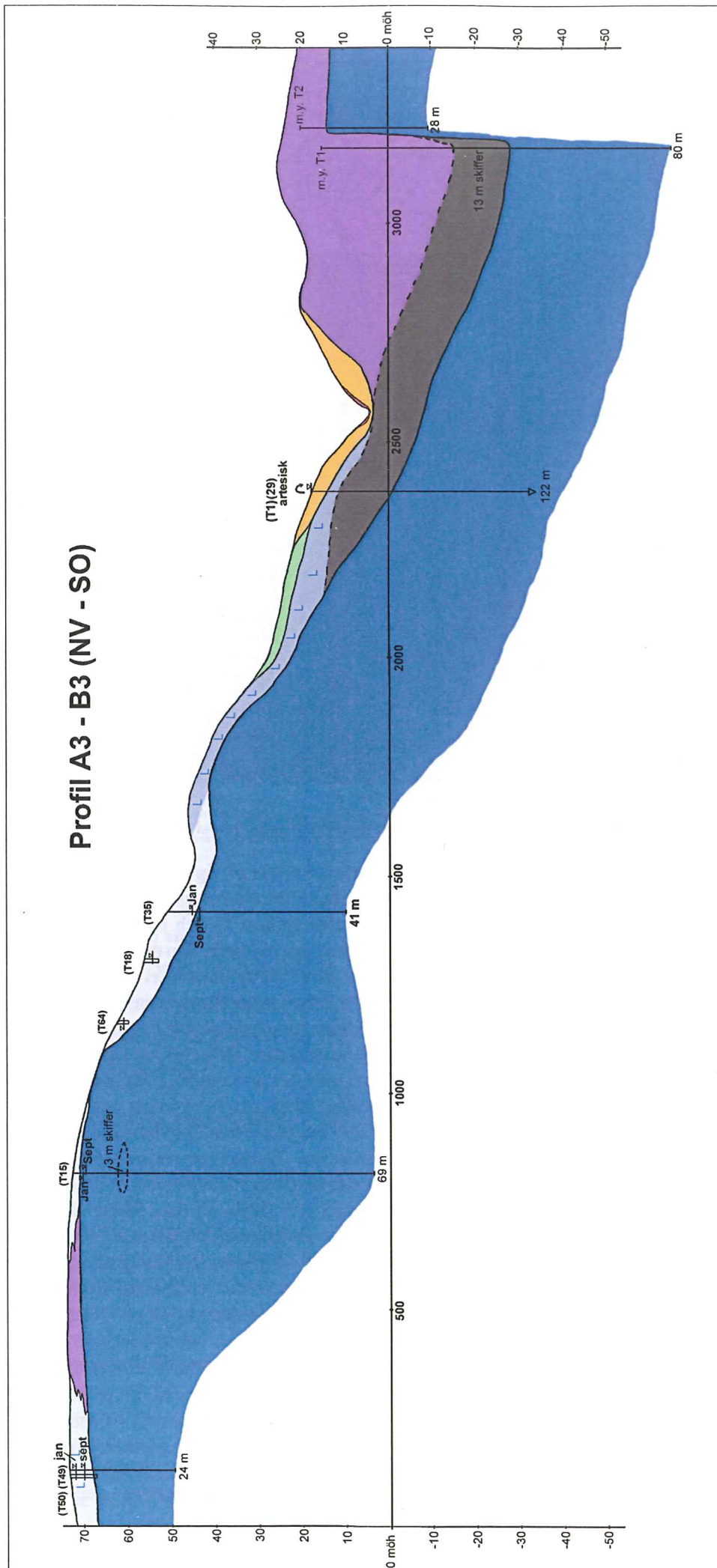
munala nedlagda brunnar. I profilens sydostliga del har data om lagerföljden från samma två brunnar som i profil A2-B2 (T37 och T38) parallellförflyttats till profilen. Sandstenen täcks av kvartära sediment av relativt liten mäktighet i profilens nordvästra del. Sedimentens mäktighet ökar åt sydost och når en maximal mäktighet av ca 30 meter. I profilens sydöstra del överlagras sandstenen av alunskiffer med en mäktighet av 13 meter. Alunskiffers vidare sträckning är osäker och är därför avgränsad med streckad linje. De kvartära avlagringarna utgörs i nordväst av lerig morän och moränlera övergående i sandig morän som tunnar ut varefter sandstenen går i dagen. Mot sydost återkommer sandig morän övergående i en lerig morän och sydost Tommarpaån moränlera. Lerig morän och moränlera överlagras i Tommarpaåns dalgång av issjösediment och lera.



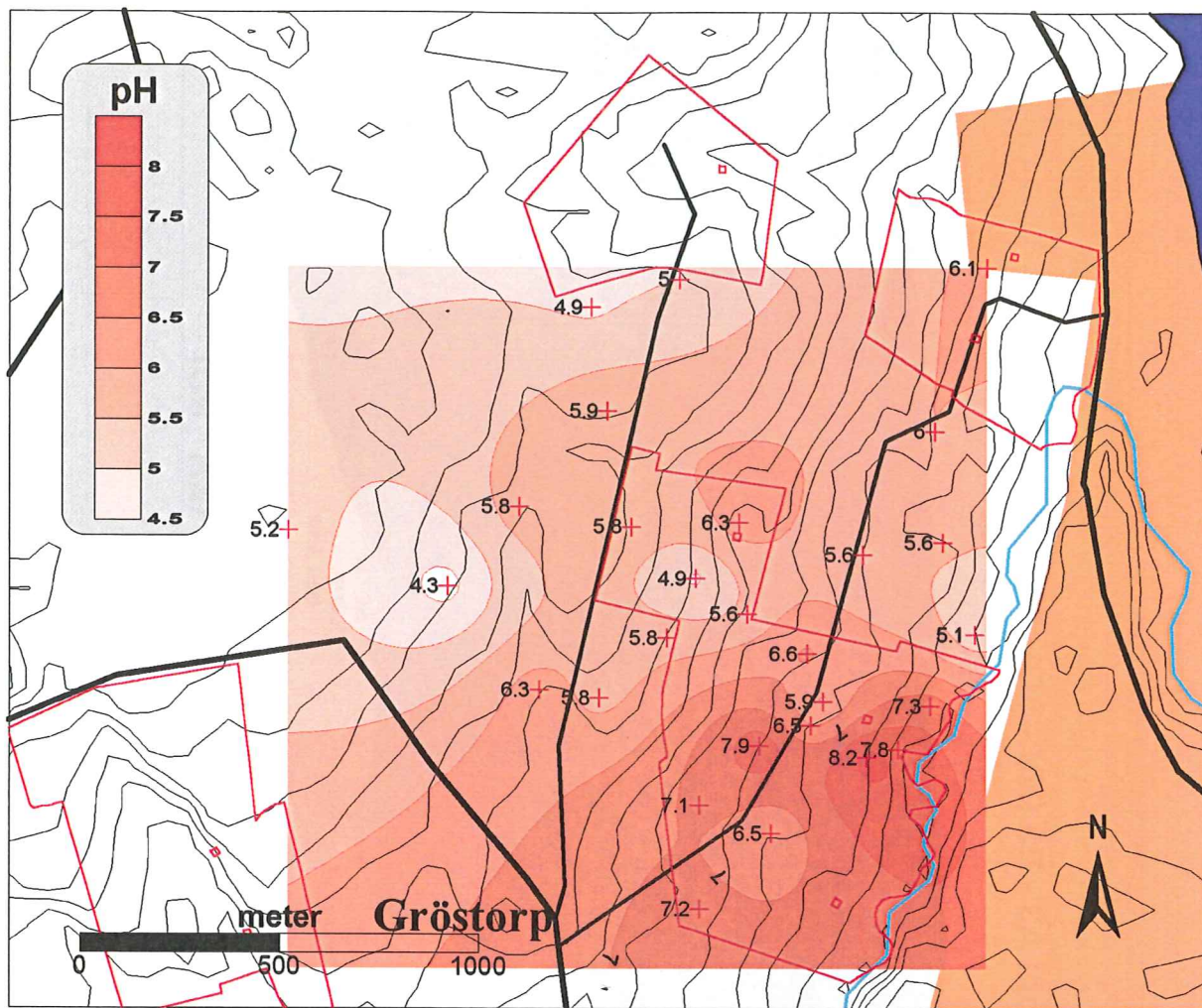


Figur 6. Profil A2 - B2. Höjd anges i meter över havet på profilens kortsidor. Avstånd anges i meter från profilens startpunkt på en axel i nollnivån. Borrhålens botten markerade med vertikala, svarta streck. I de fall då hela borrhålens botten markerad med ett horisontellt streck samt en angivelse av borrhålens totala djup i meter från markytan. I de fall då borrhålens djup är för stort för att få plats i figuren avslutas brunnsmarkeringen med en pil samt angivelse av borrhålens totala djup enligt ovan. Grundvattennivåerna i borrhålens är markerade med horisontella streck och en triangel samt angivelse om vilket måttförelle markeringen återspeglar.

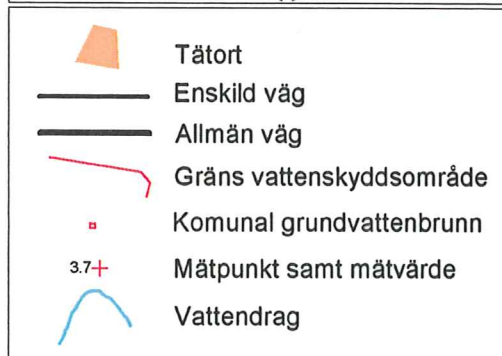




Figur 7. Profil A3 – B3. Se figurtext till figur 6. för förklaring.



Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.



Figur 8. pH i matjorden.

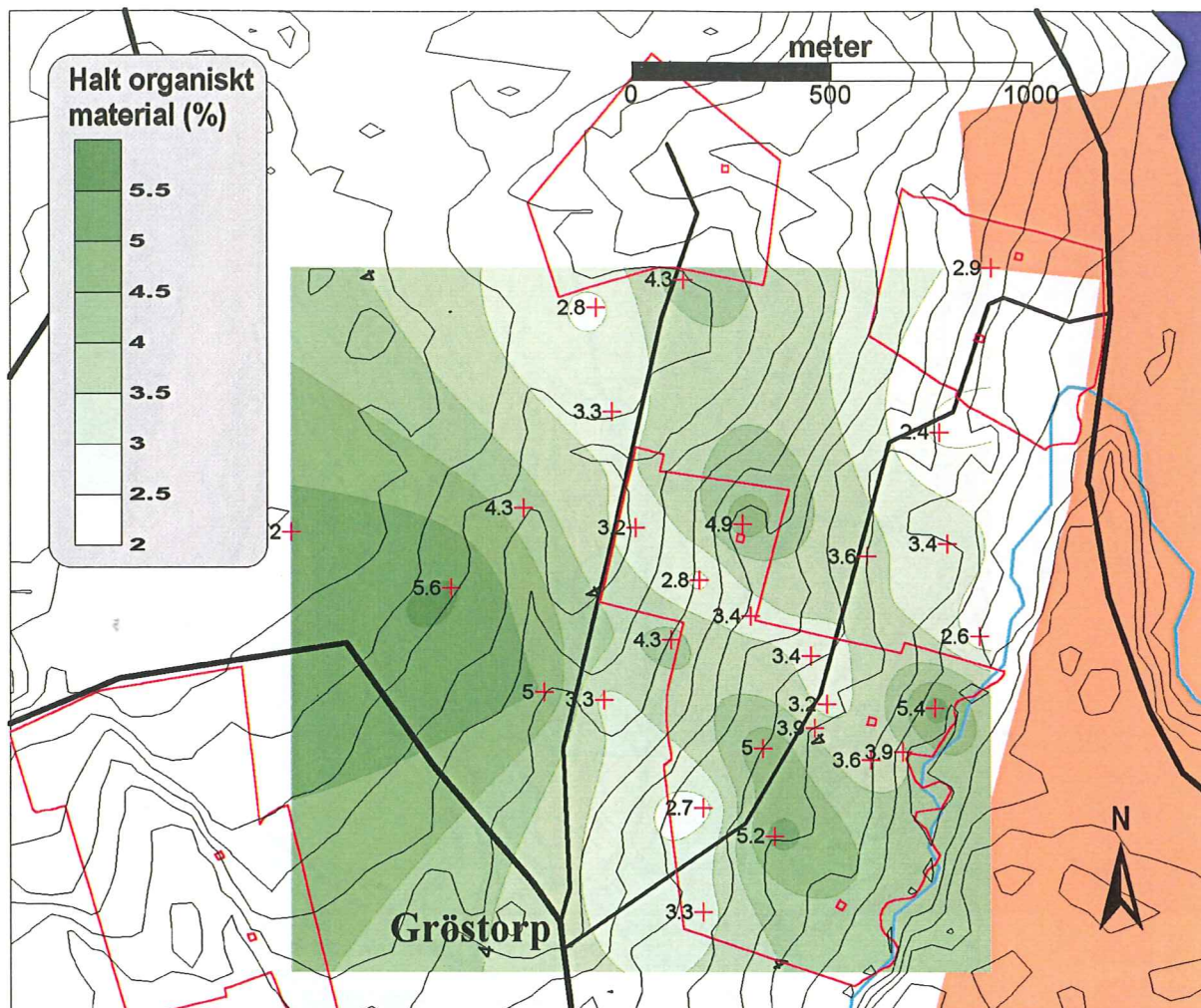
## Grundvattennivåer

De uppmätta grundvattennivåerna presenteras i form av grundvattennivåkartor (Bilaga 1-4). Kartorna återger grundvattenytan i jordlagerakvifären respektive grundvattnets trycknivå i bergakvifären, båda i m.ö.h. Kartor har konstruerats dels med data från grundvattennivåmätningar i september 2000 och dels med data från mätningar i januari 2001. På kartorna är även skyddsområden och brunnar som inte ingår i denna undersökning markerade. Som tidigare nämnts är skyddsområdet vid Bäckalladalen inte längre aktuellt (figur 1). De tre kommunala grundvattenbrunnarna som är i bruk

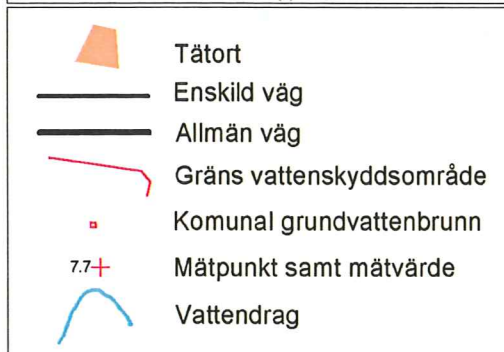
är markerade på figur 1.

Kartorna över trycknivån i bergakvifären i september (bilaga 1) och januari (bilaga 2) är lika, men vissa olikheter kan urskiljas. Olikheterna beror delvis på att dataunderlaget inte är identiskt. I trycknivåkartan för september finns t.ex. en aktiv brunn i kartans södra del som inte är med på januarikartan. Detta gör att kartorna ser lite olika ut, men det ger inga betydande skillnader i det för undersökningen intressanta området. Grundvattnet i bergakvifären uppvisar, från ett område strax norr om Gladsax, ett radiellt flöde mot nordost, öster och sydost. Flödet mot de aktuella brunnarna kommer i stort sett rakt väster ifrån. Den markanta avsänkningstratten runt brunn T20 avspeglar ett stort grundvattenuttag ur denna brunn.

Kartorna över jordlagerakvifären i september (bilaga 3) och januari (bilaga 4) uppvisar stora likheter med trycknivåkartorna och visar även de ett radiellt grundvattenflöde från ett område strax norr om Gladsax. Grundvattnet rör sig från väst till nordväst mot de aktuella brunnarna i undersökningsområdet. Grundvattenytans utseende varierar inte mycket mellan januari och september. Grundvattendelaren har i stort sett samma läge



Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.



Figur 9. Halt organiskt material (mullhalt) i matjorden.

på båda kartorna och ekvipotentiallinjerna är lika, men med skillnader i grundvattenytans absoluta nivå. Den markanta skillnaden i kartans sydvästra del beror på det olika antalet datapunkter. I kartområdets sydöstra hörn saknas datauppgifter från jordlagerbrunnar varför grundvattenytans utseende är missvisande.

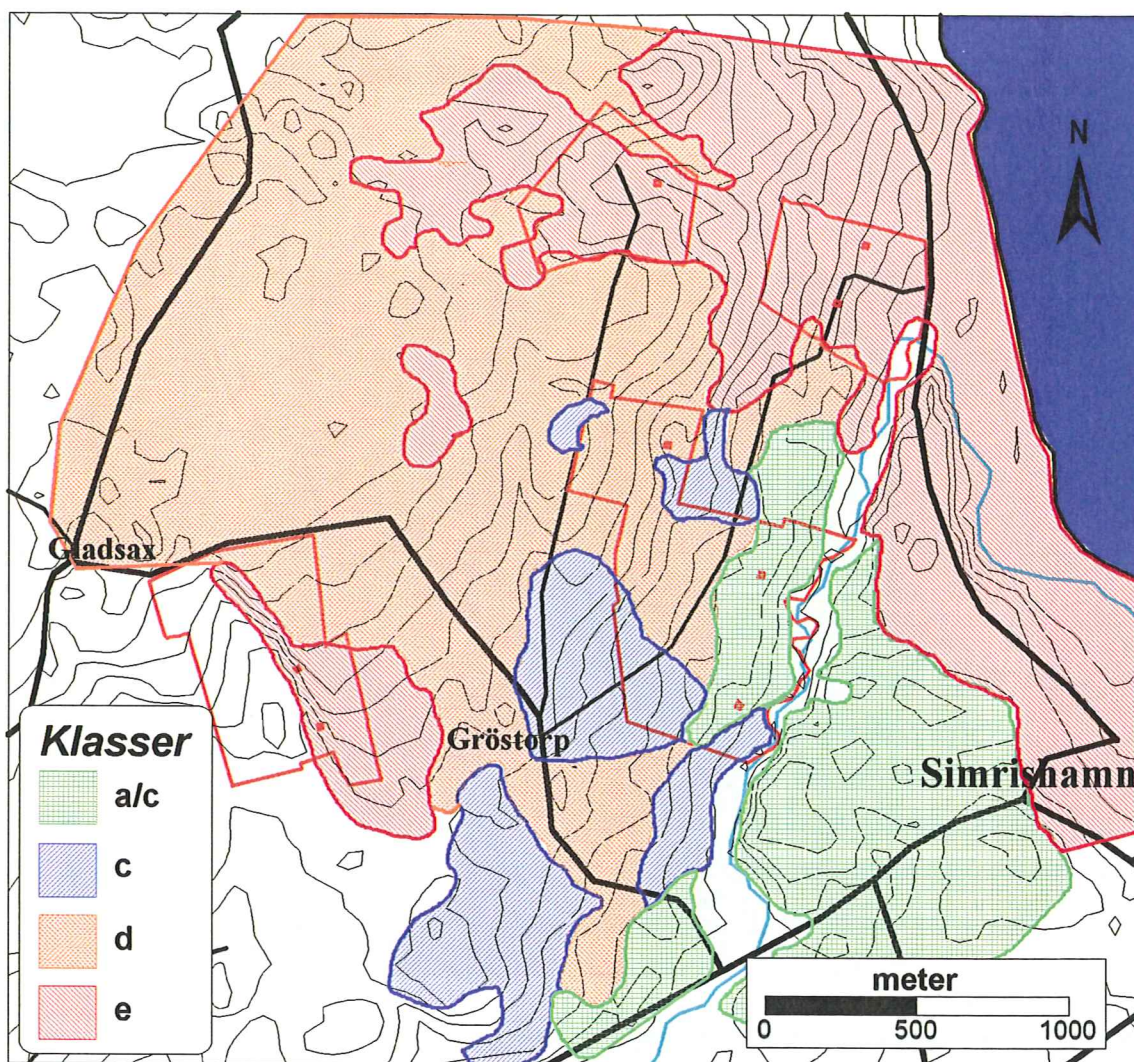
Som komplement till grundvattennivåkartorna finns kartor som återger skillnaden mellan trycknivån i bergakvifären och jordakvifären i september respektive januari (bilaga 5 & 6). Områden där den interpolerade trycknivån i bergakvifären ligger över den interpolerade grundvattennivån i

jordakvifären är markerade med orange på kartan. Inom dessa områden är läckaget uppåtriktat och det är osannolikt att det i dessa områden sker något grundvattenläckage till bergakvifären.

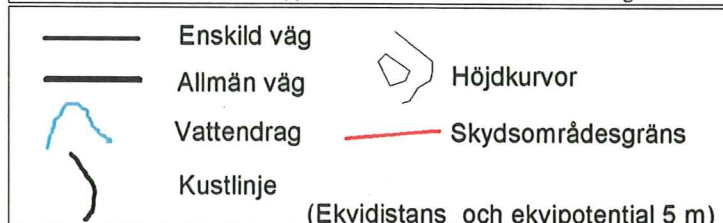
### Omättade zons mäktighet

Den omättade zons mäktighet presenteras i kartform för september (bilaga 7) och januari (bilaga 8). Kartorna visar mäktigheten av den del av jordlagren som befinner sig ovan den fria grundvattenytan. Kartorna visar att den omättade zonen generellt sett har sin största mäktighet i den västra delen av kartområdet och att den tunnare ut mot öster. Områden med liten omättad zon sammanfaller framför allt med områden med tunna jordlager som t.ex. hållområdet vid Tobisborg NV om Simrishamn.

Det finns även ett par områden på kartan där den omättade zonen är negativ. Detta är en effekt av interpolationsmetoden och innebär inte att det är sjöar i dessa områden. Grundvattenytan befinner sig däremot väldigt nära markytan eller sammanfaller med denna i t.ex. bäckar, våtmarker eller dammar.



Kartdata Ur Översigtskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.



Figur 10. Jordlagrens genomsläpplighet. Kartbilden återger jordlagrens genomsläpplighet klassat med utgångspunkt i SNV:s klassningssystem (von Brömssen 1999). Klass a/c innebär att jordlagrens genomsläpplighet är begränsad till mycket begränsad. Klass c innebär att jordlagrens genomsläpplighet är begränsad. Klass d innebär att genomsläppligheten kan vara betydande med snabba transporter till grundvattnet. Klass e innebär att genomsläppligheten kan vara betydande.

## pH i matjord

Resultatet av pH-mätningarna är redovisat dels i tabellform (bilaga 9) och dels i kartform (figur 8). De enskilda mätpunkternas pH-värde är markerat på kartan och med utgångspunkt från dessa har isolinjer med 0,5 pH-enheters mellanrum interpolerats fram för att åskådliggöra pH-fördelningen i markplanet.

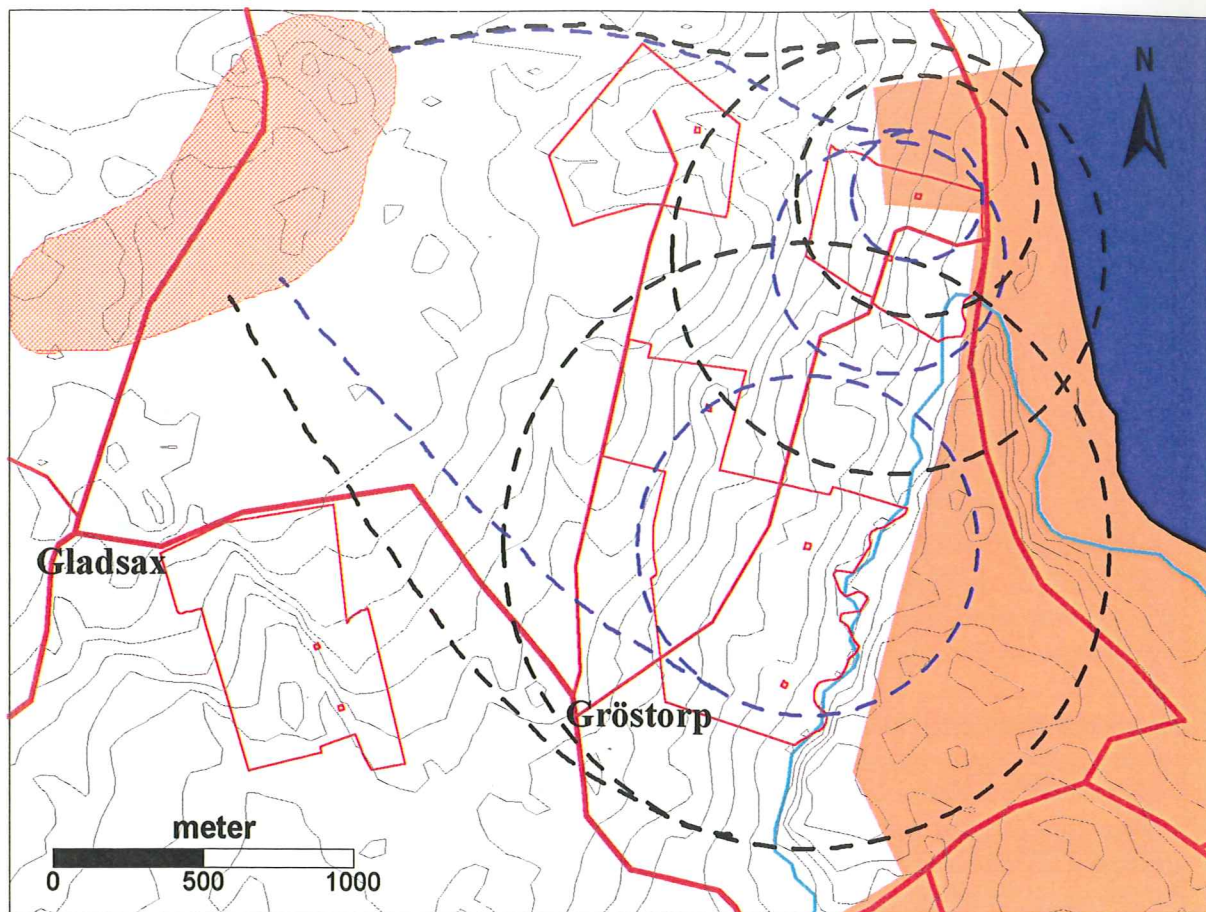
## Mullhalt i matjord

Innehållet av organiskt material i matjorden är redovisat dels i tabellform (bilaga 9) för varje mät-

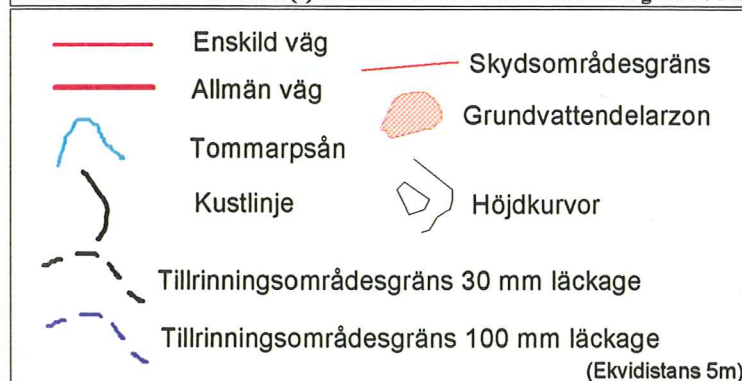
punkt och dels i kartform (figur 9). Kartan åskådliggör på samma sätt som pH-kartan det procentuella innehållet av organiskt material i matjorden, dels som mätvärde för varje enskild mätpunkt och dels med hjälp av isolinjer och en färgskala.

## Jordlagrens genomsläpplighet

Den areella fördelningen av jordlagrens genomsläpplighet enligt SNV:s klassificering redovisas i kartform i figur 10. Då det för vissa områden är svårt att avgöra om de skall tillhöra klass a (>3 meter lera) eller c har områden där osäkerhet råder lagts in som klass a/c.



Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.



Figur 11. De kommunala grundvattenbrunnarnas influensområde samt tillrinningsområde vid två olika värden på läckaget till bergakvifären. På kartbilden återges tillrinningsområde och influensområde dels vid ett läckage på 30 mm (svart streckad linje) och dels vid ett läckage på 100 mm (blå streckad linje).

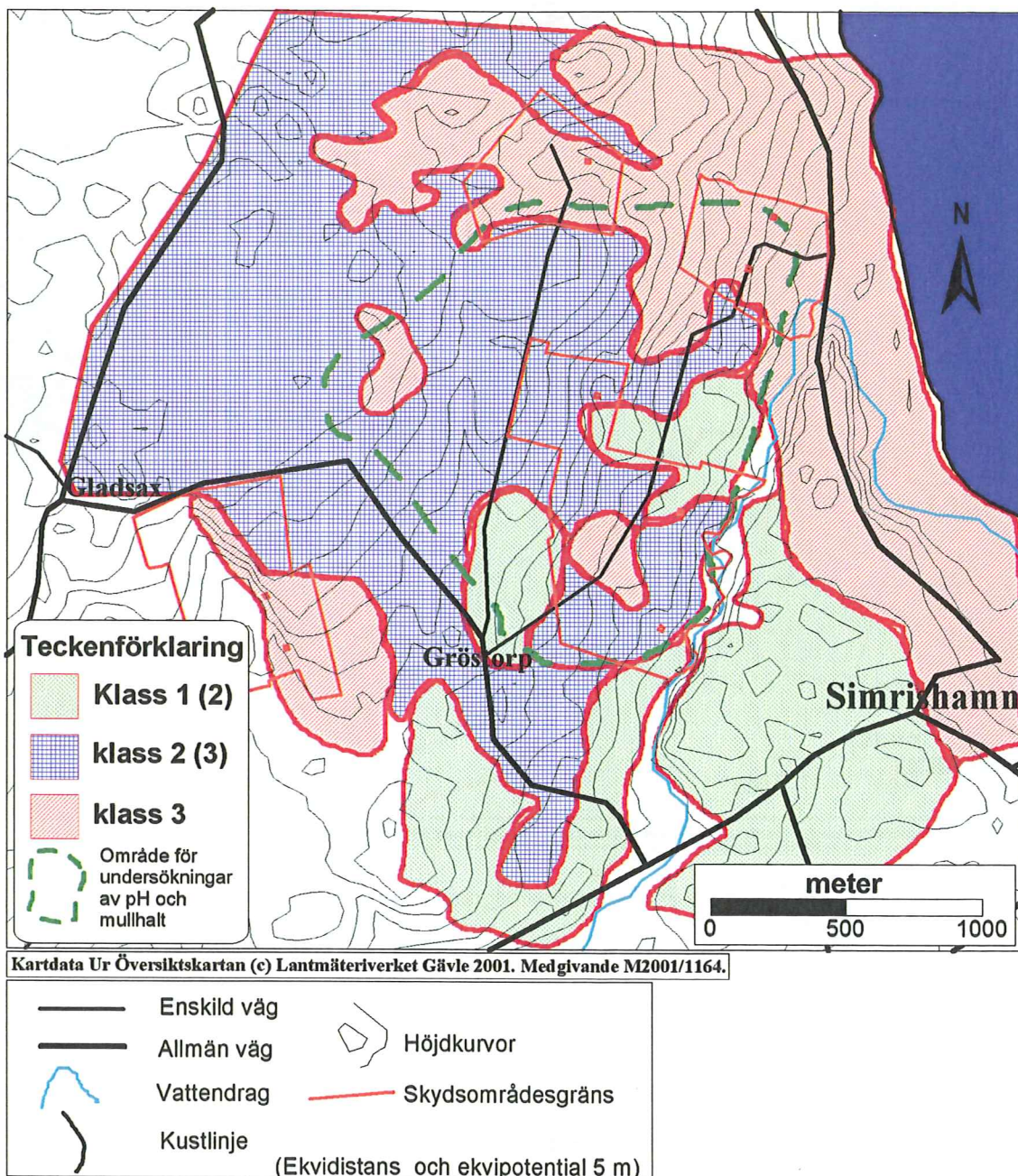
## Influensområden

De kommunala grundvattenbrunnarnas beräknade influensområden presenteras i figur 11. På kartan är varje brunnns enskilda influensområde markerat som en cirkel med medelpunkt i respektive brunn. Kartan visar även en grundvattennivåkarta för jordlagerakvifären. Flödeslinjer från influensområdenas maximala utbredning till grundvattendelaren är markerade med streckade linjer vilket avgränsar brunnarnas tillrinningsområde. Influensområden och tillrinningsområde är markerade för ett läckage till bergakvifären på dels 30 mm och dels 100 mm. I det markerade tillrinningsområdet

är vid 30 mm läckage till bergakvifären det totala årliga läckaget ca 187 000 m<sup>3</sup>. Vid ett läckage på 100 mm till bergakvifären är det totala årliga läckaget ca 358 000 m<sup>3</sup>.

Tabell 3. Uppumpade mängder vatten och influensområden vid ett läckage till bergakvifären på 30 mm per år. Beteckningar inom parentes anger brunnnummer enligt bilaga 1.

Brunn	Q/1999 (m <sup>3</sup> )	Yta (m <sup>2</sup> )	Radie (m)
1. (T10, (30))	17 951	598 367	436
2. (T12, (20))	54 784	1 826 133	762
3. (T20, (21))	106 545	3 551 500	1 063
<b>Totalt:</b>	<b>179 280</b>	<b>5 976 000</b>	<b>1 379</b>



Figur 12. Riskklassning med avseende på förekomsten av bekämpningsmedel grundvattnet. Riskklassning enligt SNV:s klassningssystem (von Brömssen 1999) se tabell 2. Klass 1 innebär ingen eller obetydlig risk för förekomst av bekämpningsmedel i grundvattnet. Klass 2 innebär måttlig risk och klass 3 betydlig risk. Siffrorna inom parentes anger klassen om bekämpningsmedel spridits på hösten eller i samband med bevattning.

Tabell 3 och 4 visar, för två olika värden på läckaget till bergakvifären, arean och radien för en cirkel med samma area, på de områden som krävs för att i bergakvifären bilda den uppumpade mängden grundvatten.

### Riskklassning enligt SNV

Riskbedömning och riskklassning har i detta arbete utförts för hela tillrinningsområdet utan hänsyn till om besprutning har skett eller sker idag. För områden där bekämpningsmedel inte används är klassningen en bedömning av risken för förorening

av grundvattnet om bekämpningsmedel används. De olika klassernas geografiska fördelning är redovisade i figur 12.

Tabell 4. Uppumpade mängder vatten och influensområden vid ett läckage till bergakvifären på 100 mm per år. Beteckningar inom parentes anger brunnnummer enligt bilaga 1.

Brunn	Q/1999 (m <sup>3</sup> )	Yta (m <sup>2</sup> )	Radie (m)
1. (T10, (30))	17 951	179 510	239
2. (T12, (20))	54 784	547 840	418
3. (T20, (21))	106 545	1 065 450	582
<b>Totalt:</b>	<b>179 280</b>	<b>1 792 800</b>	<b>755</b>

# Diskussion

## Profiler

Profilerna bygger på ett relativt litet dataunderlag som dessutom är av varierande kvalitet och tillförlitlighet. Viss tveksamhet råder t.ex. till uppgift om ett tunnt lager skiffer under nästan 30 m sandsten och därefter sandsten igen. Här kan troligen en förväxling med någon annan bergart ha skett vid bedömningen (Borrhål 30 figur 5). Även i profil A2-B2 (figur 6) finns ett område i profilens vänstra del som visar en lagerföljd med sandsten ovanpå skiffer. En sådan lagerföljd är inte den normala stratigrafien i området men förhållandet kan exempelvis förklaras på något av följande två sätt. En möjlighet är att det rör sig om en felbedömning av bergarten (vilket inte är så troligt då det rör sig om 9 m skiffer som har mycket annorlunda borrtekniska egenskaper än kvartsitisk sandsten (Hans Jeppsson SWECO VBB VIAK, pers kom). Ett annat alternativ är att det rör sig om en tektonisk överskjutning, t.ex. i samband med någon av isframstötarna över området.

Till hjälp vid konstruktionen av profilerna har även berggrundskartor ur Lindström (1967) och Vortisch & Lindström (1972) använts. Utifrån ovan nämnda berggrundskartor och de blottningar som är markerade på jordartskartan har även det ungefärliga läget för att par diabasgångar markerats på profilerna. Dessa diabasgångar kan innebära vertikala negativa hydrauliska gränser, d.v.s. de utgör vertikala täta lager.

Då uppgifter om tektonik i form av sprick- och förkastningszoner saknas är såväl sandsten som kvartsit utritade som sammanhängande enheter. Eftersom området utsatts för relativt omfattande tektonisk aktivitet är detta inte den verkliga situationen. Även mäktiga skifferlager kan således p.g.a. sprickor vara genomsläppliga vilket medverkar till ett sämre naturligt skydd av grundvattnet. Som även nämnts i tidigare kapitel är grundvattenflödet p.g.a. bergarternas låga porositet knutet till sprickor i berggrunden, varför sådana torde vara relativt frekvent förekommande.

Några uppgifter om olika moränenheters vertikala stratigrafi har inte heller påträffats. Moränfinleran i östra delen av t.ex. profil A3-B3 (figur 7) är kanske inte så mäktig som den är markerad i profilerna utan kan eventuellt vara underlagrad av en eller flera andra moränenheter. I ovanstående exempel (A3-B3, figur 7) är det t.ex. möjligt att den leriga moränen som återfinns väster om Tommarpaån även fortsätter på åns östra sida och således återfinns under moränleran.

## Hydrogeologi

Grundvattennivåkartorna och trycknivåkartorna ger en tydlig bild av grundvattnets storskaliga flöde i såväl jord- som bergakvifären. Kartorna är interpolerade med hjälp av dator och hänsyn och justeringar till topografi har inte gjorts. Detta gör att kartorna visar den storskaliga bilden, men att lokala felaktigheter troligen förekommer. För detta arbete är det den storskaliga flödessituationen som är intressant och felaktigheten har således ingen större betydelse.

Väster om grundvattendelaren är dataunderlaget dåligt. Det är möjligt att grundvattendelarens öst - västliga utsträckning skulle bli mindre om dataunderlaget varit större i området väster om denna.

Trycknivån i bergakvifären ligger i större delen av området under grundvattennivån i jordlagerakvifären, men det finns områden med omvända tryckförhållanden (bilaga 5 & 6). Eftersom grundvattennivån i de bergborrade brunnarna mätts samtidigt som det pumpats vatten ur brunnarna går det inte att säga hur situationen ser ut vid ostörda förhållanden. Det är inte heller särskilt intressant eftersom det normala förhållandet är att brunnarna pumpas. (De tre kommunala brunnarna pumpades i genomsnitt mellan 470 och 530 timmar per månad under år 2000 (en månad är ca 730 timmar).

Kartorna som visar skillnaden i trycknivå mellan berg och jordlagerakvifären (bilaga 5 & 6) uppvisar ett par områden med högre tryckyta i bergakvifären än i jordlagerakvifären. Områden med högre liggande trycknivå i bergakvifären än i jordlagerakvifären återfinns på kartorna (bilaga 5 & 6) i såväl topografiska höjdområden som låg-områden.

Enligt kartorna (bilaga 5 & 6) rör det sig om upp till 10 meter högre liggande trycknivå i bergakvifären än i jordlagerakvifären. Detta är troligen en effekt av interpolationen eftersom skillnader på mer än ett par meter inte observerats i fält. Små variationer mellan trycknivåerna kan troligen uppkomma relativt lokalt i ett system av omväxlande slutna och öppna sprickakvifärer och växlande jordlagerföljd.

Områden med högre trycknivå i bergakvifären än i jordlagerakvifären sammanfaller inte, med ett undantag, med områden där trycksituationen kan förklaras geologiskt genom överlagrande täta jordlager eller skiffer. I det undantagna området som ligger i Tommarpaåns dalgång öster om Gröstorp

överlagras sandstenen av såväl skiffer som moränlera samtidigt som det topografiska läget i dalgången gör att en hög trycknivå i bergakvifären är möjlig. Eftersom grundvattnet i sandstenen är knutet till sprickor i denna är det sannolikt att lokala förhållanden och varationer kan uppstå.

Den höga trycknivån i brunn T1 (figur 4, 5 & 7) förmodas representera trycknivån i en sprickakvifär i sandstenen överlagrad av tät skiffer och relativt täta kvartära avlagringar. Att grundvattnet i denna brunn är artesiskt trots att den ligger nära brunn T20 (figur 4 & 5), som uppvisar en kraftig avsänkning, (se även bilaga 1 & 2) beror sannolikt på att dessa brunnar inte har hydraulisk kontakt. Detta kan förklaras genom att brunnarna sitter i olika sprickakvifärer som inte har direkt hydraulisk kontakt.

Hur stor del av nettonederbörden som bidrar till grundvattenbildningen i bergakvifären beror på hur mycket vatten som avrinner på markytan, i rotzonen och i jordlagerakvifären. I området råder stora variationer i såväl geologi som markanvändning vilket gör att avrinningsvariationerna också blir stora. I hållområdena är jordlagren tunna till obefintliga och ytavrinning och stillastående vattenpölar är vanliga efter nederbörd. Det ytavrinnande vattnet ansamlas i lågområden där det bildas våtmarker. Infiltrationen i sandstenen är knuten till sprickor, vilket medför stora laterala infiltrationsvariationer. Det vatten som avrinner längs bergytan infiltrerar i sediment i lägre liggande områden, varifrån vidare perkolation till bergakvifären kan ske. Eftersom växtligheten mest består av gräs och små buskar så fångas en väldigt liten del av nederbörden upp av dessa. Avdunstningen är troligen stor, säkert i närheten av den potentiella, eftersom tillgången på vatten på markytan i samband med nederbörd är god. Den del av nederbörden som perkolerar ner i spricksystemen bidrar till grundvattenbildningen i bergakvifären.

I odlade jordbruksområden sker en betydande avrinning till diken. Detta vatten bidrar i mycket liten utsträckning till grundvattenbildningen.

I områdets västligaste del utgörs jordlagren av moräner med grusig-sandig till siltig sammansättning som ligger direkt på sandstenens yta. Detta är ett relativt flackt område och ytavrinningen är inte särskilt betydande. Jordlagren är relativt genomsläppliga vilket också bidrar till att en betydande del av nederbörden bildar grundvatten.

De minst genomsläppliga jordarna ligger i Tommarpaåns dalgång. Sedimenten utgörs här av glacial lera och moränlera. Då dalsidorna på sina håll dessutom är branta så kan en stor del av

avrinningen ske ytligt.

Vid beräkningen av influensområdenas storlek har två olika värden på läckaget till bergakvifären storlek använts. Det avgränsade tillrinningsområdet har en yta vars storlek vid ett läckage till bergakvifären på 30 mm/år ger ett totalt läckage till bergakvifären som överskrider det aktuella grundvattenuttaget i det tre kommunala brunnarna med ca 8000 m<sup>3</sup> (motsvarar ca den vattenvolym som under 14 dygn pumpas upp ur de tre kommunala grundvattenbrunnarna i området (i genomsnitt under 1999). Vid ett läckage till bergakvifären på 100 mm per år bildas inom tillrinningsområdet ungefär dubbelt så mycket vatten som pumpas upp ur de tre kommunala grundvattenbrunnarna på ett år.

Eftersom det finns fler bergborrade brunnar i området och brunnarna inte pumpas konstant måste det bildas mer grundvatten i tillrinningsområdet än vad som pumpas upp ur de tre kommunala brunnarna. Grundvattenbildningen i bergakvifären måste alltså vara större än 30 mm per år för att magasinet inte skall tömmas. I tillrinningsområdet finns även ett par privata borrhade brunnar som tar vatten för hushållsändamål. Dessa brunnar pumpas dock, enligt uppgift, inte särskilt kraftigt och är i sammanhanget förmodligen betydelselösa. Borrhade brunnar utanför tillrinningsområdet kan ha tillrinnings- och influensområden som delvis överlappar de kommunala brunnarnas, vilket ytterligare komplicerar bedömningen av situationen.

## Omättade zonen mäktighet

Den omättade zonen mäktighet, redovisad på kartorna (bilaga 7 & 8), bygger på avståndet mellan markytan och den fria grundvattenytan. Det kan råda mättade förhållanden även ovanför den fria grundvattenytan, varför kartan återger den omättade zonen maximala mäktighet vid mättilfället. Kartorna ger, om än en inte helt korrekt bild av den omättade zonen faktiska mäktighet, en bild av hur den omättade zonen mäktighet varierar i området. Den omättade zonen mäktighet beror på faktorer som topografi, terrängläge, jordart och jordlagermäktighet och kan variera kraftigt på korta avstånd. Eftersom antalet mätpunkter är begränsat ger kartorna en ungefärlig bild av situationen i stort. Vid interpoleringen har även ett par datapunkter som ligger utanför det redovisade kartområdet använts vilket gör att eventuella randeffekter motverkas.

Runt en brunn vid Gröstorp syns på septemberkartan (bilaga 7) en stor trattformig anomali upp-



visande en omättad zon med stor mäktighet. (Att tratten endast syns på septemberkartan beror på att data i området saknas för januari.) Denna "tratt" framträder inte på kartan över grundvattennivån i jordlagren (bilaga 3) vilket kan bero på en rad orsaker. Det stora djupet till grundvattenytan kan bero på att det pumpats vatten ur en eller ett par av brunnarna i "tratten". En sådan lokal avsänkning av grundvattenytan kan vara av en storleksordning som gör att den inte syns på kartan över grundvattnets nivå (eftersom avståndet mellan isolinjerna är relativt stort). En lokalt mäktig omättad zon behöver inte bero på att grundvattenytan är avsänkt. Det kan lika gärna vara en effekt av topografin eller geologin.

Den omättade zonens mäktighet är av en viss betydelse för grundvattnets naturliga skydd. Ju större mäktighet den omättade zonen har desto längre tid tar det för föroreningar att nå grundvattnet. Den biologiska aktiviteten i mineraljorden i den omättade zonen är inte särskilt hög, men tillgången på syre och en viss mängd bakterier gör att en viss nedbrytning av föroreningar ändå sker (Helweg 1999). Adsorption och absorption av föroreningar till partiklar i den omättade zonen medför att dessa hindras på sin väg till grundvattnet. Fluktuationer i grundvattenytan kan däremot medföra att föroreningar absorberade i och adsorberade på partiklar i den omättade zonen urlakas vid en höjning av grundvattenytan. En mäktigare omättad zon ger således ett bättre naturligt skydd än en tunn sådan.

## Matjordens egenskaper

Matjordens egenskaper är viktiga när det gäller nedbrytning, adsorption och absorption av föroreningar. Halten organiskt material i matjorden är av betydelse eftersom den till stor del styr dessa processer.

Det är svårt att se något samband mellan de uppmätta pH-värdena eller halten organiskt material (mullhalt) och någon annan parameter. Ett befogat antagande är att samband mellan mullhalt och jordart finns. Enligt Barbash & Resek (1996) är lerhalt och halt organiskt kol i jorden starkt knutna till varandra, eftersom naturliga organiska föreningar vill bilda yt komplex med lerpartiklar. Något sådant samband har dock inte observerats i undersökningsområdet. Låga värden på mullhalt har övervägande observerats i sandiga sediment. Höga värden på mullhalt har däremot observerats för sandiga såväl som leriga sediment, varför ett tydligt samband inte föreligger.

Matjordens pH i området varierar mellan 4,3

och 8,2. Kartan över pH i matjord (figur 8) visar på en viss koncentration av höga pH-värden i ett område i den sydöstra delen av undersökningsområdet. De flesta av proverna med ett pH-värde över 7 kommer från detta område med leriga sediment eller från områden angränsande till dessa. De höga pH-värdena antas bero på naturligt förekommande kalk i sedimenten. Enligt Daniel (1986) är områdets moränfinlera kalkfri i ytan men innehåller 15 - 20 % kalk på större djup. Markägaren hävdar att ingen kalk spritts på hans marker sen början av 1970-talet. Det går inte heller att knyta de höga pH-värdena till den nuvarande markanvändningen då prover med höga värden tagits från fält med varierande användning. Det troligaste sambandet finns därför med de leriga sedimenten.

För att utröna om det föreligger något samband mellan pH och halt organiskt material i matjorden har pH plottats mot halt organiskt material (bilaga 11). Ur diagrammet är det svårt att se något samband mellan pH och halt organiskt material i matjorden.

## Jordlagrens genomsläpplighet

Det av SNV (1999) beskrivna klassningssystemet för jordlagers genomsläpplighet är på många sätt ofullständigt och kräver en vidare diskussion för att en tillämpning av det skall bli meningsfull. Bris-terna i klassningssystemet ligger bl.a. i att många vanligt förekommande jordarter inte ingår i mal-len. Klassningen av jordlagrens genomsläpplighet sker i fyra klasser efter ökande genomsläpplighet enligt tabell 1, punkt 1.

Då många geologiska förhållanden utelämnas och då hänsyn enbart tas till den jordart som återfinns i markytan måste SNV:s klassning ses som en fingervisning. En jämförande bedömning och klassificering av jordarternas genomsläpplighet måste göras i varje enskilt fall. Nedan diskuteras klassificeringen av områdets jordlager enligt SNV:s klassningssystem med avseende på jordlagrens genomsläpplighet.

Mycket låg genomsläpplighet kan förväntas i två områden i Tommarpaåns dalgång, ett på den västra och ett på den östra dalsidan.

Områdena är karterade (Daniel 1986) som glacial lera, moränfinlera och morängrovlera. Daniel (1986) nämner möjligheten att dessa sediment felkarterats, varför det eventuellt rör sig om samma jordart. Moränfinleran innehåller 20 - 60 % lera (Daniel 1986) och har i princip samma egenskaper som en glacial lera.

Tyvär saknas uppgifter om de leriga sediment-

ens mäktighet inom de två områdena. Uppgifter om de kvartära lagrens mäktighet finns från ett par borrhningar inom områdena och varierar från maximalt 30 meter öster om Tommarpaån till maximalt ca 11 meter på den västra dalsidan. Jordlagerföljderna i borrhålen är okända. Eftersom inga definitiva uppgifter om lermäktigheten i området finns så är det osäkert om leran uppfyller kravet på att vara mer än tre meter mäktig och således ha "mycket begränsad genomsläpplighet". Därför förs dessa sediment i SNV:s klassning till klass c.

De finkorniga moränerna i områdets sydöstra del hänförs till klass c då dessa bedöms ha en relativt hög lerhalt och inte innehåller några större mängder sten eller block.

Moränerna i områdets västra och nordvästra delar är av en sandigare sammansättning och har en högre genomsläpplighet varför dessa hänförs till klass d.

Längs Tommarpaån finns sediment karterade som svämsediment. Svämsediment är vanligen i silt- eller lerfraktion. Genomsläppligheten i dessa sediment är begränsad och även dessa sediment förs till klass c. Svämsedimenten har dock troligen en relativt liten mäktighet och draperar underliggande sediment vars genomsläpplighet bör beaktas. Då Tommarpaån skurit sig ner i omgivande sediment är det svårt att bestämt säga vilka sediment som underlagrar svämsedimenten.

Issjösedimenten inom området är relativt tunna och består huvudsakligen av finsand och sand. Genomsläppligheten i sand är mycket hög och även finsand kan ha hög genomsläpplighet. Områden med issjösediment förs därför till klass d.

De välsorterade sandavlagringarna, karterade som svallsand, längs kusten upp till 20 m.ö.h. är mycket genomsläppliga och medför en mycket snabb nedåtriktad transport. Avsaknaden av lerpartiklar medför liten adsorption och absorption, vilket tillsammans med den låga halten organiskt material ger en snabb transport. Sandavlagringarna hänförs till klass e.

Områden med berg i dagen behandlas inte i SNV:s klassning. Den sedimentära bergrunden i området har en låg till obefintlig effektiv porositet (Kleman 2001), men på grund av en ställvis hög sprickfrekvens kan transporter till grundvattnet ske snabbt och i princip utan fördröjning i den omättade zonen. Halten organiskt material är dessutom obefintlig eller mycket liten, varför områden med sedimentär sandstensberggrund i dagen hänförs till klass e.

Gårdsplaner och uppställningsplatser som är täckta med makadam eller grus och som är

obevuxna kan vara mycket genomsläppliga och förs till klass e.

## Riskklassning enligt SNV

Riskklassningen har utförts trots att det saknas underlag för ett par av de i klassningen ingående parametrarna. Trots att dessa parametrar utelämnats så ger klassningen en inte helt felaktig bild av risken för att grundvattnet skall förorenas vid en eventuell användning av bekämpningsmedel i de olika områdena.

Utelämnandet av riskfaktor 4, utströmningsområden beror på att de potentiella områdena inte har undersökts närmare. Kartorna över omättade zonens mäktighet visar på ett par områden där den omättade zonens mäktighet är 0 meter (eller mindre). Dessa områden är potentiella utströmningsområden, men områdena kan inte hänföras till någon av de två riskklasserna eftersom kunskap saknas om ifall dessa utströmningsområden är permanenta eller säsongsbundna.

Områden som bedöms vara permanenta utströmningsområden klassas enligt SNV:s tolkning med riskfaktor 'a' medan de som under torrperioder är inströmningsområden under torrperioder ges faktor 'b'. Till en sådan klassning kan man ställa sig tveksam då det vatten som strömmar ut eventuellt kan följa med i ytvattenflödet och nå områden där infiltration kan ske. Tillfälliga utströmningsområden har ju dessutom den benägenheten att då vattennivån stiger så "tvättar" den ut de föroreningar som finns lagrade i och på partiklar varvid dessa kan följa med i grundvattenflödet.

Betydelsen av riskfaktor 4 för den sammanvägda riskklassningen är inte heller av någon större betydelse. Om det förekommer permanenta utströmningsområden inom områden tillhörande klass 2 kan dessa i stället placeras i klass 1 (under förutsättning att inte mer än en riskfaktor tillhör grupp d).

Riskfaktor 5, andra faktorer, har inte undersökts speciellt. Om spridning av bekämpningsmedel har skett på hösten eller i samband med bevattning medför det överlag att risken för att påträffa bekämpningsmedel i grundvattnet ökar med ett steg enligt klassningen, annars sker ingen förändring. Riskfaktorerna 5.3 (spridning intill brunn) och 5.4 (infiltration av förorenat ytvatten) medför oavsett de andra riskfaktorerna att området ges riskklass 3 – betydande risk för bekämpningsmedelsförorening i grundvattnet.

Riskklassningen gäller egentligen bara inom det

område där undersökningar av pH och mullhalt har gjorts (markerat med streckad grön linje på kartan (figur 12)). Utanför detta grundar sig riskklassningen enbart på jordlagrens genomsläpplighet och är därför mer tveksam. Riskklassningen utanför det markerade undersökningsområdet har gjorts med antagandet att  $\text{pH} < 7$  och mullhalten är mellan 2 och 6 %. När det gäller mullhalt är det ett rimligt antagande eftersom den genomförda analysen är utförd på för hela det klassade området representativa jordar. Området med pH över 7 är koncentrerat till jordarter med utsträckning åt syd och sydost. Höga pH-värden kan således förekomma i dessa jordar även utanför det undersökta området. De stora områdena i kartans sydöstra hörn som getts riskklass 1 innehåller samma jordarter och uppvisar sannolikt samma höga pH-värden. Om så är fallet ges dessa områden riskklass 2. Hur väsentlig bedömningen av mat-

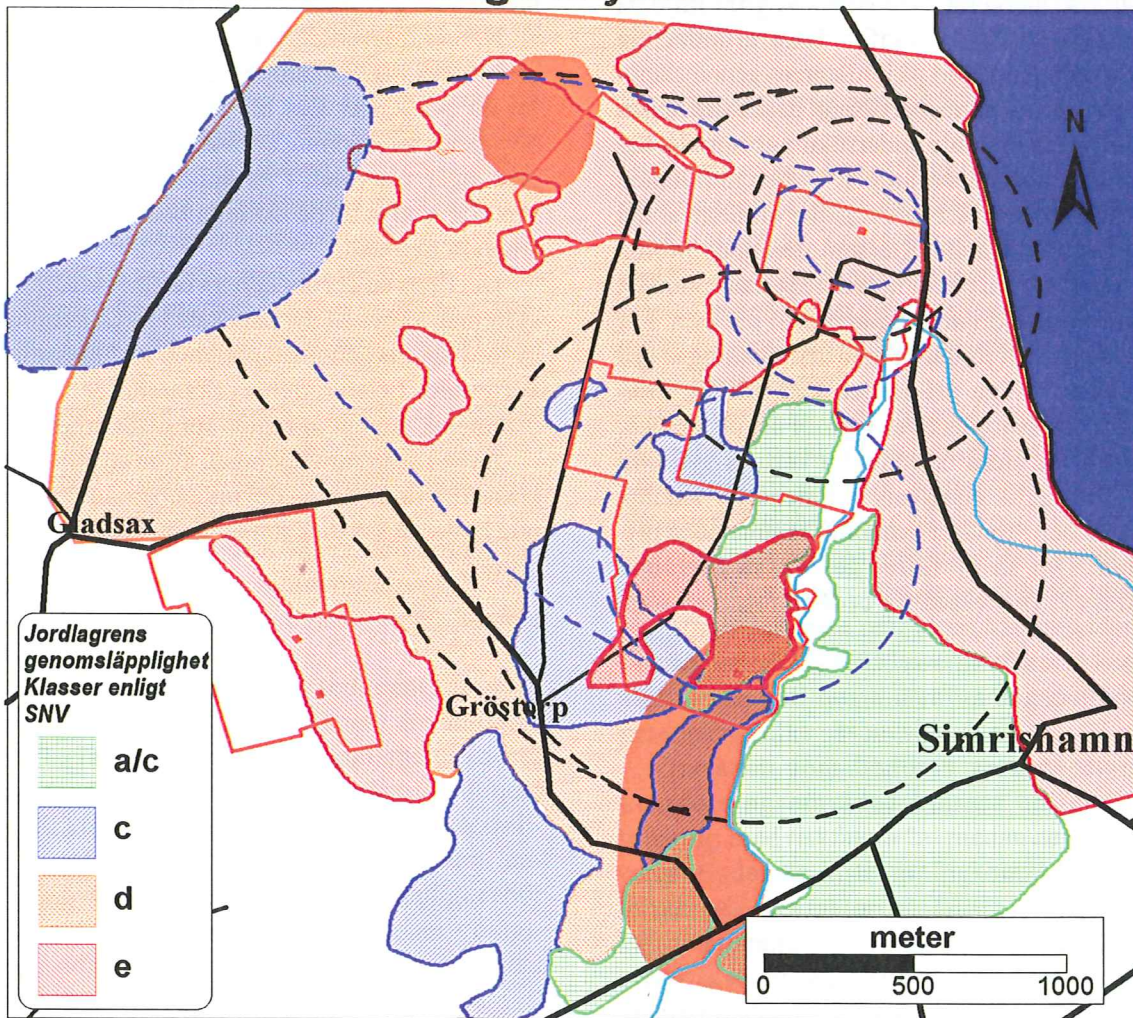
jordens pH är beror på vilken typ av bekämpningsmedel som används eller har använts.

Naturvårdsverkets klassning grundar sig på ett urval av vanliga bekämpningsmedel vilket gör att lokala avvikelser kan bli stora. I områden med betydande användning av bekämpningsmedel som inte ingår i urvalet, t ex äppelodlingar, kan en särskild analys av de aktuella bekämpningsmedlen vara befogad.

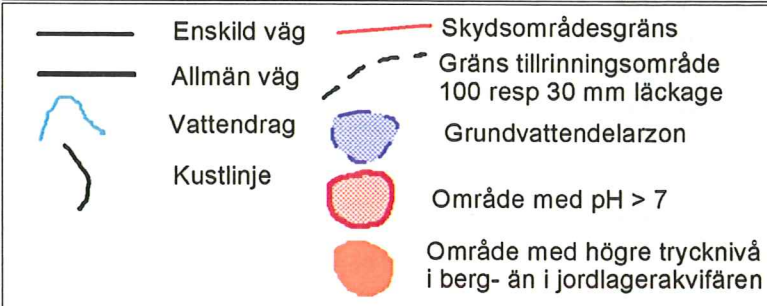
Det finns en del uppenbara brister i klassningssystemet, varav en del påpekats i riskklassningen av jordlagrens genomsläpplighet. Riskklassningssystemets brister och tveksamheter i övrigt diskuteras inte inom ramen för detta arbete.

Även i sammanvägningen av de enskilda riskklasserna finns det en del uppenbara brister, men inte heller dessa diskuteras inom ramen för detta arbete.

## Grundvattnets naturliga skydd



Kartdata Ur Översigtskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.



Figur 13. Sammanfattande kartbild som visar jordlagrens genomsläpplighet, områden med högre liggande trycknivå i bergakvifären än i jordlagerakvifären samt område med pH över 7.

## Sammanfattning

Med utgångspunkt från insamlade data och tidigare undersökningar har en modell för hydrogeologin och geologin i området mellan Simrishamn, Gladsax och Tobisborg tagits fram. Den geologiska beskrivningen grundar sig framför allt på äldre data, insamlad under brunnborringar och geologiska undersökningar i området.

Grundvattenmodellering har gjorts med utgångspunkt i data från egna mätningar och mät-

ningar utförda av SWECO VBB VIAK och Simrishamns kommun.

Den geologiska modellen har tillsammans med grundvattenundersökningarna lett fram till följande slutsatser om områdets hydrogeologi:

- Grundvatten förekommer i sprickakvifärer i berggrunden och i porakvifärer i jordlagren. Jordlagerakvifärerna har liten vertikal såväl som horisontell utbredning och medger inga större vattenuttag.

- Områden med högre liggande trycknivå i bergakvifär än i jordlagerakvifär förekommer. I dessa områden sker inget nedåtriktat läckaget från jordlager till bergakvifär.
- Tillrinningsområdet för de undersökta brunnarna sträcker sig i stort sett rakt väster ut från dessa och sträcker sig långt utanför de befintliga skyddsområdenas gränser. Skyddsområdena bör utökas till att omfatta hela tillrinningsområdet.
- Nybildning av grundvatten sker främst i västra delen av tillrinningsområdet där jordlagrens genomsläpplighet är hög. Även öster om brunnarna sker en betydande grundvattenbildning i områden med jordlager med hög genomsläpplighet.
- Den omrättade zonen är som mest 10 meter mäktig vid mätningarna i september men är i större delen av undersökningsområdet mindre än 6 meter mäktig. I januari är den omrättade zonen mindre än 3 meter mäktig i hela undersökningsområdet.

För att analysera områdets naturliga skydd mot grundvattenförorening har bedömning av jordlagrens genomsläpplighet, samt bestämning av mullhalt och pH i matjorden utförts. Undersökningarna har lett fram till följande slutsatser:

- Jordlagrens genomsläpplighet i området varierar från mycket begränsad, t.ex. i områden med lera eller moränfinlera, till betydande, t.ex. i områden med sand.

- Områden utan eller i princip utan jordlager förekommer. Sprickor i berggrunden i dessa områden kan medföra en mycket hög transporthastighet till grundvattnet. Dessa områden har således ett mycket dåligt naturligt skydd mot förorening av grundvattnet.
- Mullhalten i matjorden ligger i hela området mellan 2 och 6 %. Matjordens förmåga att binda och bryta ner föroreningar bedöms därför inte vara särskilt hög.
- Undersökningarna av matjordens pH visar att pH i matjorden varierar mellan 4,3 och 8,2. Ett område uppvisar pH över 7 vilket för vissa typer av bekämpningsmedel innebär en ökad rörlighet och en större risk för grundvattenförorening.
- Undersökningsområdet utgörs framför allt av jordbruksmark varför den huvudsakliga föroreningsrisken kommer från i jordbruket använda miljöfarliga ämnen, bl.a. bekämpningsmedel.
- Föroreningsrisk föreligger också från exempelvis transporter av miljöfarligt gods genom området.

Resultaten från de olika undersökningarna har även sammanställts i en sammanfattande kartbild över områdets naturliga skydd. Denna redovisas i figur 13.

## Tack

Stort tack vill jag ge mina handledare Hans Jeppsson och Charlotte Jönsson (SWECO VBB VIAK) samt Per Möller (Geologiska institutionen). Jag vill även tacka Åke Larsson på Tekniska kontoret i Simrishamn som varit till stor hjälp och bland annat grävt djupt i kommunens arkiv. Ett särskilt tack även till studiekamraten Cecilia Åkesson.

.

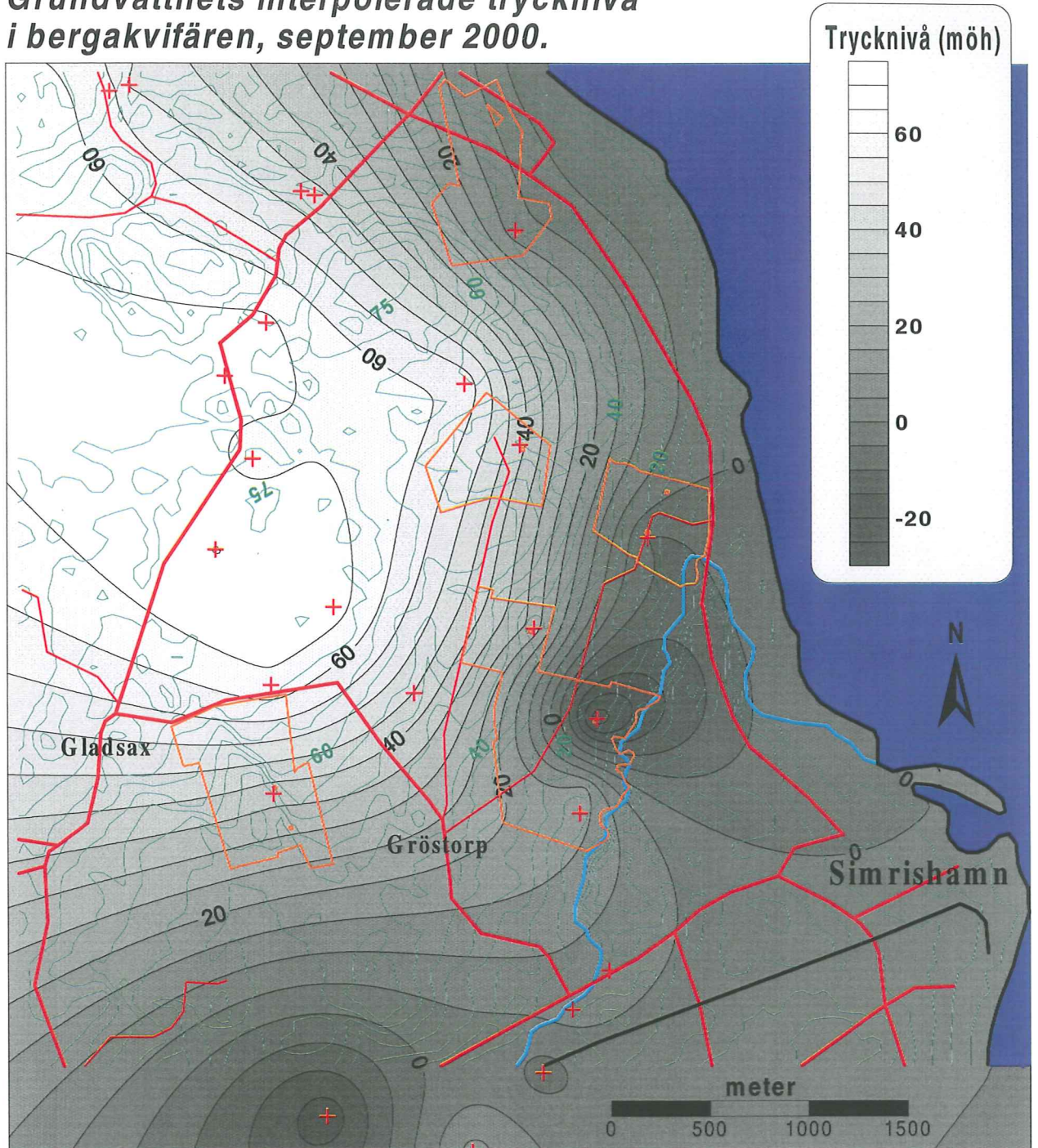
## Referenser

- Alexandersson, H., Karlström, C. & Larsson-McCann, S., 1991: Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90 referensnormaler. *SMHI meteorologi* 81. 87 s.
- Barbash, J. E. & Resek, E. A., 1996: Pesticides in groundwater distribution, trends and governing factors. *Ann Arbor Press, Inc.* 527 pp.
- Bengtsson, L. & Enell, M., 1986: Chemical Analyses. I: Berglund, B.E. (ed): *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley & Sons. 423 – 454.
- Bergström, J. & Shaikh, N.A., 1980: Malmer, industriella mineral och bergarter i Kristianstad Län. Projekt för länsplaneringen 1980. *Sveriges Geologiska Undersökning Rapport* och meddelanden, 220349-2176, 89 s.
- Bergström, J., Holland, B., Larsson, K., Norling, E. & Sivhed, U., 1982: Guide to excursions in Scania. *Sveriges Geologiska Undersökning Ca* 54, 95 s.
- Bergström, J. & Gee, D.G., 1985: The Cambrian in Scandinavia. In: Gee, D.G. & Sturt, B.A. (eds.): *The Caledonide Orogen – Scandinavia and Related Areas*, 247-271., John Wiley & Sons, New York.
- Bergström, J. & Kornfält, K.-A., 1998: Outline of the geology of Scania. In: Ahlberg, P. (ed.): *Guide to excursions in Scania and Västergötland*. IV Field conference of the Cambrian Stage Subdivision Working Group. International subcommission on Cambrian Stratigraphy. Sweden, 24-31 August 1998. *Lund Publications in Geology* 141, 1-47.
- Brandt, M., Jutman, T. & Alexandersson, H. 1994: Sveriges vattenbalans årsmedelvärden 1961-1990 av nederbörd, avdunstning och avrinning, *SMHI hydrologi* 49. 16 s.
- Daniel, E., 1986: Beskrivning till Jordartskartorna Tomelilla SO/Simrishamn SV/Ystad NO/Örnahusen NV. *Sveriges Geologiska Undersökning, Ae* 65-66. 151 s.
- Eriksson, B., 1980: Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden (1931–60) av nederbörd, avdunstning och avrinning. *SMHI RMK* 18 och *RHO* 21.
- Espeby, B. & Gustavsson, J. P., 1997: Vatten och ämnestransport i den omättade zonen en kunskapsöversikt, *Trita-Ami Report* 3038. 73 s.
- Freeze, R.A. & Cherry, J.A., 1979: *Groundwater*. Prentice-Hall Inc. 604 pp.
- Grip, H. & Rodhe, A., 1994: *Vattnets väg från regn till bäck*. Hallgren och Fallgren Studieförlag AB. 155 s.
- Hamberg, L., 1990: Tidevands og stormdominerede aflejringsmiljøer i den Nedre Kambriske Hardeberga Formation i Skåne og på Bornholm. *Dansk Geologisk Forening, Årsskrift for 1987-89*, 15-20.
- Hamberg, L., 1991: Tidal and seasonal cycles in a lower Cambrian shallow marine sandstone (Hardeberga Fm.) Scania, Southern Sweden. In: Smith, D.G. Reinson, G.E. Zaitlin, B.A. & Rahmani, R.A. (eds.): *Clastic Tidal Sedimentology. Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoir* 16, 255-274.
- Helweg, Arne., 1999: Spredning og nedbrytning av pesticider i miljöt. I: *Tidskrift for Land Ökonomi nr 2 1999*, 75 - 82
- Holmström, L., 1904: Öfversikt a den glaciala afslipningen i sydsandinavien. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 26, 241-316 396-429.
- Jeppsson, H., 1999: *Kurs i magasinsanalys*. Kompendie, SWECO VBB VIAK, Malmö
- Hult, A., 1997: Bekämpningsmedel i grundvatten – signalparametrar. *Livsmedelsverkets rapport* 15, 1997. 16 s.
- Kleman, J. 2001: Utvärdering av den underkambriska litostratigrafin på Österlen, södra Sverige. *Examensarbete i Geologi vid Lunds Universitet, nr129*. 23 s.
- Knutsson, G. & Morfeldt, C.-O., 1993: *Grundvatten – teori och tillämpning*. AB svensk Byggtjänst Stockholm. 304 s.
- Lindström, M., 1967: "Funnel Grabens" and Early Paleozoic tectonism in South Sweden. *Geological Society of America Bulletin* 78, 1137-1154.
- Lindström, M. & Staude, H., 1971: Beitrag zur Stratigraphie der unterkambrischen Sandsteine des südlichsten Skandinaviens. *Geologica et Palaeontologica* 5, 1-7
- Lindström, M., 1972: Cold age sediment in Lower Cambrian of South Sweden. *Geologica et Palaeontologica* 6, 9-23.
- Lindström, M., Lundqvist, J., Lundqvist, T. 1991: *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur 398 s.

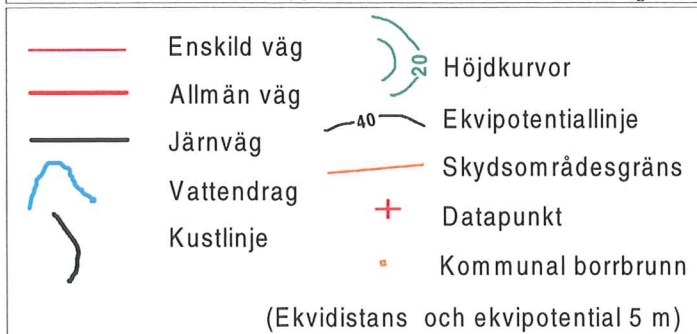
- Nilsson, K., 1970: Något om grundvattenförhållandena i Skånes sedimentbergarter. I: Eriksson, E., Gustafsson, Y., och Nilsson, K. (eds.): *Grundvatten*. P A Norstedt & Söners förlag, Stockholm. 255 s.
- Sorby, L., 1994: The Simrishamn Diamicton – a glacioaquatic sediment in southeastern Skåne, Sweden. *Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd. 95*, 127-140.
- SIS 1994: Markundersökningar - bestämning av pH, SVENSK STANDARD SS-ISO 10 390, Utgåva 1
- von Brömssen, U., 1999: Bedömningsgrunder för miljö kvalitet – Grundvatten. *Naturvårdsverket Rapport 4915*, Naturvårdsverket Förlag, Almqvist & Wiksell Tryckeri, Uppsala. 140 s.
- Vortisch, W., 1972: Untersuchungen im Pleistozän SO-Schonens. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 94*, 35-68.
- Vortisch, W. & Lindström, M., 1972: Österlens Geologi. *Föreningen för Fornminnes- och Hembygdsvård i Sydöstra Skåne*.
- Vortisch, W., 1973: Methoden und Ergebnisse glazialgeologischer Untersuchungen im nördlichen Gemeindegebiet von Simrishamn (SO-Schonens). *Marburg/Lahn* 137pp.



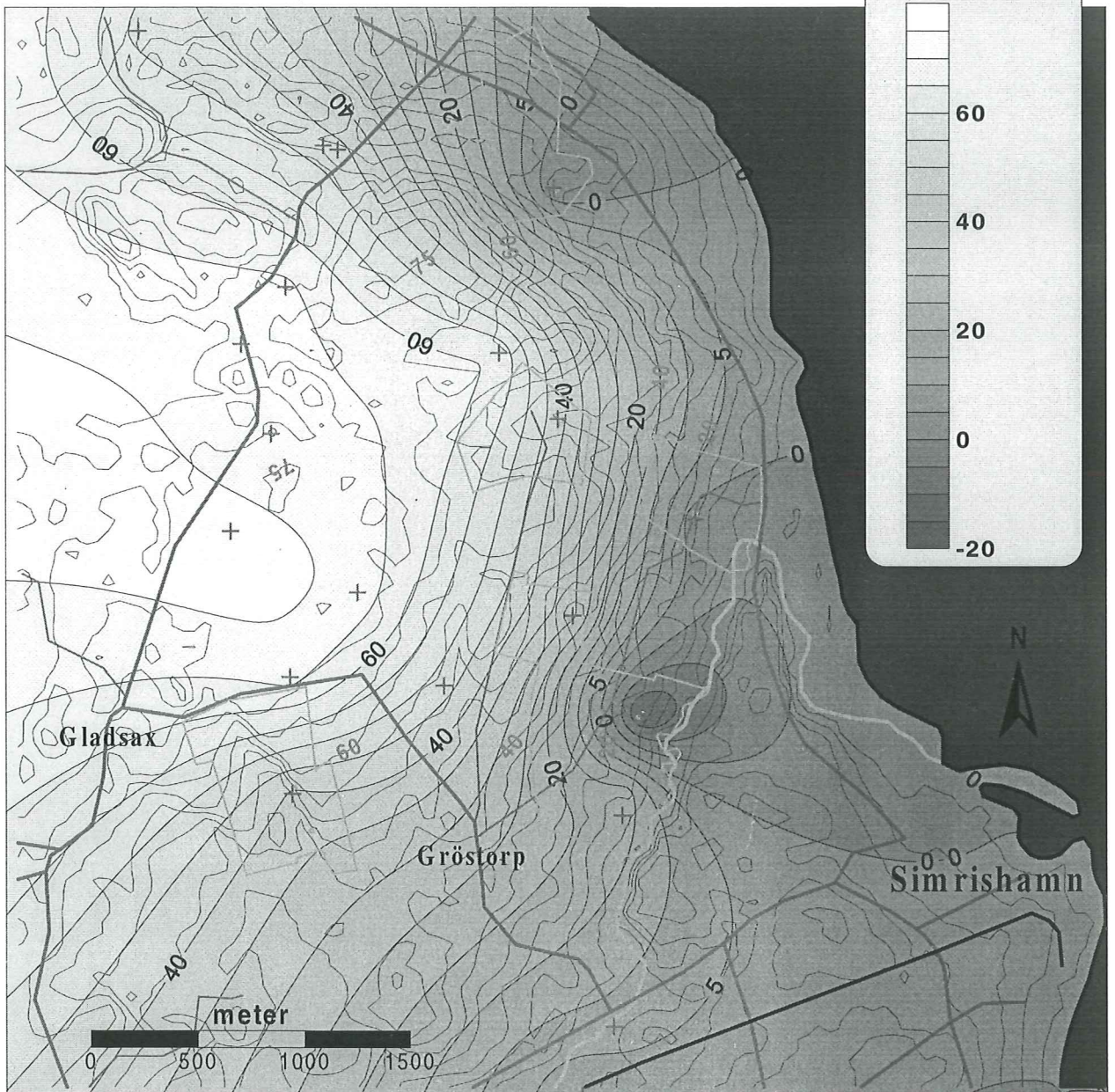
**Bilaga 1.**  
**Grundvattnets interpolerade trycknivå**  
**i bergakvifären, september 2000.**



Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M 2001/1164.



**Bilaga 2.**  
**Grundvattnets intepolerade trycknivå**  
**i bergakvifären, januari 2001.**

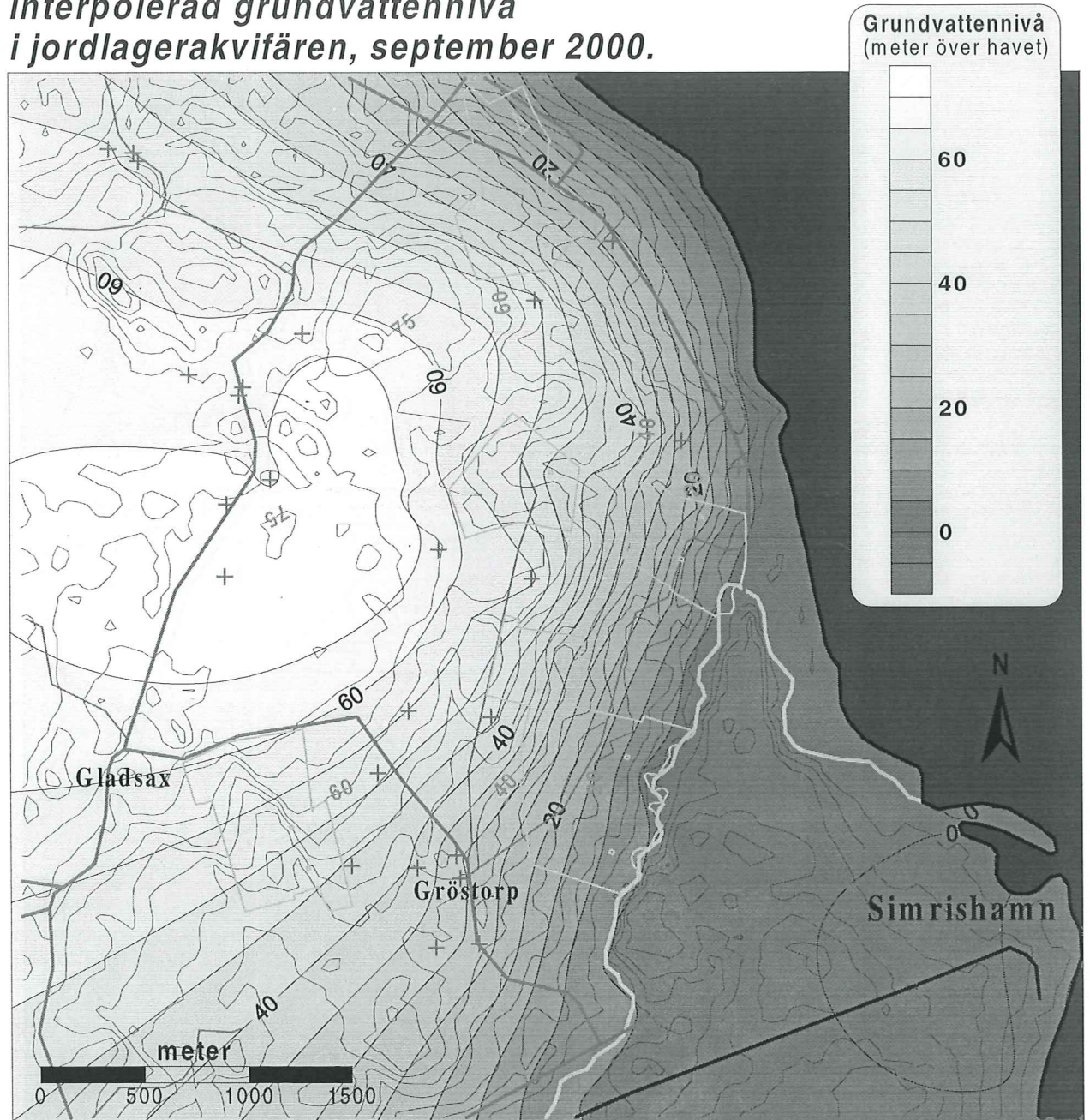


Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M 2001/1164.

	Enskild väg		Höjdkurvor
	Allmän väg		Ekvipotentiallinje
	Järnväg		Skvdsområdesgräns
	Vattendrag		Datapunkt
	Kustlinje		Kommunal borrbrunn

(Ekvidistans och ekvipotential 5 m)

**Bilaga 3.**  
**Interpolerad grundvattennivå**  
**i jordlagerakvifären, september 2000.**

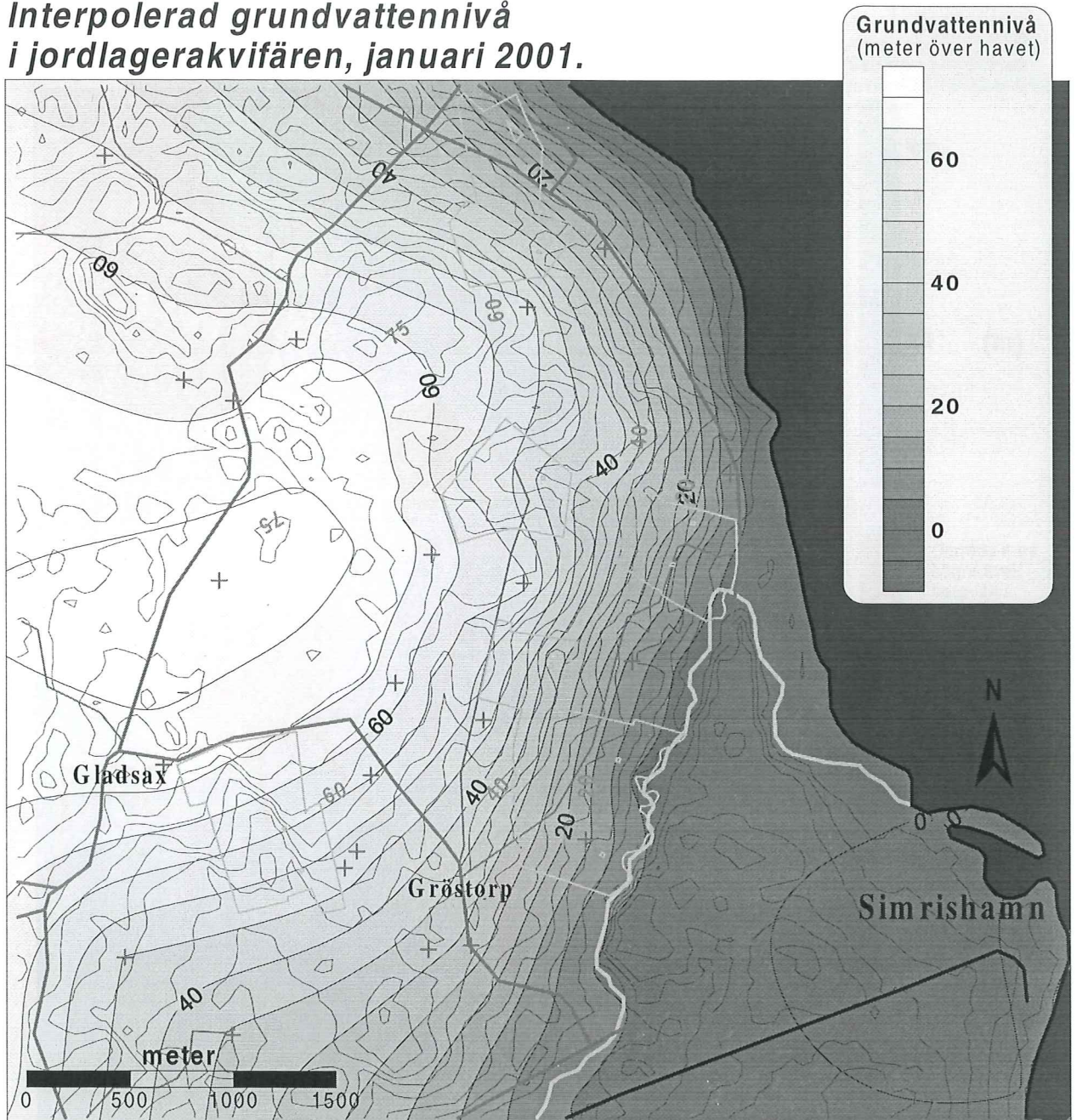


Kartdata Ur Översigtskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.




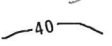






	Enskild väg		Höjdkurvor
	Allmän väg		Grundvattenyta
	Järnväg		Skydsområdesgräns
	Vattendrag		Jordlagerbrunn
	Kustlinje		Kommunal borrbrunn

(Ekvidistans och ekvipotential 5 m)

**Bilaga 4.**  
**Interpolerad grundvattennivå**  
**i jordlagerakvifären, januari 2001.**

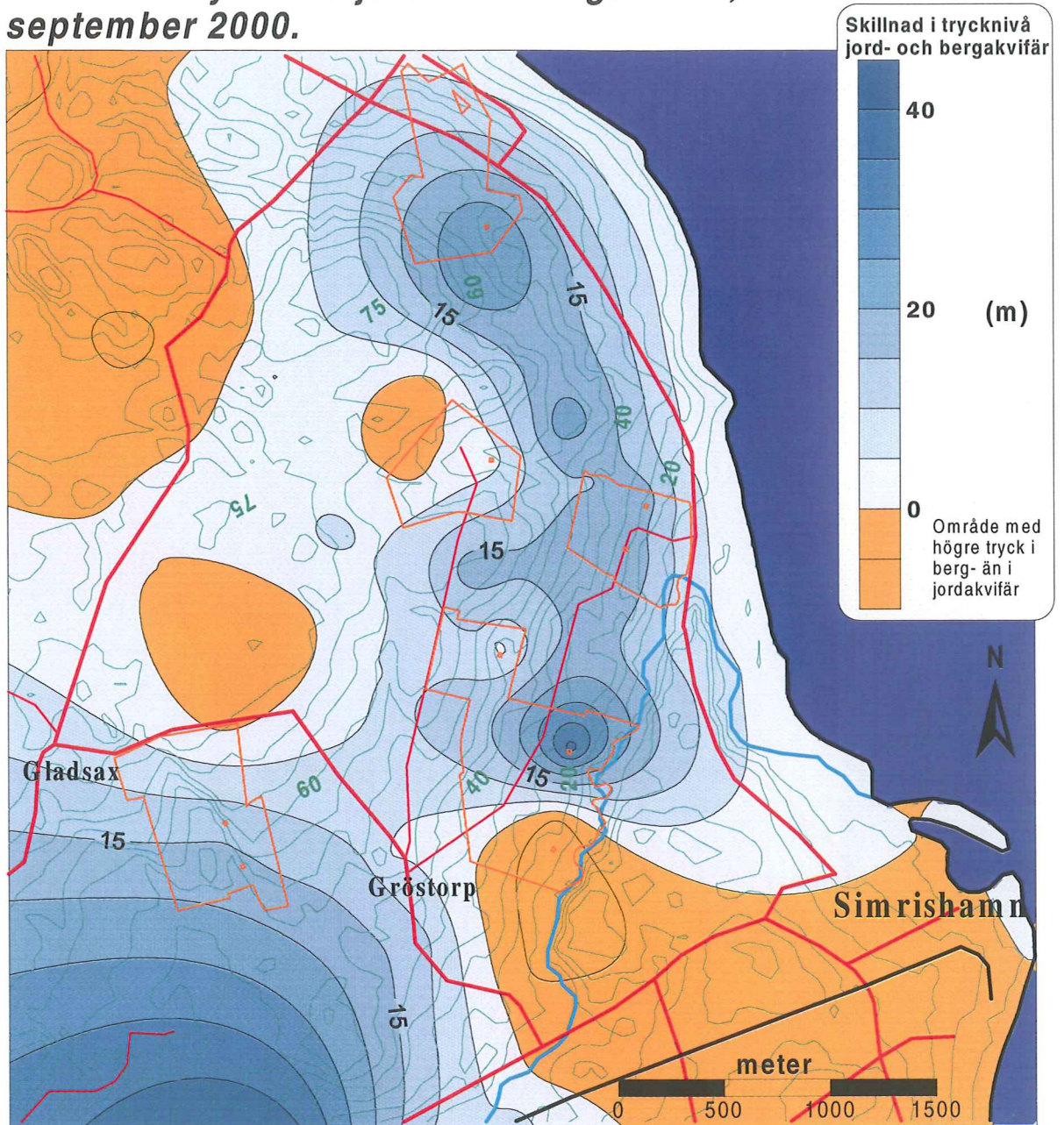


Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.

	Enskild väg		Höjdkurvor
	Allmän väg		Grundvattenyta
	Järnväg		Skysdsområdesgräns
	Vattendrag		Jordlagerbrunn
	Kustlinje		Kommunal borrhunn

(Ekvidistans och ekvipotential 5 m)

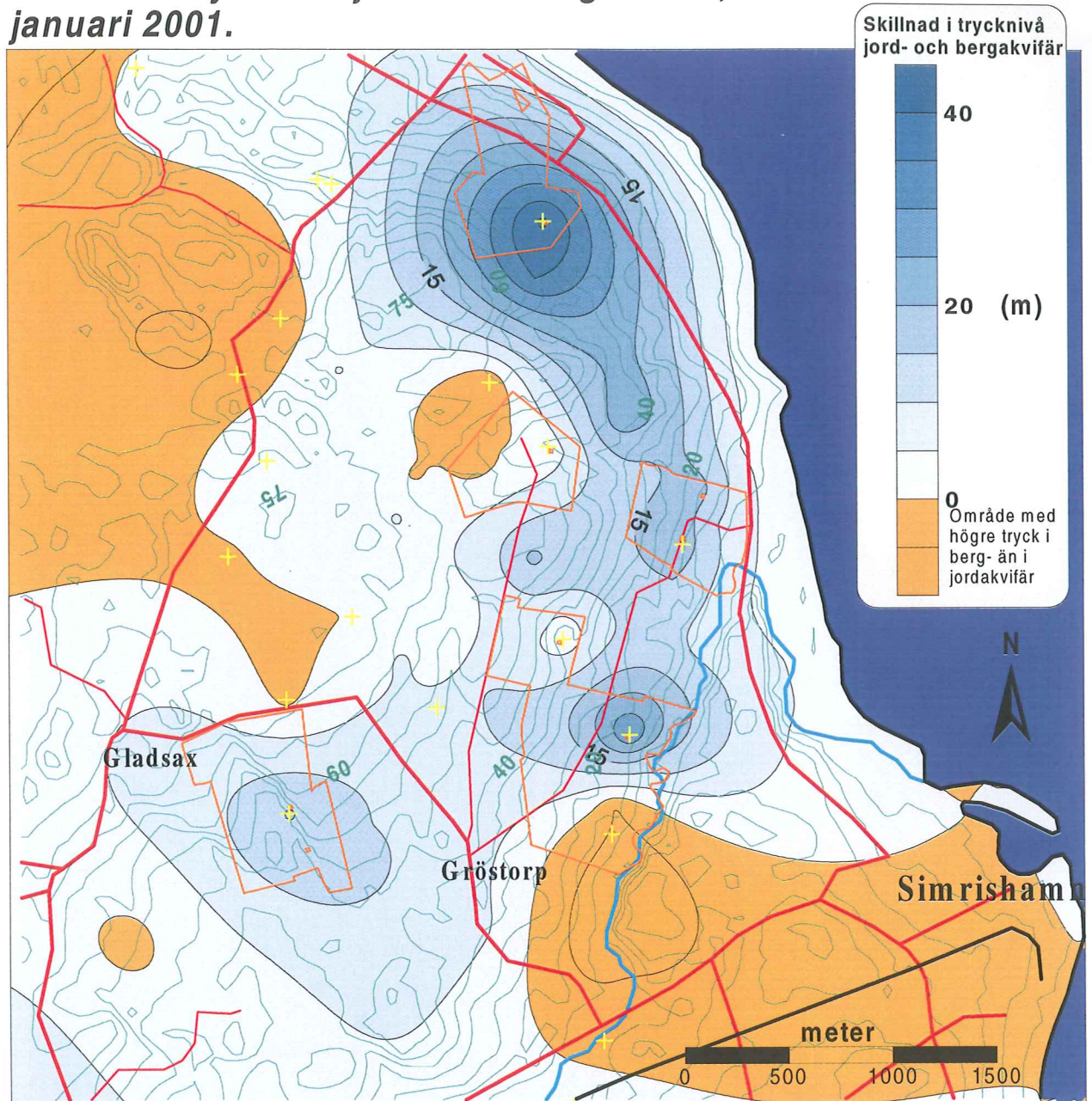
**Bilaga 5.**  
**Skillnad i trycknivå jord- och bergkvifär,**  
**september 2000.**



Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.



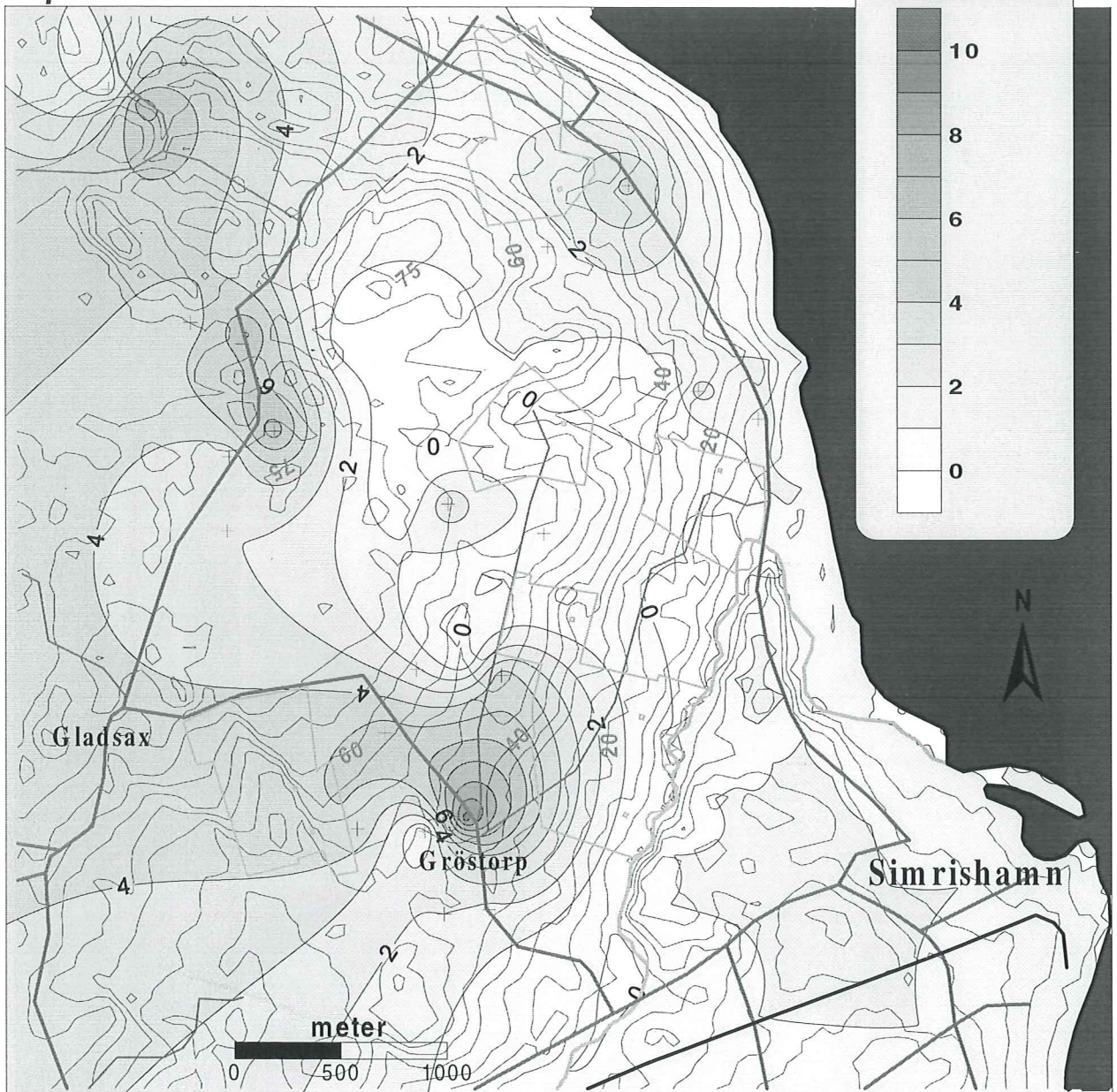
**Bilaga 6.**  
**Skillnad i trycknivå jord- och bergakvifär,**  
**januari 2001.**



Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.



**Bilaga 7.**  
**Omättade zonens mäktighet,**  
**september 2000.**

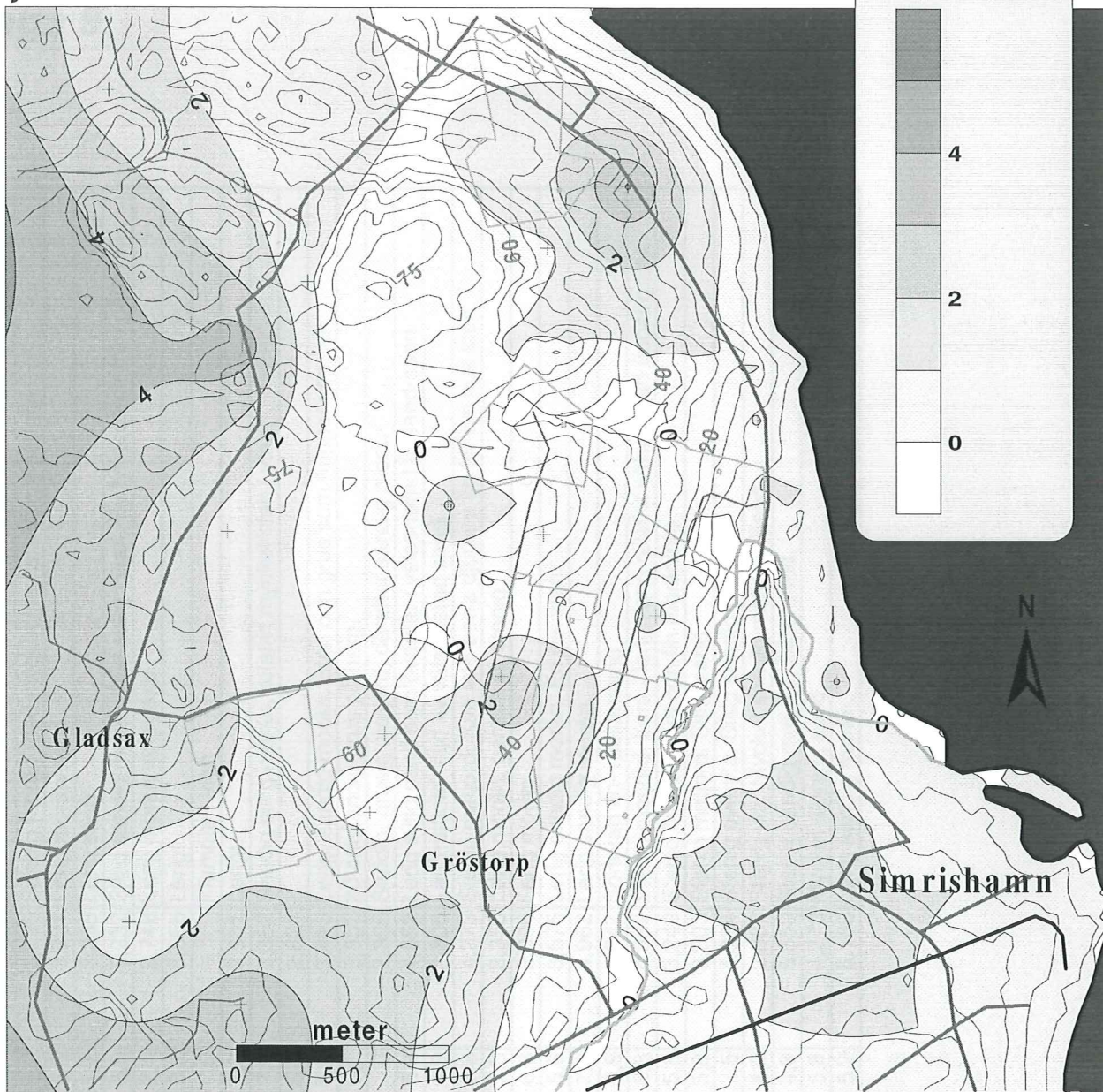


Kartdata Ur Översigtskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.










	Enskild väg		Höjdkurvor
	Allmän väg		Skysområdesgräns
	Järnväg		Datapunkt
	Vattendrag		Kommunal borrhunn
	Kustlinje		

(Ekvidistans 5 m)

**Bilaga 8.  
Omättade zonens mäktighet,  
januari 2001.**



Kartdata Ur Översiktskartan (c) Lantmäteriverket Gävle 2001. Medgivande M2001/1164.

	Enskild väg		Höjdkurvor
	Allmän väg		Skydsområdesgräns
	Järnväg		Datapunkt
	Vattendrag		Kommunal borrhunn
	Kustlinje		

(Ekvidistans 5 m)



## Bilaga 9.

Matjordsprover		Matjordsdjup	pH	Glödförlust	Fältbedömning av jordarten	
Prov nr.	x-koordinat	y-koordinat	Matjordsdjup	pH	Glödförlust	Fältbedömning av jordarten
1	1406540	6160270	30	5,9	3,235	Sandig morän med mycket lite kohesionsmaterial
2	1406510	6160210	40	6,5	3,901	Lerig morän/sand
3	1406230	6159750	40	7,2	3,293	Lerig sand
4	1406410	6159940	30	6,5	5,232	Siltig sandig morän. Mkt steig i ytan. Ev fyllnadsmttr från gården.
5	1406230	6160010	40	7,1	2,746	Lerig morän/lerig sand
6	1406650	6160130		8,2	3,565	Lerigt.
6b	1406650	6160130		7,9		Klumpar i ytan
7	1406730	6160150	50	7,8	3,901	Lerigt.
8	1406810	6160260	30	7,3	5,352	Sandig siltig morän, relativt mycket sten i ytan.
9	1406920	6160440	50-60	5,1	2,621	
10	1406840	6160670	35	5,6	3,413	Lerig, sandig morän. Sten och grus som hugger i borren.
11	1406950	6161360		6,1	2,852	20 cm sandig grus på berg.
12	1406820	6160950	20	6	2,365	Sandig, grusig matjord, därefter sandig morän.
13	1406330	6160720	50	6,3	4,852	Lerig siltig sand som övergår i väl sorterad finsand-sand.
14	1406220	6160580	30	4,9	2,806	Lätt matjord följd av väl sorterad sand.
15	1406150	6160430		5,8	4,273	Stenig matjord. Kan inte borra djupare än 30 cm pga sten.
16	1406350	6160490	20-30	5,6	3,356	Lerig morän, ganska så stenig
17	1406500	6160390	30	6,6	3,396	Lerig morän
18	1406640	6160640	30	5,6	3,575	Lerig sandig morän. En del sten.
19	1406380	6160160	30	7,9	4,962	Lerig sandig morän.
20	1405980	6160280	20-30	5,8	3,347	Sorterad fin- mellansand
21	1405830	6160300	30	6,3	4,989	Stenig matjord. Lera - lerig sand relativt väl sorterad (inget grus).
22	1406060	6160710	30	5,8	3,249	Stenig överyta. Fet och fin moränlera.
23	1406000	6161000	30	5,9	3,303	Stenig matjord. Siltig sand.
24	1406180	6161330	30	5	4,334	Stenig överyta. Siltig sandig morän.
25	1405960	6161260	30	4,9	2,837	Stenig yta. Mycket sandig matjord. Sand.
26	1405600	6160560	20-30	4,3	5,559	Stenig sandig matjord. Siltig sand.
27	1405780	6160760		5,8	4,273	Mycket stenigt, sand.
28	1405200	6160700		5,2	5,180	Lerig sandig morän.

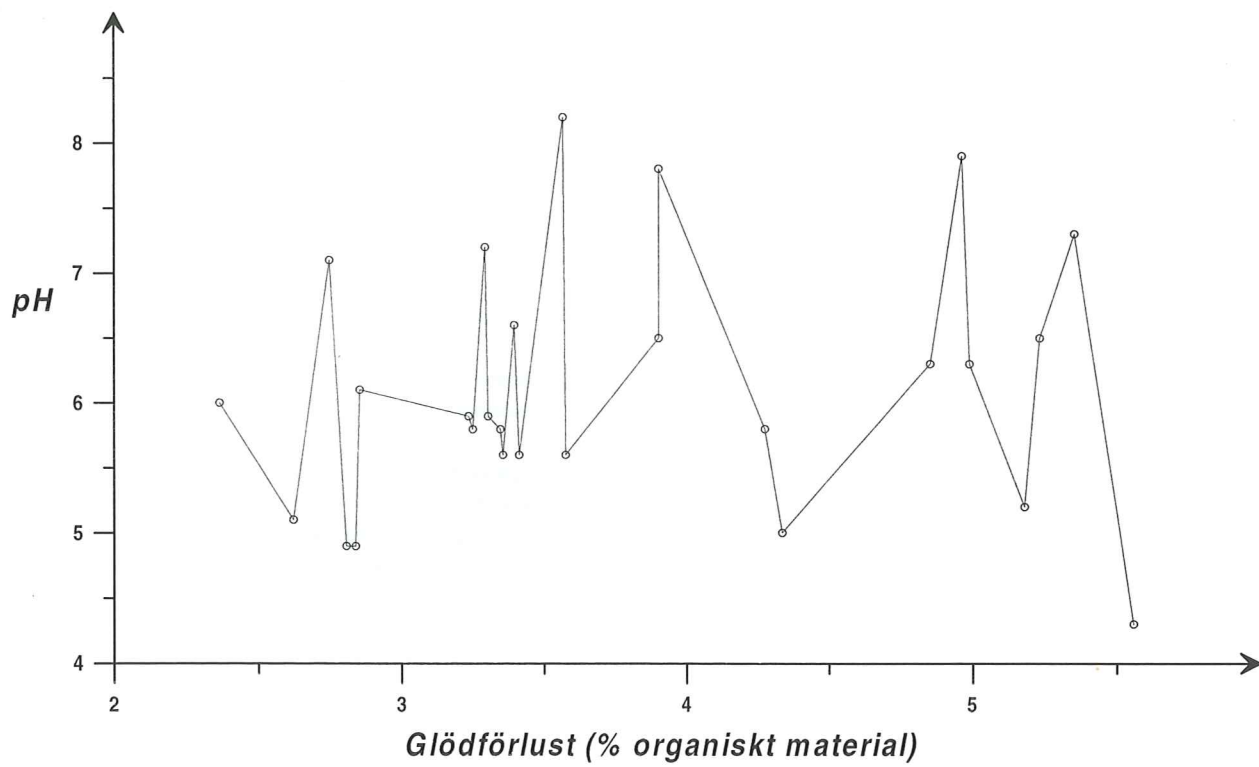
# Bilaga 10:1.

Brunnsdata Simrishamn-Tobisborg											
Nr.	Brunn	brunnstyp	beskrivning	y-koord	x-koord	my möh	Gvy sept möh	Gvy jan möh	brunnsdjup		
T1	k(29)	borrad	SO Karlstorp	1406590	6159870	17	17,05	17,05	122		
T2	k(23)	borrad	Hallagården 23 Brukshundsklubben	1406250	6162720	35,6	12,5	-3,93	109,5		
T3	k130	grävd	Hallagården, Brukshundsklubben	1406590	6162730	26,5	22,2	22,4	5,96		
T4	k129	grävd	Gladsax hallar, förbi sopstationen	1406210	6162440	52,5	51,1	51,7	3,7		
T5	101	grävd	Långaryd	1405080	6162280	64	62	62,9	5,98		
T6	x009	borrad	Långaryd	1404980	6162250	66	66,05	66,05	62		
T7	x001	grävd	Övre(N) vägen m. Bäckhalladalen	1406920	6161760	25	22,6		3		
T8	k131	grävd	På hörnet, norra infarten Simrish	1407200	6161630	8	6,5	6,95	2,25		
T9	23	borrad	Bäckhalladalen	1406270	6161630	42,04	41,54	42,1	126		
T10	k(30)	borrad	Tobisborg 2.30 På fältet N Tobisborg	1406990	6161390	13,44			118,54		
T11	x008	grävd	Hallaholm	1405740	6161230	65	62,17	62,8	4,5		
T12	31(20)	borrad	Tobisborg 1.20 (vid vägen, Tobisborg)	1406920	6161160	15,43	-5,03	-2,6	133,43		
T13	k127	grävd	På fältet N Stugan (716)	1406190	6161090	57	56,3	56,5	3,1		
T14	716	borrad	Stugan (Lunds stifts kursgård)	1406100	6160800	54			88		
T15	775	borrad	Klockaregården	1405320	6160810	70	67,3	67,8	69		
T16	29	borrad	jämiör längs den lilla vägen	1406340	6160700	32,07	27,93	31	83,6		
T17	k128	grävd	Brunn ravinen Karlstorp-Ostraby	1406720	6160710	15		13,7	3,6		
T18	x002	grävd	Östermark	1405590	6160450	57	54,85		4,4		
T19	k126	grävd	Lannesberg, gårdsplanen	1405990	6160420	51	46,5	48,1	5,6		
T20	30(21)	borrad	Karlstorp 21	1406660	6160240	14,31	-28,17	-20,94	76,51		
T21	k(31)	borrad	Impan 31	1405010	6159860	42,04	37,27	39,21	100,54		
T22	k(32)	borrad	Impan 32	1405060	6159740	36,28			84,98		
T23	k125	grävd	Karlstorp privat på fältet, SO gården	1406490	6159840	18		16,4	3,2		
T24											
T25	x006	grävd	På hörnet, Grörtorp, från bäckhallad	1405820	6159750	41	30,5				
T26	163	Ask	grävd Under asken vid stenmuren, Impan	1405310	6159700	49	44,1	47,9	6,2		
T27	x007	grävd	Svacka mellan husen mot Imporna	1405630	6159690	40	39,1				
T28	124	grävd/borrad	Borra hos fru Anderson	1405840	6159640	37	31				
T29	k122	grävd	Gård vid huvudgatan, Grörtorp	1405930	6159320	30	28,3	28,3	3,1		
T30	k123	grävd	Gård vid vägen mitt över 122	1405720	6159300	34	32	31,8			
T31	k(2)	borrad	Vid vattenverket, nedlagd	1406720	6158960	7,35	6,93		24,15		
T32	(5)26	borrad	Hannabro 5 (vid järnvägen)	1406380	6158440	8,3	-2,35	0	72,3		
T33	(25)28	borrad	Järrestadstorp (Infarten längs ån)	1405280	6158220	14,6	-18,54		53,3		
T34	24	borrad	Blärsjömölla	1406020	6158040	12	12		76		

# Bilaga 10:2.

T35	508	borrad	Östermark	1405730	6160370	52	44,9	47,25	41
T36	25	borrad	Utanför Hamnabro gård	1406530	6158760	8	7,5	8,2	26,75
T37	T1	borrad	Nedlagd kommunal borra	1407140	6159290	15			80
T38	T2	borrad	Nedlagd kommunal borra	1407250	6159400	20			28,5
T39	T3	borrad	Nedlagd kommunal borra	1406630	6159270	17			190
T40	T4	borrad	Nedlagd kommunal borra	1406120	6163260	24			66,5
T41	749	borrad	Gldsax 24	1405160	6162920	52	47	47	40
T42	749B	borrad	Gldsax 24	1405230	6162900	51,5	47	47	
T43	773	borrad	Gldsax 37:2	1404770	6161980	69	66,81	67,65	33
T44	773G	grävd	Gldsax 37:2	1404770	6161980	69	62,8	64,25	6,97
T45	770G	grävd	Syrkadal	1404790	6162020	70	62,8		8,35
T46	x012	grävd	Bräknyrd 12	1404530	6162080	66	61,5	62,2	6
T47	582	borrad	Långaryd 1:13	1404910	6161560	72	63,24	64,81	37
T48	582G	grävd	Långaryd 1:13	1404920	6161570	72	64,4		8,1
T49	774	borrad	Gldsax 26:10	1404720	6161100	73	70,1	71,9	24
T50	k104	grävd	Gldsax 26:10	1404700	6161100	73	70	71,36	6,5
T51	x011	borrad	Gldsax 9:31Anneberg	1405000	6160410	70	63,5	66,8	33
T52	x013	grävd	Långaryd 1:10 (vid 582)	1404710	6161450	71	67,7		4,7
T53	k165	sprängd	På väg mot Östermark	1405440	6160150	57	51,5	55,35	19,9
T54	x014	grävd	Gldsax 24:30	1404270	6163160	58	52,7		6,43
T55	x015	grävd	Östratorp	1404150	6163180	58	55,5	55,6	3,95
T56	x015b	obsrör	Obsrör Östratorp	1404290	6163120	61,5	54		
T57	566	borrad	stenaberiga	1404190	6163430	61	57		70
T58	566B	borrad	stenaberiga2	1404290	6163460	57	49,5	48,2	152
T59	705	borrad	stenaberiga 24:35	1404050	6163660	64	58	58,87	
T60	x016	borrad	Bäckahalladalen 26:6II	1405590	6160940	62	58,3	59,1	
T61	715	borrad	Äppleodling Baskemölla	1405700	6162800	54			67
T62	531	grävd/borra	Örnaberiga 7:1	1403370	6162700	68	61,8	62,03	16
T63	163	grävd	På fältet innan Asken, Impan	1405370	6159780	49		my	
T64	x004	grävd	Fältet N Östermark	1405560	6160600	62,5		my	
T65	x017	grävd	Huset vid tobisviksbadet	1407570	6160400	4		1,69	3,41
T66	T5	borrad	Nedlagd kommunal borra	1407630	6158740	27,2			100

# Bilaga 11.



Tidigare skrifter i serien "Examensarbeten i Geologi vid Lunds Universitet":

80. Paulsson, Oskar, 1996: Sevekomplexets utbredning i norra Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
81. Sandelin, Stefan, 1997: Tektonostratigrafi och protoliter i Mårma-Vistasområdet, Kebnekaise, Skandinaviska Kaledoniderna.
82. Meyerson, Jacob, 1997: Uppermost Lower Cambrian - Middle Cambrian stratigraphy and sedimentary petrography of the Almbacken drill-core, Scania, southern Sweden.
83. Åkesson, Mats, 1997: Moränsedimentologisk undersökning och bestämning av postglacialt bildade järn- och manganmineral i en drumlinformad rygg.
84. Ahlgren, Charlotte, 1997: Late Ordovician communities from North America.
85. Strömberg, Caroline, 1997: The conodont genus *Ctenognathodus* in the Silurian of Gotland, Sweden.
86. Borgenlöv, Camilla, 1997: Vätskeinklusioner som ledtrådar till bildningsmiljön för Bölets manganmalm, Västergötland, södra Sverige.
87. Mårtensson, Thomas, 1997: En petrografisk och geokemisk undersökning av inneslutningar i Nordingrågraniten.
88. Gunnemyr, Lisa, 1997: Spårämnesförsök i konstgjort infiltrerat vatten - en geologisk och hydrogeologisk studie av Strömsholmsåsen, Hallstahammar, Västmanland.
89. Antonsson, Christina, 1997: Inventering, hydrologisk klassificering samt bedömning av hydrogeologisk påverkan av våtmarksområden i samband med järnvägs-tunnelbyggnation genom Hallandsåsen, NV Skåne.
90. Nordborg, Fredrik, 1997: Granens markpåverkan - en studie av markkemi, jordmänsbildning och lermineralogi i gran- och lövskogsbestånd i södra Småland.
91. Dobos, Felicia, 1997: Pollen-stratigraphic position of the last Baltic Ice Lake drainage.
92. Nilsson, Johan, 1997: The Brennvinnsfjorden Group of southern Botniahalvøya, Nordaustlandet, Svalbard - structure, stratigraphy and depositional environment.
93. Tagesson, Esbjörn, 1998: Hydrogeologisk studie av grundvattnets kloridhalter på östra Listerlandet, Blekinge.
94. Eriksson, Saskia, 1998: Morängenetiska undersökningar i klintar vid Greifswalder Boddens södra kust, NÖ Tyskland.
95. Lindgren, Johan, 1998: Early Campanian mosasaurs (Reptilia; Mosasauridae) from the Kristianstad Basin, southern Sweden.
96. Ahnesjö, Jonas, B., 1998: Lower Ordovician conodonts from Köpings klint, central Öland, and the feeding apparatuses of *Oistodus lanceolatus* Pander and *Acodus deltatus* Lindström.
97. Rehnström, Emma, 1998: Tectonic stratigraphy and structural geology of the Ålkatj-Tielma massif, northern Swedish Caledonides.
98. Modin, Anna-Karin, 1998: Distributionen av kadmium i moränmark kring St. Olof, SÖ Skåne.
99. Stockfors, Martin, 1998: High-resolution methods for study of carbonate rock: a tool for correlating the sedimentary record.
100. Zillén, Lovisa, 1998: Late Holocene dune activity at Sandhammaren, southern Sweden -chronology and the role of climate, vegetation, and human impact.
101. Bernhard, Maria, 1998: En paleoekologisk-paleohydrologisk undersökning av våtmarkskomplexet Rolands hav, Blekinge.
102. Carlemalm, Gunnar, 1999: En glacialgeologisk studie av morän och moränfyllda sprickor i underliggande sandersediment, Örsjö, Skåne.
103. Blomstrand, Malou, 1999: 1992-1998 Seismicity and Deformation at Mt. Eyjafjallajökull volcano, South Iceland.
104. Dahlqvist, Peter, 1999: A Lower Silurian (Llandoveryan) halysitid fauna from the Berge Limestone Formation, Norderön, Jämtland, central Sweden.
105. Svensson, Magnus A., 1999: Phosphatized echinoderm remains from upper Lower Ordovician strata of northern Öland, Sweden - preservation, taxonomy and evolution.
106. Bengtsson, Anders, 1999: Trilobites and bradoriid arthropods from the Middle and Upper Cambrian at Gudhem in Västergötland, Sweden.
107. Persson, Christian, 1999: Silurian graptolites from Bohemia, Czech Republic.
108. Jacobson, Mattias, 1999: Five new cephalopod species from the Silurian of Gotland.
109. Augustsson, Carita, 1999: Lapillituff som bevis för underjurassisk vulkanism av stromboli-karaktär i Skåne.
110. Jensen, Sigfinn J., 1999: En silurisk transgressiv karbonatlagarföljd vid S:t Olofsholms stenbrott, Gotland.
111. Lund, Mats G., 1999: En strukturgeologisk modell för berggrunden i Sarves-vagge - Luottalako-området, Sareks Nationalpark, Lappland.
112. Magnusson, Jakob, 1999: Exploration of submarine fans along the Coffee Soil Fault in the Danish Central Graben.

113. Wickström, Jenny, 1999: Conodont biostratigraphy in Volkhovian sediments from the Mäekalda section, north-central Estonia.
114. Sjögren, Per, 1999: Utmarkens vegetationsutveckling vid Ire i Blekinge, från forntid till nutid - en pollenanalytisk studie.
115. Sälgeback, Jenny, 1999: Trace fossils from the Permian of western Dronning Maud Land, Antarctica.
116. Söderlund, Pia, 1999: Från gabbro till granat-amfibolit. En studie av metamorfos i Åkermetabasiten väster om Protoginzonen, Småland.
117. Jönsson, Karl-Magnus, 2000: Sedimentologiska och litostratigrafiska undersökningar i södra Malmös kvartära avlagringar, södra Sverige.
118. Romberg, Ewa, 2000: En sediment- och biostratigrafisk undersökning av den tidigare Littorina-lagunen vid Barsebäck, SV Skåne, med beskrivning av en Preboreal klimat-oscillation.
119. Bergman, Jonas, 2000: Skogshistoria i Söderåsens nationalpark. En pollenanalytisk studie i Söderåsens nationalpark, Skåne.
120. Lindahl, Anna, 2000: En paleoekologisk och paleohydrologisk studie av fuktängar i Bräkneåns dalgång, Bräkne-Hoby, Blekinge.
121. Eneroth, Erik, 2000: En paleomagnetisk detaljstudie av Sarekgångsvärmen.
122. Terfelt, Fredrik, 2000: Upper Cambrian trilobite faunas and biostratigraphy at Kakeled on Kinnekulle, Västergötland, Sweden.
123. Sundberg, Sven Birger, 2000: Vattenrening genom komplexbildning mellan järn och humusämnen - en litteraturstudie med försök.
124. Sundberg, Sven Birger, 2000: Sedimentationsprocesser och avlagringsmiljö för en kantrygg kring platåleran vid Rydsgårds gods i backlandskapet söder om Romeleåsen, Skåne.
125. Kjöllström, Anders, 2000: En geokemisk studie av bergartsvariationen på Bullberget i västra Dalarna.
126. Cinthio, Kajsa, 2000: Senglacial och tidigholocen etablering och expansion av lövträd på en lokal i nordvästra Rumänien.
127. Lamme, Sara, 2000: Klimat- och miljöförändringar under holocen i Sylarnaområdet, södra svenska Skanderna, baserat på analys av makrofossil och klyvöppningar.
128. Jönsson, Charlotte, 2000: Geologisk och hydrogeologisk modellering av området mellan Bjuv och Söderåsen, nordvästra Skåne.
129. Kleman, Johan, 2001: Utvärdering av den underkambriska litostratigrafin på Österlen, södra Sverige.
130. Sundler, Malin, 2001: En jämförande studie mellan uppmätt och MACRO-simulerad pesticidutlakning på ett odlingsfält i Skåne.
131. Grönholm, Anna, 2001: Högtrycksmetabasiter i den södra delen av Mylonitzonen: fältgeologi, petrografi och metamorf utveckling.
132. Ekdahl, Magnus, 2001: En studie av Källsjögranitens deformationsmönster och kinematiska indikatorer inom Ullaredszonen.
133. Axheimer, Niklas, 2001: Middle Cambrian trilobites and biostratigraphy of the Almbacken drill core, Scania, Sweden.
134. Lindén, Mattias, 2001: Proglacial deformation of glaciofluvial sediments during the Pomeranian deglaciation in the Neubranden- burg area, NE Germany.
135. Warnhag, Jon, 2001: A geochemical study of the zoned Pan-African Mon Repos intrusion, Central Namibia.
136. Lundmark, Mattias, 2001: Zirkonstudie av Norra Hortens bergarter, SV Sverige.
137. Gunnarson, Rebecka, 2001: Sedimentologisk undersökning av en moränskarving i en djupvittrad sprickdal på Romeleåsen, Skåne.
138. Karlsson, Christine, 2001: Diagenetic and petrophysical properties of deeply versus moderately buried Cambrian sandstones of the Caledonian foreland, southern Sweden.
139. Eriksson, Märten, 2001: Bedömning av föroreningsspridning kring en nedlagd bensin-station i Karlaby, sydöstra Skåne.
140. Ljung, Karl, 2001: A paleoecological study of the Pleistocene-Holocene transition in the Kap Farvel area, South Greenland.
141. Åkesson, Cecilia, 2001: Undersökning av grundvattenförhållanden i området kring Östra Vemmerlöv, Simrishamns kommun, sydöstra Skåne.
142. Bermin, J., 2001: Modelling Mössbauer spectra of biotite.
143. Mansurbeg, H., 2001: Modelling of reservoir quality in quartz-rich sandstones of the Lower Cretaceous Bentheim sandstones, Lower Saxony Basin, NW Germany.
144. Hermansson, Tobias, 2001: Sierggaväeskollans strukturgeologiska utveckling; nyckeln till Sareks berggrundsgeologi.
145. Veres, D. S., 2001: A comparative study between loss on ignition and total carbon analysis on Late Glacial sediments from Atteköps mosse, southwestern Swede., and their tentative correlation with the GRIP event stratigraphy.
146. Ahlberg, T., 2001: Hydrogeologisk undersökning samt sårbarhetskartering av området kring tre bergborrade grundvattenanläggningar i Simrishamns kommun.