

Rapport nr.: 2005.048		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Kartlegging av grunnvarmepotensialet fra løsmasser i Otta, Sel kommune				
Forfatter: Atle Dagestad, Einar Dalsegg, Birger Heidenstrøm (NVE) og Hervé Colleuille (NVE)		Oppdragsgiver: Sel kommune		
Fylke: Oppland		Kommune: Sel kommune		
Kartblad (M=1:250.000) Lillehammer		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1718 IV Otta		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 61	Pris: 400,-	
		Kartbilag: 6		
Feltarbeid utført: 2000-2001	Rapportdato: 20.06.2005	Prosjektnr.: 277107	Ansvarlig:	
Sammendrag:				
<p>I forbindelse kartlegging av grunnvarmepotensialet i Otta området er det utført georadarundersøkelser, sonderboringer og nedsetting av undersøkelsesbrønner i løsmasser. Det ble under etablering av undersøkelsesbrønnene tatt ut sedimentprøver til kornfordelingsanalyser og grunnvannprøver til kjemisk analyse ved utvalgte dyp. Det er også utført langtids nivå- og temperaturmålinger av grunnvannet i utvalgte undersøkelsesbrønner. Undersøkelsene viser at det finnes mektige avsetninger av grovkornete sedimenter, stedvis over 30 meter mektige, med meget god vanngiverevne innen det undersøkte området. Utstrekningen på området med slike avsetninger begrenser seg til elveviften som Ottaelva har avsatt ut Gudbrandsdalen ved Otta sentrum. På nord- og sørsiden av denne elveviften domineres løsmassene av finkornige sedimenter med betydelig mektighet og liten vanngiverevne men med et øvre tynt grovkornet lag av elveavsetninger. Tidligere etablering av en dyp grunnvannsbrønn i privat regi på elvesletten rett nord for elveviften gir indikasjoner på grove sedimenter med god vanngiverevne under de finkornige sedimentene på ca. 70 meters dyp. Temperaturmålingene viste grunnvannstemperaturer på mellom 4,5-7 °C. Variasjonen på grunnvannstemperaturen gjennom året var størst i målepunkt nærmest vassdragene i området som har en vintertemperatur nær 0 °C. Vannanalysene viste en kjemisk sammensetning på grunnvannet som er velegnet til å benytte i varmevekslere.</p> <p>Det er ut fra de utførte undersøkelser utarbeidet en numerisk grunnvannsmodell over strømningsforholdene samt en termisk modell som viser grunnvarmepotensialet i det undersøkte området. Beregninger viser at det er mulig å ta ut betydelige mengder grunnvann og grunnvarme fra området med mektige grovkornete avsetninger, mens de omliggende områdene med mektige finkornige sedimenter har begrenset grunnvarmepotensial. Undersøkelsene er utført uten utpumping av grunnvann slik at en eventuell senking av grunnvannstemperaturen som følge av infiltrasjon av kaldt elvevann ikke er tatt med i beregningene.</p> <p>For å kunne studere slike effekter anbefales det å etablere en eller flere grunnvannsbrønner i området som prøvepumper og grunnvannstemperaturen måles gjennom den kalde årstid. Det anbefales også å undersøke potensialet for grunnvarmeuttak fra mulige dype grunnvannsmagasin i området. Sommerstid måles det til dels høye temperaturer i Lågen (15-18 °C) slik at det anbefales det også å utrede muligheten til lagring av grunt og varmt elvenært grunnvann i dype kalde grunnvannsmagasin i området.</p>				
Emneord: Grunnvarme	Grunnvann		Hydrogeologi	
Vannkjemi	Geofysikk		Grunnvannsmodellering	
Fagrapport	Sonderboring		Resurskartlegging	

## **INNHold**

1. FORORD.....	4
2. INNLEDNING .....	4
3. Undersøkelsesområdet .....	5
3.1 Berggrunnen i området.....	6
3.2 Løsmassene i området .....	6
4. Utførte undersøkelser .....	7
4.1 Tidligere utførte undersøkelser i det aktuelle området.....	7
4.2 Geofysiske undersøkelser.....	7
4.2.1 Georadarmålinger.....	7
4.2.2 Tolkning av georadarmålingene.....	8
4.3 Grunnboringer og prøvetaking .....	8
4.3.1 Metode og omfang på grunnboringene .....	8
4.3.2 Resultater fra grunnboringene.....	9
4.3.3 Løsmasseoppbygningen i Otta området .....	9
4.3.4 Vanngiverevne og grunnvannskvalitet.....	10
4.3.5 Temperatur- og trykkmålinger .....	10
5. numerisk strømningsmodell og termisk modell.....	11
6. Konklusjon og videre undersøkelser .....	12

## **TEKSTVEDLEGG**

Tekstvedlegg 1: Georadar og metodebeskrivelse  
Tekstvedlegg 2: Simuleringsverktøyet og modellkjøringen.

## **DATAVEDLEGG**

Datavedlegg 1: Stedsangivelse georadarprofiler og borepunkter  
Datavedlegg 2: Borelogger  
Datavedlegg 3: Kornfordelingsanalyser  
Datavedlegg 4: Vannanalyser  
Datavedlegg 5: Temperaturmålinger  
Datavedlegg 6: Numeriske modeller  
Kartvedlegg: 2005.048-01, -02, -03, -04, -05, -06

## 1. FORORD

Som et bidrag for å øke kunnskapen om, og bruken av, grunnvarme som et miljøvennlig alternativ til fossilt brensel og elektrisk kraft, har NGU i samarbeid med NVE utført flere lokalitetsstudier i ulike deler av landet for å kartlegge potensialet for uttak av grunnvarme basert på oppumpet grunnvann og varmepumpeteknologi (Dagestad og Heidenstrøm (2000), Kalskin og Hilmo (1999)). Undersøkelsene som er beskrevet i denne rapporten er blitt utført som et samfinansierings-prosjekt mellom de overnevnte institusjoner og Sel kommune. Resultatene fra denne rapporten vil inngå i en større varmeplan for Otta sentrum. De som har vært med i gjennomføring av prosjektet har vært:

Ola Næperud	(Sel kommune)
Bjørn Iversen	(NGU, grunnundersøkelser)
Eilif Danielsen	(NGU, grunnundersøkelser)
Einar Dalsegg	(NGU, tolkning georadarundersøkelser)
Atle Dagestad	(NGU, prosjektleder)
Tor Simon Pedersen	(NVE, georadaropptak)
Birger Heidenstrøm	(NVE, grunnundersøkelser, modellering)
Hervé Colleuillle	(NVE, modellering)

## 2. INNLEDNING

Der de geologiske forholdene ligger til rette for det utgjør uttak av varme lagret i grunnvannet, fjellgrunnen og løsmasser en betydelig uutnyttet energiressurs. Ved uttak av større energimengder fra grunnen er det vanlig at grunnvann pumpes opp fra større sand og grusavsetninger, og benyttes direkte som varmekilde for en varmepumpe. Gjennom varmepumpen trekkes varme lagret i vannet ut ved at det kjøles ned. Ved mindre grunnvarmeanlegg, eller der de lokale geologiske forholdene ikke gir mulighet for uttak av større mengder grunnvann, kan uttak av grunnvarme fra fjellgrunnen ved hjelp av kollektorslager i en eller flere fjellbrønner ofte være et godt alternativ.

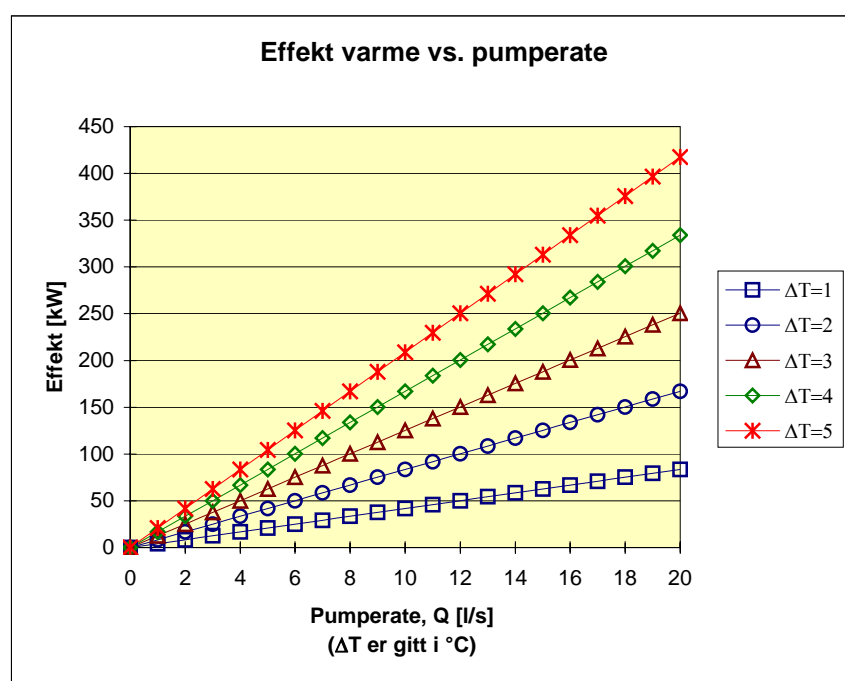
Uttatt grunnvarme kan utnyttes til oppvarming av vann og bygninger gjennom vannbårne oppvarmingssystemer. Det kalde returvannet fra varmepumpen injiseres i grunnen eller sendes ut i avløpsystemet eller i et nærliggende vassdrag. Lønnsomheten ved slike anlegg er større ved kombinert bruk til både oppvarming og kjøling. Ved kjøling reverseres varmestrømmen i anlegget og varme fra bygningene avgis til undergrunnen. Ved å benytte et slikt opplegg kan for eksempel overskuddsvarme i den varme årstid lagres i grunnen for så å bli tatt ut under fyringssesongen. På NGUs hjemmeside er det en liste over større grunnvarmeanlegg etablert i Norge <http://www.ngu.no/FileArchive/91/grunnvarmeanlegg.xls>.

Tre viktige forutsetninger må imidlertid være innfridd for å kunne benytte grunnvann som energikilde:

- Det må finnes tilstrekkelig med grunnvann i nærområdet som det er mulig å pumpe opp. Dvs. at fjell eller løsmassene i undergrunnen må ha gode vannføringsegenskaper i den vannmettede sonen.
- Grunnvannet må ha tilfredstillende temperatur, spesielt om vinteren da det er størst oppvarmingsbehov.

- Grunnvannet må ha tilfredstillende vannkvalitet. Spesielt kritiske faktorer vil være innholdet av løst jern og mangan i grunnvannet som ved høyt innhold kan føre til utfellinger i varmeveksleren.

Vann har god evne til å lagre varme (varmekapasitet  $C_{p\text{-vann}} = 4,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ ). Figur 1 viser effekten av et grunnvarmeanlegg basert på oppumpet grunnvann som en funksjon av pumperate og temperaturendring av vann ( $\Delta T$ ). Til oppvarmingsformål må temperaturen senkes, mens kjøling krever en temperaturøkning. Ut fra effektkurven vil et grunnvannsuttak på 8 l/s med vanntemperatur på 6 °C, og en temperatursenkning ( $\Delta T$ ) på 3 °C i varmepumpens varmeveksler, avgi 100 kW. Forutsatt en effektfaktor på 3 (avgitt varmeeffekt fra varmepumpen/tilført effekt for å drive varmepumpen, (Stene, 1997), bør en passende varmepumpe i dette eksemplet ha en effekt på 150 kW.



Figur 1. Effekten av et grunnvarmeanlegg basert på størrelsen på grunnvannsuttaket og hvor mange grader grunnvannet senkes gjennom varmepumpen ( $\Delta T = T_{\text{inn}} - T_{\text{ut}}$ )

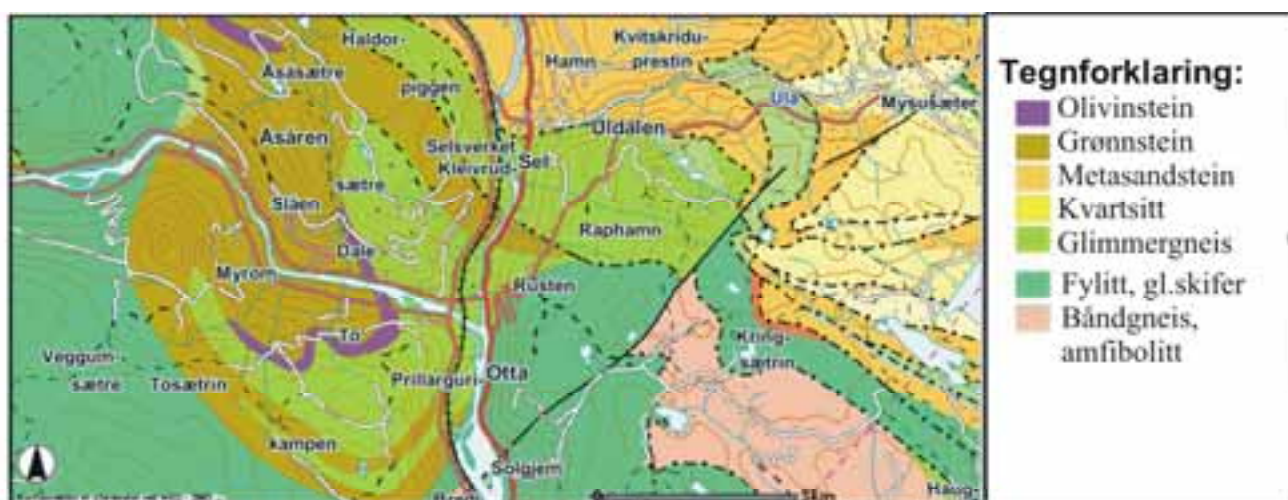
### 3. UNDERSØKELSESOMRÅDET

Området som har vært gjenstand for undersøkelser i dette prosjektet begrenser seg til utløpsområdet for Ottaelva i Gudbrandsdalen som innbefatter Otta sentrum, samt industriområdet og bebyggelsesområdene nord og sør for Otta sentrum (kartbilag nr. 2005.048-1). Det ble valgt å fokusere på dette området da det finnes flere større offentlige og private bygg innen dette området som kan benytte grunnvarme til oppvarming og kjøling (skoler, barnehager, kommunehus, hotell).

Det ble også valgt å begrense de detaljerte undersøkelsene til løsmassene i området da disse normalt vil utgjøre det største potensial for uttak av store energimengder fra grunnen. Det er likevel valgt å gi en kort omtale av grunnvarmepotensialet der berggrunnen benyttes til oppvarmings- og/eller kjøleformål.

### 3.1 Berggrunnen i området

I områder med lite løsmassedekke eller løsmasser med liten vanngiverevne kan fjellgrunnen utgjøre en viktig grunnvarmekilde, særlig ved mindre grunnvarmeuttak. Berggrunnens varmeledningsevne, samt lokale forhold som grunnvannstrøm og berggrunnens oppsprekning, vil påvirke effekten av grunnvarmeuttak fra fjell. Der uttak av grunnvarme fra fjellgrunnen kombineres med kjøling og tilbakeføring av varme i sommersesongen, kan selv fjellgrunnen benyttes til uttak av større energimengder. Fjellgrunnen i det undersøkte området og nærområdene rundt består hovedsakelig av metamorfe bergarter (omdannede) som glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein og fylitt (Figur 2). Dette er bergarter som har middels til god varmeledningsevne.

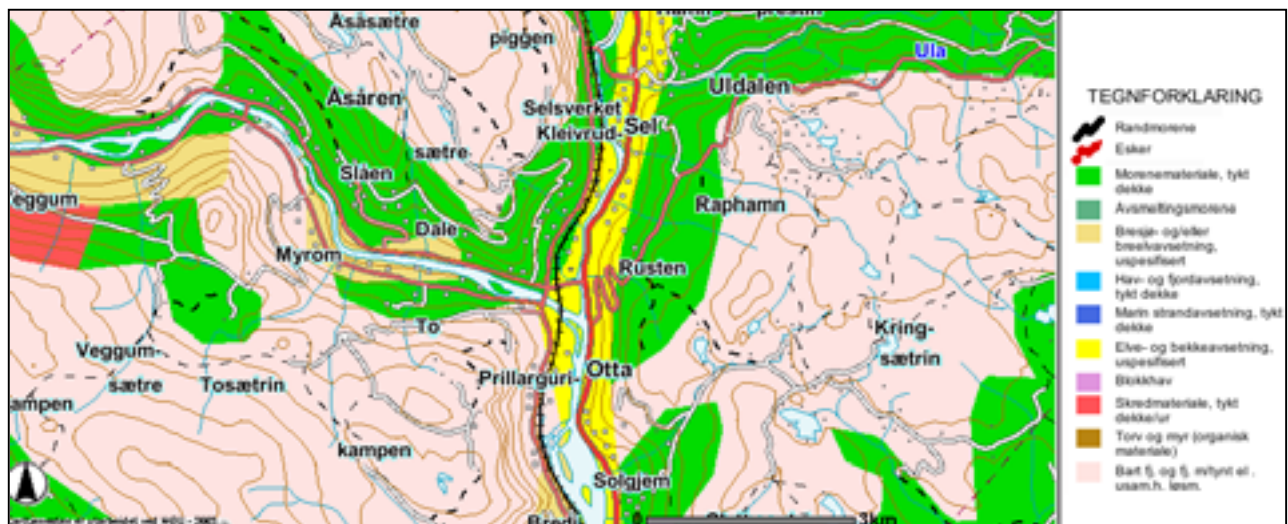


Figur 2: Berggrunnsgeologisk kart over Otta området (ref. NGUs Berggrunnsgeologisk database [www.ngu.no](http://www.ngu.no))

### 3.2 Løsmassene i området

Løsmassemektigheter av betydning i denne sammenheng finnes utelukkende i dalgangene i Otta området. NGUs kvartærgeologiske kart over området viser at dalsidene består av et tynt usammenhengende morenedekke (lysegrønt) med stedvis innslag av mektigere breelvsavsetninger (beige). Dalbunnen langs Gudbrandsdalslågens løp innen området består utelukkende av elveavsetninger. Tidligere utførte grunnboringer<sup>1</sup> på industriområdet rett nord for Otta sentrum, samt geofysiske undersøkelser ved Selmyrene (Gaut og Tønnesen 1996) har vist betydelige mektighet på disse dalfyllingene.

<sup>1</sup> Personlig meddelelse fra Gudbrandsdalen brønnboring as



Figur 2: Kvartærgeologisk kart over Otta området (ref. NGUs geodatabaser [www.ngu.no](http://www.ngu.no))

## 4. UTFØRTE UNDERSØKELSER

### 4.1 Tidligere utførte undersøkelser i det aktuelle området

Det er ikke tidligere blitt utført grunnvarmeundersøkelser i Sel kommune. Det har imidlertid tidligere vært utført regionale løsmasse- og berggrunnsgeologiske undersøkelser i kommunen i forbindelse med fremstillingen av kvartærgeologiske og berggrunnsgeologiske kart over området (Holmsen 1984). Det har også vært utført hydrogeologiske undersøkelser av NGU ved en rekke lokaliteter i Sel kommune for å kartlegge muligheter for uttak av grunnvann til vannforsyning (Nilsen 1987, 1988, Segar og Gaut 1997) samt i forbindelse med regional ressurskartlegging av grunnvannspotensial i kommunene i Oppland (Nilsen 1986, Rohr-Torp 1988). Felles for de hydrogeologiske undersøkelsene er at de ikke har berørt det aktuelle området i disse undersøkelsene, noe som må sees i sammenheng med at Otta sentrum med omliggende området langs Lågen er nedbygd og vil følgelig ikke utgjøre et potensielt område for grunnvannsuttak til vannforsyning.

### 4.2 Geofysiske undersøkelser

#### 4.2.1 Georadarmålinger

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. En mer detaljert beskrivelse av metoden er gjengitt i tekstvedlegg 1. For å få en oversikt over geologiske strukturer i undergrunnen i undersøkelsesområdet ble det sommeren 2000 utført til sammen 7 km med georadarmålinger langs veier og sykkelstier. Profilenes beliggenhet med start og slutt punkt er angitt på kartbilag 2005.048-02 og på kartutsnitt på kartbilagene 2005.048-04 til -06.

Innsamling av måledata er utført av NVE, mens prosessering og tolkning er foretatt av NGU. Georadaren som ble benyttet var av typen "pulseEKKO 100" (Sensors & Software Inc. Canada). Målingene ble utført med 100 MHz-antennene og 1000V sender. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand på 1 meter og en flytteavstand på 0,5 meter. Måledata fra Otta sentrum inneholder en del støy på grunn av at målingene er utført i et område med et betydelig innslag av tekniske installasjoner, men dette har ikke hatt noen vesentlig betydning for tolkningen av måledata.

Ved dybdekonverteringen er det benyttet en gjennomsnittlig hastighet på 0.06 m/ns. Dette var den hastigheten som passet best ved de utførte hastighetsanalysene (CMP-målinger), i tillegg til at denne hastigheten samsvarte bra ved enkelte borepunkt.

#### **4.2.2 Tolkning av georadarmålingene**

Samtlige georadaropptak i dette området har et fellestrekk som indikerer en øvre lagpakke bestående av horisontale avsetninger med varierende grad av reflektivitet (kartbilagene 2005.048-04 til -06). Denne lagpakken tolkes til å være elveavsetninger med varierende innhold av grove og finere masser. Overgangen mellom denne avsetningen og den underliggende er ikke like markert på alle profiler, men tykkelsen på avsetningen ser ut til å være mellom 5 – 6 meter.

Under denne avsetningen viser måledata avsetninger bestående av partier med tydelige skrålag. Disse skrålagene er spesielt markerte i utløpsområdet for Otta elva ut i Gudbrandsdalen (profil P133, P134, P136, P137, P138, P139, P140, P141, P144, P145), men skrålagene mot dypet blir utydelige og forsvinner mot elvesletta nord og sør for utløpsområdet (profil P130, P131, P132, P142, P143, P146, P147). I profilene som viser skrålagning, og som er tolket til å være grovkornete breelvsavsetninger, er det varierende reflektivitet. Dette indikerer at også denne avsetningen består av varierende innhold av grovere og finere masser. Flere av de etterfølgende boringene viser grus i partier med liten eller ingen reflektivitet. Dette tyder på at enten er grusavsetningen her utpreget ensartet. Ingen av profilene indikerer noen fjelloverflate, noe som tilsier at det ikke er mulig på bakgrunn av georadarmålingene å angi tykkelsen av den breelvsavsatte delen av avsetningen. Boringene, som omtales under, viser at mektigheten på avsetningene er betydelig, med grove masser ned til 30 til 40 meters dyp i store deler av det undersøkte området.

### **4.3 Grunnboringer og prøvetaking**

#### **4.3.1 Metode og omfang på grunnboringene**

Det er utført grunnboringer ved 9 lokaliteter i to perioder høsten 2000. Lokalisering av borepunktene er vist i kartbilag 2005.048-03. Det ble benyttet en Hafo borerigg under grunnboringene, og boremetoden som ble benyttet var rotasjon og slag sonderboring med Ø 45 mm borekrone. Under sonderboringen ble boremotstand og spyletrykk registrert for tolkning av løsmassesammensetningen. I de tilfeller det ble registrert grovkornete løsmasser med god vanngjennomgang ble det i tillegg til sonderboringen også satt ned en undersøkelsesbrønn. Undersøkelsesbrønnene består av stålrør Ø 50 mm der nederste meter av rørbrønnen er slisset opp for uttak av sediment- og grunnvannsprøver. Det ble tatt ut i alt 8 vannprøver og 20 sedimentprøver fra i alt 6 undersøkelsesbrønner. Fysikalske og kjemiske analyser av vannprøvene er utført ved NGUs kjemiske laboratorium mens kornfordelingsanalyser av sedimentprøvene er utført ved NGUs sedimentlaboratorium.

## 4.3.2 Resultater fra grunnboringene

### 4.3.2.1 Løsmassesammensetning

Sonderboringene og nedsetting av undersøkelsesbrønnene viser at området med grovkornete løsmasser med god vanngjennomgang begrenser seg til en vifte som brer seg fra munningen av Ottadalen ut i Gudbrandsdalen. Ut fra resultatene fra boringene ved borelokalitet 2 og 3 ved Elvebakken ser det ut som det er et marked skille i løsmassesammensetningen mot dypet mellom de to borelokalitetene. I borepunkt 3 ble det funnet lag med sand og grus med god vanngiverevne ned til ca. 22 meters dyp, mens i borepunkt 2 går det grove topplaget over til mer finsandige masser med dårlig vanngiverevne ved ca. 8 meters dyp. I borepunkt 2 ble boringen avsluttet ved 17,7 meter uten å påtreffe grovere masser. I de resterende borepunkter, foruten borepunkt 1, ble det funnet mektige grovkornete avsetninger med god vanngiverevne ned til over 30 meters dyp uten å påtreffe fjell. I borepunkt 1 ved Selsro ble boringen avsluttet på 4 meter etter to forsøk innen et begrenset område. Det var først antatt at fjell var påtruffet ved denne lokaliteten, men etterfølgende boring i området (borepunkt 7) viste mektige avsetninger med til dels meget grove masser ned til ca. 32 meters dyp, slik at boringen i punkt 1 mest sannsynlig ble avsluttet i en stor steinblokk. Det ble ikke påtruffet fjell i noen av grunnboringene. Resultater fra kornfordelingsanalysene er vist i datavedlegg 3

Overgangen til mer finkornige sedimenter i den sørlige delen av undersøkelsesområdet ned mot Soleng er ikke verifisert med boringer men ut fra tolkingen av georadaropptak.

### 4.3.3 Løsmasseoppbygningen i Otta området

Resultatene fra georadarundersøkelsene og grunnboringene sett under ett viser at området med grovkornete avsetninger med god vanngiverevne begrenser seg til deler av Otta sentrum. De dypere liggende grovkornete avsetningene består sannsynligvis av breelv- og senere elvesavsetninger som er avsatt fra Ottaelva ut i Gudbrandsdalen gjennom flere tusen år. Vannføringen i Ottaelva har sannsynligvis vært betydelig større i tidligere tider under nedsmeltingen av innlandsisen etter siste istid (9-10.000 år), og elva må ha ført med seg store mengder løsmasser ned dalen. De groveste løsmassene ble avsatt i munningen av Ottadalen ut i Lågens dalføre, mens de mer finkornige avsetningene ble transportert noe lenger før de ble avsatt. De finkornige dypere liggende avsetningen utenfor Ottaelvas avsetningsvifte indikerer at Gudbrandsdalen var vannfylt og at dagens Gudbrandsdalslåg utgjorde mer en sjø enn en elv i dette området. Dette indikere også at de grovkornete avsetningene i dette området kan ha blitt avsatt som et delta ut Gudbrandsdalen.

De meget dype grovkornete avsetningene som ble påtruffet ved tidligere Tine fabrikk er avsatt tidligere en de grovkornete avsetningene i Ottaelvas munning, og kan være avsatt dels under dalbreen som fylte dalen under siste istid. Disse avsetningene kan bestå av bunnmorene, men ut fra den høye vanngiverevnene som Gudbrandsdalen brønnboring refererte, så kan disse avsetningene utgjøre rester av dreneringskanaler for smeltevann under isen (eskere). Dypet til fjell er ikke mulig å anslå ut fra de undersøkelsene som er utført. De grove avsetningene som funnet i dypboringen ved tidligere Tine fabrikk kan indikere overgang til fjell. Det er også mulig at dalfyllingen er betydelig mektigere enn 70 – 80 meter. Tidligere geofysiske undersøkelser utført på Selmyrene av NGU indikere over 200 meter mektige dalfyllinger i dette området (Gaut og Tønnesen 1996). Avsetningene her er hovedsakelig finkornete sedimenter, men det er også påtruffet flere grovere lag mot dypet.



#### **4.3.4 Vanngiverevne og grunnvannskvalitet**

##### **4.3.4.1 Vanngiverevne**

Grunnboringene viste at vanngiverevnen til avsetningene i borelokaliteter med grovkornete sedimenter gjennomgående var meget god. De betydelige mektighetene på de vannmettede grovkornete avsetningene gir derfor gode muligheter for uttak av store mengder grunnvann til energiformål.

Boringene viste imidlertid at de dypereliggende sedimentene i det undersøkte området nord for Elvebakken består av finkornige sedimenter med liten vanngiverevne. Det ble ikke boret ned til fjell i dette området, men tidligere boringer utført ved tidligere Tine fabrikker (adresse Skansen 8) viste finkornete avsetninger ned til over 70 meters dyp (pers. med. fra Gudbrandsdalen brønnboring as). Ved dette dyp ble det påtruffet et grov lag med god vanngiverevne. Det ble forsøkt etablert et filter ved dette dypet, men dette måtte oppgis som følge av transport av finstoffholdig materiale inn i borerøret under brønnarbeidene. Ut fra resultatene fra denne dypboringen er det derfor lite sannsynlig å påtreffe grovkornete avsetninger med god vanngiverevne i de øvre deler av løsmassene i den nordlige delen av undersøkelsesområdet. Dette området vil derfor heller ikke være egnet for uttak av større mengder grunnvann til energiforsyning fra grunne brønner. Det er ikke verifisert med boringer om det er en liknede overgang mellom grovkornete avsetninger med god vanngiverevne og finkornete avsetninger med liten vanngiverevne i den sørlige delen av undersøkelsesområdet. Det må imidlertid antas ut fra georadarundersøkelsene at denne grensen går i området ved Soleng.

##### **4.3.4.2 Vannanalyser**

Resultatene fra analyser av de 8 vannprøvene som ble tatt ut viser et svakt surt vann med lavt mineralinnhold. Det ble ikke funnet målbare mengder av jern og kun ubetydelige mengder mangan i prøvene. Vannanalysene sett under et viser at grunnvannet i de prøvetatte områdene er av en kjemisk beskaffenhet som er gunstig for å kunne benyttes direkte i varmevekslere. Resultatene fra vannanalysene er vist i datavedlegg 4.

#### **4.3.5 Temperatur- og trykkmålinger**

En viktig faktor i kartleggingen av grunnvarmepotensialet i et område er temperaturen på grunnvannet gjennom fyringssesongen. Desto høyere temperatur det er på grunnvannet jo mer energi per volum oppumpet vann kan tas ut (ref. Figur 1). Hvis temperaturen på grunnvannet er lav ( $< 1^{\circ}\text{C}$ ) vil effekten i en varmeveksler bli liten fordi frysepunktet for vann setter en nedre temperaturgrense for energiuttaket. For å måle grunnvannstemperaturen gjennom en fyringssesong ble det satt ned temperaturloggere i undersøkelsesbrønnene 3 og 9 ved henholdsvis 6 og 7 meters dyp samt i grunnvannsbrønnen ved tidligere Tine fabrikker ved ca. 50 meters dyp. Det ble først satt ned enkle temperaturlogger av NGU i disse brønnene men disse ble senere skiftet ut av NVE med mer avanserte temperatur- og trykksensorer. Det er også innhentet temperaturmålinger i Lågen fra NVE for å kunne sammenlikne fluktuasjoner i elvevannet og grunnvannet.

#### 4.3.5.1 Resultater temperatur- og nivåmålinger

Resultatet fra temperatur og nivåmålingene er vist i datavedlegg 5. Som det framgår av temperaturmålingene så finnes det temperaturdata av svært varierende tidsperiode fra de ulike observasjonsbrønner. Årsaken til dette skyldes hovedsakelig tekniske problemer med måleutrustningen som ble benyttet. Måleperioden fra Lågen ligger også noe tilbake i tid (1994–1999) da det ikke finnes nyere temperaturdata tilgjengelig. Hovedtrendene i temperaturmålingene viser naturlige fluktuasjoner i elvevannet som også vil være gyldig også for senere år.

På tross av noe mangelfulle temperaturdata gir likevel de utførte målinger verdifull informasjon. Det er gjennomgående forholdsvis lave grunnvannstemperaturer som er registrert i målepunktene. Målingene viser imidlertid en betydelig høyere temperatur i grunnvannet i fyringssesongen i alle observasjonsbrønner sammenliknet med elvevannet, og visa versa i den varme årstid. Temperaturmålingene i observasjonsbrønn 3 (Elvebakken) og 9 (Ottbragden) viser også at nærhet til elv vil påvirke temperaturfluktuasjonene i grunnvannet, med en mer stabil grunnvannstemperatur jo lengre vekk fra elvene målingene gjøres. Temperaturmålingene i brønnen ved Tine fabrikker viser også at grunnvannstemperaturen er stabil mot dypet og ikke synlig påvirket av sesongvariasjoner i overflatevannstemperaturen. På tross av forholdsvis lav grunnvannstemperatur i samtlige målepunkter er det likevel et betydelig grunnvarmepotensial i Otta sentrum innenfor området med grovkornete sedimenter med høy vanngiverevne, ved at den lave grunnvannstemperaturen delvis kan kompenseres med et større grunnvannsuttak (ref. figur 1). Det må imidlertid understrekes at det ikke er utført pumping av grunnvann under temperaturmålingen slik at effekten av et grunnvannsuttak på grunnvannstemperaturen ikke har blitt registrert. Det er forventet at utpumping av grunnvann under fyringssesongen vil ha en temperatursenkende effekt fordi det er forventet at mer kaldt elvevann vil bli trukket inn i grunnvannsmagasinet. Den temperaturreducerende effekten ved grunnvannspumping vil normalt ha størst effekt jo grunnere og nærmere elva uttaket er.

Utførte trykkmålinger er også noe mangelfull på grunn av tekniske problemer med måleutrustningen. På grunn av dette finnes det bare pålitelige nivåmålinger fra observasjonsbrønn 3 og brønnen ved Tine meierier. Disse målingene viser at grunnvannsnivået endres betydelig gjennom året men ligger innen et variasjonsområde som ikke vil ha nevneverdig betydning for et mulig grunnvannsuttak til energiformål. Nivåmålingene har blitt benyttet i utviklingen av en numerisk grunnvannsmodell for området (se neste kapittel)

## 5. NUMERISK STRØMNINGSMODELL OG TERMISK MODELL

Basert på resultater fra georadarundersøkelsene, grunnboringene samt nivåmålinger i vassdragene og observasjonsbrønner er det laget en numerisk strømningsmodell for det undersøkte området. Det er på bakgrunn av disse data kombinert med temperaturmålingene av grunnvannet også laget et termisk modell for det samme området for å vise potensialet for grunnvarmeuttak. Forutsetninger og beregningsgrunnlaget for modellene er gjengitt i tekstvedlegg 2.

Som det framkommer av visualiseringen av resultatene fra den termiske modellen viser dette et betydelig potensial for uttak av grunnvarme i Otta sentrum. Området med betydelig potensial er imidlertid begrenset og er gitt ut fra utstrekning på de grovkornete avsetningene i elveviften i munningen av Ottadalen. Beregninger av grunnvarmepotensialet forutsetter imidlertid en senkning av utpumpet grunnvann på 3 °C, noe som igjen forutsetter at

grunnstemperaturen ikke bør synke under 4 °C. Utførte temperaturmålinger av grunnvannet i observasjonsbrønnene viser at grunnvannet ikke synker under 4 °C gjennom året. Som nevnt tidligere er disse målingene utført uten utpumping av grunnvann slik at en temperatursenkning som følge av infiltrasjon av kaldt elvevann vinterstid ikke er tatt med i kalkulasjonene av grunnvarmepotensial. De numeriske beregningene har heller ikke berørt mulighetene for å ta ut dypt grunnvann til energiuttak (ref. dypbrønn Tine fabrikk) eller lagring av overskuddsvarme sommerstid.

## **6. KONKLUSJON OG VIDERE UNDERSØKELSER**

De utførte undersøkelsene viste at i de sentrumsnære områdene ved Otta finnes mektige løsmasser med god til meget god vanngevinger. Temperaturmålinger utført i utvalgte undersøkelsesbrønner viste gjennomgående lav grunnvannstemperatur (4,5 - 7 °C). Den gode vanngevingevnen til løsmassene i deler av det undersøkte området gir likevel betydelig potensial for uttak av grunnvarme. Beregninger av grunnvarmepotesialet er imidlertid beheftet med usikkerheter da temperaturmålingen er utført under naturlige strømningsforhold i grunnvannsmagasinet (uten utpumping). For å kunne gi et sikrere estimat over grunnvarmepotesialet i Otta området bør det derfor etableres en eller flere grunnvannsbrønner i området, og som prøvepumpes gjennom en fyringssesong samtidig som grunnvannstemperaturen måles. Ut fra slike forsøk vil en eventuell temperaturreducerende effekt gjennom økt infiltrasjon av kaldt elvevann kunne registreres.

De høye temperaturene som måles i Lågen sommertid (15 – 18 °C) gir også mulighet for uttak av grunt og varmt grunnvann fra elvenære brønner. Dette tempererte vannet kan overføres, infiltreres og lagres i den kalde delen av grunnvannsmagasinet gjennom grunnvannsbrønner. Det varme vannet kan pumpes opp i den kalde årstid gjennom de samme brønner som benyttes til infiltrasjon. For at et slikt varmelager skal kunne fungere er det imidlertid viktig å ha god oversikt over den naturlige grunnvannstrømmen i brønnområdet.

Kartlegging av potensialet for uttak av temperaturstabil dypt grunnvann bør også vurderes. Det er imidlertid teknisk utfordrende og kostnadskrevenende å undersøke dype akviferer. I Otta området kan slik kartlegging likevel tilrådes fordi til dels store bygningsmasser med vannbåren varme (idrettsanlegg, skole) ligger i et område uegnet for uttak av større mengder grunt grunnvann, i tillegg til at det finnes indikasjoner på grovere sedimenter mot dypet i avsetningen (ref. dypbrønn Tine Fabrikk). Temperaturen på grunnvannet er også jevnt stabil (5,9 °C) i den dypere delen av avsetningene i dette området. Hvis det finnes et større grunnvannsmagasin mot dypet i dette området kan også temperert grunnvann lagres i disse sommerstid for uttak i den kalde årstid.

## Referanser:

Colleuille, Hervé 2005. Tiltaksvurdering mot oversvømmelser i Otta sentrum. Analyse av grunnvannsforholdene vha. modellverktøy. NVEs rapport 12-2005, 45 sider.

Dagestad, Atle ; Heidenstrøm, Birger 2000. Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Voss. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 2000.109. 33 sider

Gaut, Sylvi; Tønnesen, Jan F. 1996. Geofysiske målinger i forbindelse med hydrogeologiske undersøkelser på Selsmyra, Sel kommune, Oppland. Norges geologiske undersøkelse, NGU-rapport 96.031, 28

Holmsen, Per 1984. Beskrivelse til det kvartærgeologiske kart Otta, 1718 IV, M 1:50 000 Utgiver Norges geologiske undersøkelse NGU-rapport 84.080. 41 sider.

Kalskin, Randi ; Hilmo, Bernt Olav 1999. Kartlegging av potensialet for grunnvarmeuttak fra løsmasser i Elverum. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 99.008. 63 sider.

Midttømme, Kirsti Hilmo, Bernt Olav Kalskin, Randi 2000: Kartlegging av grunnvarmepotensialet i løsmasser og berggrunn i Alvdal. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 2000.063. 33 sider

Nielsen, Jens Tore; Hillestad, Gustav 1988. Grunnvannsundersøkelser ved Otta og Mysusetter. Norges geologiske undersøkelse. NGU-rapport 88.019 sidetall 47.

Nielsen, Jens Tore 1987. Ressurskart 1:50 000 - grunnvann i løsmasser - med beskrivelse. Sel kommune, Oppland fylke. Status pr. 01.09.86. Norges geologiske undersøkelse, NGU-rapport 87.006, 7 sider.

Nielsen, Jens Tore 1986. Vannressurskart 1 : 50 000 med beskrivelse - grunnvann i løsmasser, Gudbrandsdalen, Oppland fylke. Status for 10 kartblad pr. 01.01.86. Norges geologiske undersøkelse, NGU-rapport 86.012, 18 Sider.

Rohr-Torp, Erik 1988. Ressurskart - grunnvann i fjell med beskrivelse. Sel kommune, Oppland fylke. Status pr.01.01.88. Utgiver Norges geologiske undersøkelse Serienavn NGU-rapport Serienummer 88.069. 10 sider.

Segar, David Gaut, Sylvi 1997. Bestemmelse av beskyttelsessoner ved Otta vannverk ved bruk av grunnvannsmodellering Utgiver Norges geologiske undersøkelse, NGU-rapport 97.095 68

Stene, J. 1997: Varmepumper: Grunnleggende varmepumpeteknikk, SINTEF Energi, Klima- og Kuldeteknikk; STF84 A97302, SINTEF Energi, Klima- og Kuldeteknikk, Trondheim, 1997, 242 sider.

Tønnesen, Jan Fr. 1988. Refraksjonsseismiske målinger nær Lågen ved Vinstra, nord for Otta og syd for Dombås. Norges geologiske undersøkelse, NGU-rapport 88.138. 11 sider

## Vedlegg

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling og strukturer i grunnen. Med en spesiell antenne sendes elektromagnetiske bølgepulser ned i jorda. En del av bølgeenergien blir reflektert tilbake til overflaten når bølgepulsen treffer en grense som representerer en endring i mediets dielektriske egenskaper. Resten av energien vil fortsette nedover og det kan fås reflekterte signaler fra en rekke grenseflater. Refleksjonene kan registreres med en mottakerantenne på overflaten. De mottatte signaler overføres til en kontrollenhet for forsterkning (og digitalisering ved digital georadar). Signalene sendes derfra til skriver (ved analog georadar) eller PD (digital georadar). Fra en utskrift av et georadar-opptak kan toveis gangtid ( $t_{2v}$ ) til de forskjellige reflektorene avleses. For å bestemme virkelig dyp til en reflektor må bølgehastigheten ( $v$ ) i overliggende medium være kjent eller kunne bestemmes.

Bølgehastigheten kan bestemmes ved CDP-målinger ('common depth-point'). Slike målinger utføres ved å flytte sender- og mottakerantenne skrittvis og like langt ut til hver side fra et fast midtpunkt og registrere for hver ny posisjon. Refleksjoner vil da ideelt sett komme fra samme punkt på en reflektor som er planparallell med overflaten. Når antenneavstanden øker, vil reflekterte bølger få lenger gangvei og økning i gangtid. Denne økning i gangtid kan det ved digitale opptak kompenseres for ved å utføre NMO-korreksjon ('normal move-out'). Størrelsen på korreksjonen er avhengig av antenneavstand, toveis gangtid og bølgehastighet i materialet over reflektoren. Et CDP-opptak korrigeres med forskjellige hastigheter, og den hastighet som etter NMO-korreksjon gir best amplitude etter summering av trasene, angir radarbølgehastigheten i mediet.

Etter at hastigheten er bestemt kan dypet ( $d$ ) beregnes etter uttrykket;

$$d = \frac{vt_{2v}}{2}$$

I vakuum er bølgehastigheten lik lyshastigheten:  $c = 3.0 \cdot 10^8$  m/s. I alle andre media gjelder følgende relasjon;

$$\epsilon_r = \left(\frac{c}{v}\right)^2$$

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

<u>Medium</u>	<u><math>\epsilon_r</math></u>	<u><math>v</math> (m/ns)</u>	<u>ledningsevne (mS/m)</u>
<i>Luft</i>	<i>1</i>	<i>0.3</i>	<i>0</i>
<i>Ferskvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>0.1</i>
<i>Sjøvann</i>	<i>81</i>	<i>0.033</i>	<i>1000</i>
<i>Leire</i>	<i>5-40</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-300</i>
<i>Tørr sand</i>	<i>5-10</i>	<i>0.09-0.14</i>	<i>0.01</i>
<i>Vannmettet sand</i>	<i>15-20</i>	<i>0.07-0.08</i>	<i>0.03-0.3</i>
<i>Silt</i>	<i>5-30</i>	<i>0.05-0.13</i>	<i>1-100</i>
<i>Fjell</i>	<i>5-8</i>	<i>0.10-0.13</i>	<i>0.01-1</i>

Tabell over relativt dielektrisitetstall, radarbølgehastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

### Stedfestingsdata for georadarprofilene

Profil	Koordinat	NGO1948 (Akse 3)		WGS84-UTM (Sone 32)		Målemetode
		Ø	N	Ø	N	
P130	0	-61966	421715	528676	6849923	Økonomisk
"	460	-61992	421261	528662	6849468	kart 1: 5000
P131	0	-62059	420798	528607	6849004	"
"	939	-61966	421715	528676	6849923	"
P132	0	-61970	421722	528672	6849930	"
"	600	-62249	421225	528406	6849426	"
"	968	-62088	420831	528577	6849036	"
P133	0	-62034	420688	528635	6848895	"
"	415	-61976	420260	528704	6848469	"
P134	0	-61998	420407	528678	6848615	"
"	223	-62213	420377	528464	6848579	"
P136	0	-61956	420573	528716	6848782	"
"	500	-62441	420591	528231	6848787	"
"	730	-62513	420378	528165	6848572	"
P137	0	-62515	420303	528165	6848497	"
"	164	-62363	420305	528316	6848503	"
P138	0	-62356	420302	528323	6848500	"
"	160	-62357	420136	528327	6848335	"
P139	0	-62276	419998	528411	6848199	"
"	267	-62277	420273	528403	6848474	"
P140	0	-62420	420233	528261	6848430	"
"	129	-62290	420238	528391	6848438	"
P141	0	-63430	420071	527256	6848241	"
"	277	-62162	420074	528523	6848278	"
P142	0	-62385	420000	528302	6848198	"
"	350	-62321	419663	528375	6847863	"
P143	0	-62307	419661	528389	6847861	"
"	170	-62142	419639	528555	6847844	"
P144	0	-63037	420709	527632	6848889	"
"	712	-62340	420688	528329	6848887	"
P145	0	-62055	420298	528624	6848504	"
"	486	-62120	420772	528547	6848976	"
P146	0	-62334	421147	528323	6849345	"
"	150	-62198	421201	528458	6849403	"
"	296	-62025	421152	528632	6849358	"
P147	0	-62082	421140	528575	6849345	"
"	169	-62087	421315	528565	6849520	"



**Stedfestingsdata for borehullene**

<b>Borehull</b>	<b>NGO1948 (Akse 3)</b>		<b>WGS84-UTM (Sone 32)</b>		<b>Målemetode</b>
	<b>Ø</b>	<b>N</b>	<b>Ø</b>	<b>N</b>	
1	-62466	420173	528217	6848369	GPS
2	-62103	420974	528559	6849179	"
3	-62083	420859	528582	6849065	"
4	-62179	420720	528490	6848923	"
5	-62542	420632	528129	6848826	"
6	-62107	420385	528571	6848590	"
407	-62282	420216	528400	6848417	"
408	-62443	420315	528237	6848512	"
409	-62326	420071	528360	6848271	"

## Resultater fra sonderboring 1 (ved Selsro)

### Sonderboring nr. 26922 (Nr. 1 i rapport)

		<u>Lokalisering</u>	
<b>Totalt dyp av brønn:</b>	4.00 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	09.10.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Undersøkelse / Sonderboring, Energi	<b>UTM sone:</b>	32 V
<b>Vannverk:</b>		<b>ØV-koordinater:</b>	528228.00
<b>Borediameter:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6848494.00
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>		<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>		<b>Stedfestningsmetode:</b>	GPS etter mai 2000
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	1000 cm
<hr/>			
<b>Borefirma:</b>	Norges geologiske undersøkelse		
<b>Borerens navn:</b>	Bjørn Iversen		
<b>Andre opplysninger:</b>			

#### Lag (løsmassebrønn):

Dyp fra overflaten (meter)				
Fra	Til	Slamfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	1.70	Borte	Sand, grus, stein, blokk	
1.70	2.70	Borte	Sand, grus, stein, blokk	
2.70	3.70	Borte	Sand, grus, stein, blokk	
3.70	4.00	Borte	Sand, grus, stein, blokk	Boringen avsluttet steinblokk

## Resultater fra sonderboring 2

### Sonderboring nr. 26923 (Nr. 2 i rapport)

#### Lokalisering

<b>Totalt dyp av brønn:</b>	17.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	10.10.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Undersøkelse / Sonderboring, Energi	<b>UTM sone:</b>	32 V
<b>Vannverk:</b>		<b>ØV-koordinater:</b>	528559.00
<b>Borediameter:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6849179.00
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>		<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>		<b>Stedfestningsmetode:</b>	GPS etter mai 2000
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	1000 cm

**Borefirma:** Norges geologiske undersøkelse  
**Borerens navn:** Bjørn Iversen  
**Andre opplysninger:**

#### Kontaktopplysninger:

**Boresteds adresse:** Otta

#### Lag (løsmassebrønn):

Dyp fra overflaten (meter)

Fra	Til	Slamfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	1.70	Grått	Sand og finsand	
1.70	2.70	Borte	Sand og grus	
2.70	3.70	Borte	Sand og grus	
3.70	4.70	Borte	Sand og grus	Hardpakket
4.70	5.70	Borte	Sand og grus	
5.70	6.70	Borte	Sand og grus	
6.70	7.70	Borte	Sand og grus	
7.70	8.70	Borte	Sand og finsand	
8.70	9.70	Borte	Sand og finsand	

forts. neste side

9.70	10.70	Borte	Sand og finsand
10.70	11.70	Borte	Sand og finsand
11.70	12.70	Borte	Sand og finsand
12.70	13.70	Borte	Sand og finsand
13.70	14.70	Borte	Sand og finsand
14.70	15.70	Borte	Sand og finsand
15.70	16.70	Borte	Sand og finsand
16.70	17.70	Borte	Sand og finsand

© Norges geologiske undersøkelse

## Resultater fra undersøkelsesbrønn 3

### Sonderboring nr. 26925 (nr. 3 i rapport)

		<u>Lokalisering</u>	
<b>Totalt dyp av brønn:</b>	31.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	10.10.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Undersøkelse / Sonderboring,  Energi	<b>UTM sone:</b>	32 V
<b>Vannverk:</b>		<b>ØV-koordinater:</b>	528582.00
<b>Borediameter:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6849065.00
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>	Damprør	<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>		<b>Stedfestningsmetode:</b>	GPS etter mai 2000
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	1000 cm

**Borefirma:** Norges geologiske undersøkelse  
**Borerens navn:** Bjørn Iversen  
**Andre opplysninger:** Prøvepumpingsmetode = Pumpetest; Vannstand fra rørtopp = 4.2; Filterlengde = 1; Filterplassering etter boring = 18.

#### Kontaktopplysninger:

**Boresteds adresse:** Otta

#### Lag (løsmassebrønn):

Dyp fra overflaten (meter)				
Fra	Til	Slamfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	1.70	Borte	Sand og grus	
1.70	2.70	Borte	Grus	
2.70	3.70	Borte	Grus	
3.70	4.70	Borte	Sand og grus	Vanntrykk: 4-6 kg Hardt
4.70	5.70	Borte	Sand og grus	Vanntrykk: 4-6 kg
5.70	6.70	Borte	Sand og grus	

Forts. neste side

6.70	7.70	Borte	Sand og grus	Jordprøve: ja Temperatur: 9.6 °C Vannuttak: 20.00 l/s Elektrisk ledningsevne 102,8 uS/cm; Jordprøve (prøvetakingsmetode) = Pumping
7.70	8.70	Borte	Sand og grus	
8.70	9.70	Borte	Sand og grus	Jordprøve: ja Temperatur: 7.0 °C Vannuttak: 200.00 l/s Elektrisk ledningsevne 130,1 uS/cm; Pumpetid før vannprøvetaking (min) = 5; Jordprøve (prøvetakingsmetode) = Pumping (P)
9.70	10.70	Borte	Grusig sand	
10.70	11.70	Borte	Grusig sand	Vannprøve: ja Jordprøve: ja Temperatur: 7.4 °C Vannuttak: 200.00 l/s Elektrisk ledningsevne 99,3 uS/cm; Pumpetid før vannprøvetaking (min) = 5; Jordprøve (prøvetakingsmetode) = Pumping (P)
11.70	12.70	Borte	Grusig sand	
12.70	13.70	Borte	Grusig sand	Vannprøve: ja Jordprøve: ja Temperatur: 8.6 °C Vannuttak: 200.00 l/s Pumpetid før vannprøvetaking (min) = 5; Jordprøve (prøvetakingsmetode) = Pumping (P)
13.70	14.70	Borte	Grusig sand	
14.70	15.70	Borte	Grusig sand	Jordprøve: ja Temperatur: 8.7 °C Vannuttak: 200.00 l/s Elektrisk ledningsevne 48,8 uS/cm
15.70	16.70	Borte	Grusig sand	
16.70	17.70	Borte	Grusig finsand	Jordprøve: ja Temperatur: 8.7 °C Vannuttak: 100.00 l/s Elektrisk ledningsevne 48,7 uS/cm; Jordprøve (prøvetakingsmetode) = Pumping (P)
17.70	18.70	Borte	Grusig sand	Vanntrykk: 4-6 kg
18.70	19.70	Borte	Sand	Vannuttak: 5.00 l/s
19.70	20.70	Borte	Grusig sand	Forts. neste side

20.70	21.70	Borte	Grusig sand	Vannprøve: ja Jordprøve: ja Temperatur: 6.7 °C Vannuttak: 80.00 l/s Elektrisk ledningsevne 114,2 uS/cm; Vannprøve;Jordprøve (prøvetakingsmetode) = Pumping (P)
21.70	22.70	Borte	Sand	
22.70	23.70	Borte	Grusig sand	
23.70	24.70	Borte	Sand	Vannuttak: 5.00 l/s
24.70	25.70	Borte	Grusig sand	
25.70	26.70	Borte	Grusig sand	Vannuttak: 5.00 l/s
26.70	27.70	Borte	Grusig sand	
27.70	28.70	Borte	Sand og finsand	Vanntrykk: 6 kg Hardpakket
28.70	29.70	Borte	Sand og finsand	Vanntrykk: 6 kg Hardpakket
29.70	30.70	Borte	Siltig finsand	Vanntrykk: 10-15 kg
30.70	31.70	Borte	Siltig finsand	Vanntrykk: 10-15 kg
Ikke påtruffet fjell				

© Norges geologiske undersøkelse

**Resultater fra sonderboring 4 (på parkeringsplass)**

**Sonderboring nr. 26926 (nr. 4 i rapport)**

		<u>Lokalisering</u>	
<b>Totalt dyp av brønn:</b>	33.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	11.10.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Undersøkelse / Sonderboring,  Energi	<b>UTM sone:</b>	32 V
<b>Vannverk:</b>		<b>ØV-koordinater:</b>	528490.00
<b>Borediameter:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6848923.00
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>		<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>		<b>Stedfestningsmetode:</b>	GPS etter mai 2000
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	1000 cm

**Borefirma:** Norges geologiske undersøkelse  
**Borerens navn:** Bjørn Iversen  
**Andre opplysninger:** Boring avsluttet uten å treffe på fjell.

**Kontaktopplysninger:**

**Boresteds adresse:** Otta

**Lag (løsmassebrønn):**

Dyp fra overflaten (meter)				
Fra	Til	Slanfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	1.70	Brunt	Sand, grus, stein, blokk	
1.70	2.70	Brunt	Sand, grus, stein, blokk	
2.70	3.70	Brunt	Sand, grus, stein, blokk	
3.70	4.70	Brunt	Sand, grus, stein, blokk	Vanntrykk: 0-8 kg
4.70	5.70	Borte	Sand, grus, stein, blokk	Vanntrykk: 0-8 kg
5.70	6.70	Borte	Sand, grus, stein, blokk	Vanntrykk: 0-6 kg
6.70	7.70	Borte	Sand, grus, stein, blokk	Vanntrykk: 0-6 kg
7.70	12.70	Borte	Sand og grus	
12.70	13.70	Borte	Grusig sand	Vanntrykk: 0-6 kg
13.70	21.70	Borte	Grusig sand	

Forts. neste side



21.70	23.70	Borte	Grusig sand	Vanntrykk: 0-4 kg
23.70	29.70	Borte	Grusig sand	Vanntrykk: 2 kg
29.70	33.70	Borte	Sand og finsand	Vanntrykk: 10-15 kg Hardpakket
				Ikke påtruffet fjell

© Norges geologiske undersøkelse

**Resultater fra undersøkelsesbrønn 5 (ved Nordlandia Otta hotell). På grunn av stort dyp til grunnvannsspeilet ble sedimentprøvene spylt opp med trykkluft.**

## Sonderboring nr. 26927 (nr. 5 i rapport)

### Lokalisering

<b>Totalt dyp av brønn:</b>	27.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>	27.70 meter	<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	11.10.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Undersøkelse / Sonderboring, Energi	<b>UTM sone:</b>	32 V
<b>Vannverk:</b>		<b>ØV-koordinater:</b>	528129.00
<b>Borediameter:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6848826.00
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>	Damprør	<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>		<b>Stedfestningsmetode:</b>	GPS etter mai 2000
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	1000 cm

<b>Borefirma:</b>	Norges geologiske undersøkelse
<b>Borerens navn:</b>	Bjørn Iversen
<b>Andre opplysninger:</b>	Prøvepumpingsmetode = Pumpetest; Vannstand fra rørtopp = 8; Filterlengde = 1; Filterplassering etter boring = 25.

### Kontaktopplysninger:

**Borestedets adresse:** Otta

### Lag (løsmassebrønn):

Dyp fra overflaten (meter)				
Fra	Til	Slamfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	3.70	Borte	Stein, grus og sand	
3.70	9.70	Borte	Sand og grus	
9.70	10.70	Borte	Grusig sand	Vanntrykk: 0-4 kg
10.70	11.70	Borte	Grusig sand	Jordprøve: ja Vanntrykk: 0-4 kg
11.70	12.70	Borte	Grusig sand	Vanntrykk: 0-4 kg
12.70	13.70	Borte	Grusig sand	Jordprøve: ja
13.70	14.70	Borte	Sand og grus	

Forts. neste side

14.70	15.70	Borte	Sand og grus	Jordprøve: ja
15.70	16.70	Borte	Sand og grus	
16.70	17.70	Borte	Sand og grus	Jordprøve: ja
17.70	18.70	Borte	Sand og grus	
18.70	19.70	Borte	Sand og grus	Jordprøve: ja
19.70	27.70	Borte	Sand og grus	Noe stein 24,7-25,7 meters dyp.

© Norges geologiske undersøkelse

**Tabell 6: Resultater fra undersøkelsesbrønn 6 (ved Otta barneskole).**

<b>Løsmassebrønn nr. 34647 (nr.6 i rapporten)</b>				
<b><u>Lokalisering</u></b>				
<b>Totalt dyp av brønn:</b>	37.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland	
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)	
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>		
<b>Boredato:</b>	12.10.2000	<b>Bruksnummer:</b>		
<b>Brønnens bruk:</b>	Undersøkelse / Sonderboring,  Energi	<b>UTM sone:</b>	32 V	
<b>Vannverk:</b>		<b>ØV-koordinater:</b>	528571.00	
<b>Borediameter:</b>	50 mm	<b>NS-koordinater:</b>	6848590.00	
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>	Damprør	<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)	
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>	30.00 m	<b>Stedfestningsmetode:</b>	GPS etter mai 2000	
<b>Boring:</b>	Loddrett	<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	1000 cm	
<hr/>				
<b>Borefirma:</b>	Norges geologiske undersøkelse			
<b>Borerens navn:</b>	Bjørn Iversen			
<b>Andre opplysninger:</b>				
<hr/>				
<b><u>Kontaktopplysninger:</u></b>				
<b>Boresteds adresse:</b>	Otta Barneskole			
<hr/>				
<b><u>Konsulenter/Rapporter/referanser:</u></b>				
<b>Konsulent</b>	<b>Rapportnr</b>	<b>Tittel</b>	<b>År</b>	
Atle Dagestad (Norges geologiske undersøkelse)				
<hr/>				
<b><u>Lag (løsmassebrønn):</u></b>				
<b>Dyp fra overflaten (meter)</b>				
<b>Fra</b>	<b>Til</b>	<b>Slamfarge</b>	<b>Løsmasstype</b>	<b>Andre opplysninger</b>
1.70	4.70		Stein, grus og sand	
4.70	5.70		Stein og sand	
5.70	7.70		Sand	
				Forts. neste side
7.70	16.70		Grusig sand	Masseprøve fra 7,7- 8,7m, 11,7-12,7m, 13,7-14,7

16.70	19.70	Sand	Masseprøve fra 17,7-18,7
19.70	34.70	Grusig sand	
34.70	35.70	Stein, grus og sand	
35.70	37.70	Sand og finsand	Avsluttet uten å truffet på fjell. 30 meter rør står igjen.

© Norges geologiske undersøkelse

## Resultater fra undersøkelsesbrønn 7

### Løsmassebrønn nr. 8952 (nr. 7 i rapporten)

#### Lokalisering

<b>Totalt dyp av brønn:</b>	31.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	29.11.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Ukjent	<b>UTM sone:</b>	32 V
		<b>ØV-koordinater:</b>	528237.00
<b>Vannverk:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6848512.00
<b>Borediameter:</b>		<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>	Damprør	<b>Stedfestningsmetode:</b>	Kartrutereferanse på 1:50000 kart
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>			
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	50000 cm

<b>Borefirma:</b>	Norges geologiske undersøkelse
<b>Borerens navn:</b>	Eilif Danielsen
<b>Andre opplysninger:</b>	Det ble brukt 5/4" damprør. Røret gikk av på ca 15 m.

#### Lag (løsmassebrønn):

Dyp fra overflaten (meter)

Fra	Til	Slanfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	1.70	Borte	Stein og blokk	
1.70	2.70	Borte	Stein og blokk	
2.70	3.70	Borte	Stein og blokk	
3.70	4.70	Borte	Stein og blokk	
4.70	5.70	Borte	Stein og blokk	
5.70	6.70	Borte	Stein og blokk	
6.70	7.70	Borte	Stein og blokk	Temperatur: 9.5 °C Vannuttak: 1.66 l/s Ledningsevne: 122. Vannet ble ikke klart.
7.70	8.70	Borte	Grusig sand	
8.70	9.70	Borte	Grusig sand	

Forts. neste side

9.70	10.70	Borte	Grusig sand	Jordprøve: ja Temperatur: 13.1 °C Vannuttak: 1.16 l/s Ledningsevne:60,1.Vannet ble ikke klart.
10.70	11.70	Borte	Grusig sand	
11.70	12.70	Borte	Grusig sand	
12.70	13.70	Borte	Grusig sand	
13.70	14.70	Borte	Grusig sand	
14.70	15.70	Borte	Grusig sand	Røret gikk av.
15.70	16.70	Borte	Grusig sand	
16.70	17.70	Borte	Grusig sand	
17.70	18.70	Borte	Grusig sand	
18.70	19.70	Borte	Grus	
19.70	20.70	Borte	Grus	
20.70	21.70	Borte	Grus	
21.70	22.70	Borte	Grus	
22.70	23.70	Borte	Grus	Grovt.
23.70	24.70	Borte	Grus	Grovt.
24.70	25.70	Borte	Grus	Grovt.
25.70	26.70	Borte	Grus	Grovt.
26.70	27.70	Borte	Grus	Grovt.
27.70	28.70	Borte	Grus	Grovt.
28.70	29.70	Borte	Grus	Grovt.
29.70	30.70	Borte	Grus	Grovt.
30.70	31.70	Borte	Grus	Grovt. Avsluttet uten å påtreffe fjell

## Resultater fra undersøkelsesbrønn 8

### Løsmassebrønn nr. 8951 (nr. 8 i rapporten)

#### Lokalisering

<b>Totalt dyp av brønn:</b>	30.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	29.11.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Ukjent	<b>UTM sone:</b>	32 V
<b>Vannverk:</b>		<b>ØV-koordinater:</b>	528400.00
<b>Borediameter:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6848417.00
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>	Damprør	<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>		<b>Stedfestningsmetode:</b>	GPS etter mai 2000
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	1000 cm

<b>Borefirma:</b>	Norges geologiske undersøkelse
<b>Borerens navn:</b>	Eilif Danielsen
<b>Andre opplysninger:</b>	Det ble brukt 5/4" damprør. Røret stoppet opp på ca.28 m.

#### Lag (løsmassebrønn):

Dyp fra overflaten  
(meter)

Fra	Til	Slamfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	0.00	Borte	Sand	
1.70	2.70	Borte	Sand	
2.70	3.70	Borte	Stein og grus	Grov grus og stein.
3.70	4.70	Borte	Stein og grus	
4.70	5.70	Borte	Stein og grus	
5.70	6.70	Borte	Stein og grus	
6.70	7.70	Borte	Stein og grus	Temperatur: 14.1 °C Vannuttak: 1.16 l/s Ledningsevne 56,7. Meget klart vann.
7.70	8.70	Borte	Stein og grus	
8.70	9.70	Borte	Stein og grus	

Forts. neste side



9.70	10.70	Borte	Stein og grus	
10.70	11.70	Borte	Stein og grus	Vannprøve: ja Jordprøve: ja Temperatur: 13.3 °C Vannuttak: 2.50 l/s Ledningsevne:52,2. Vannet blir ikke helt klart så lenge pumpingen foregikk. Prøvetakingsmetode: Pumping.
11.70	12.70	Borte	Stein og grus	
12.70	13.70	Borte	Stein og grus	
13.70	14.70	Borte	Stein og grus	
14.70	15.70	Borte	Grus	Temperatur: 13.6 °C Vannuttak: 3.33 l/s Grus med grove lag.Ledningsevne:53,3.Vannet blir ikke klart så lenge pumpingen foregikk.
15.70	16.70	Borte	Grus	
16.70	17.70	Borte	Grus	
17.70	18.70	Borte	Grus	
18.70	19.70	Borte	Grus	Temperatur: 13.8 °C Vannuttak: 3.33 l/s
19.70	20.70	Borte	Grus	
20.70	21.70	Borte	Grus	
21.70	22.70	Borte	Grus	
22.70	23.70	Borte	Grus	Vannprøve: ja Jordprøve: ja Temperatur: 13.9 °C Vannuttak: 2.50 l/s Ledningsevne:59.Vannet blir ikke klart så lenge pumpingen foregikk. Prøvetakingsmetode: Pumping.
23.70	24.70	Borte	Grus	
24.70	25.70	Borte	Grus	
25.70	26.70	Borte	Grus	
26.70	27.70	Borte	Grus	Temperatur: 13.9 °C Vannuttak: 2.50 l/s Ledningsevne:71,1.Vannet blir ikke klart så lenge pumpingen foregikk.
27.70	28.70	Borte	Grus	Forts. neste side

28.70	29.70	Borte	Grusig sand
-------	-------	-------	-------------

29.70	30.70	Borte	Grusig sand
-------	-------	-------	-------------

Avsluttet uten å påtreffe fjell

© Norges geologiske undersøkelse

## Resultater fra undersøkelsesbrønn 9

### Løsmassebrønn nr. 8953 (nr. 9 i rapporten)

#### Lokalisering

<b>Totalt dyp av brønn:</b>	29.70 meter	<b>Fylke:</b>	Oppland
<b>Dyp til fjell:</b>		<b>Kommune:</b>	Sel (0517)
<b>Vannføring (før trykking/sprengning):</b>		<b>Gårdsnr:</b>	
<b>Boredato:</b>	28.11.2000	<b>Bruksnummer:</b>	
<b>Brønnens bruk:</b>	Ukjent	<b>UTM sone:</b>	32 V
		<b>ØV-koordinater:</b>	528360.00
<b>Vannverk:</b>		<b>NS-koordinater:</b>	6848271.00
<b>Borediameter:</b>		<b>Kartblad (1:50 000)</b>	Otta (1718-4)
<b>Forings/brønnrørmateriale:</b>	Damprør	<b>Stedfestningsmetode:</b>	Kartrutereferanse på 1:50000 kart
<b>Forings/brønnrørlengde:</b>			
<b>Boring:</b>		<b>Stedfestningsnøyaktighet:</b>	50000 cm

<b>Borefirma:</b>	Norges geologiske undersøkelse
<b>Borerens navn:</b>	Eilif Danielsen
<b>Andre opplysninger:</b>	Det ble brukt 32 mm (5/4") damprør.

#### Lag (løsmassebrønn):

Dyp fra overflaten  
(meter)

Fra	Til	Slamfarge	Løsmasstype	Andre opplysninger
0.00	1.70	Brunt	Stein og blokk	Stein og blokk i finsand. Spylevannet er brungrått.
1.70	2.70	Brunt	Stein og blokk	Stein og blokk i finsand. Spylevannet er brungrått.
2.70	3.70	Borte	Stein og blokk	Stein og blokk i finsand.
3.70	4.70	Borte	Stein	Stein og ur.
4.70	5.70	Borte	Stein	Stein og ur.
5.70	6.70	Borte	Sand og finsand	Sand og finsand med stein imellom finsand.
6.70	7.70	Borte	Sand og finsand	Jordprøve: ja Vannuttak: 0.25 l/s Sand og finsand med stein imellom.
7.70	8.70	Borte	Sand og finsand	Sand og finsand med stein imellom.

Forts. neste side

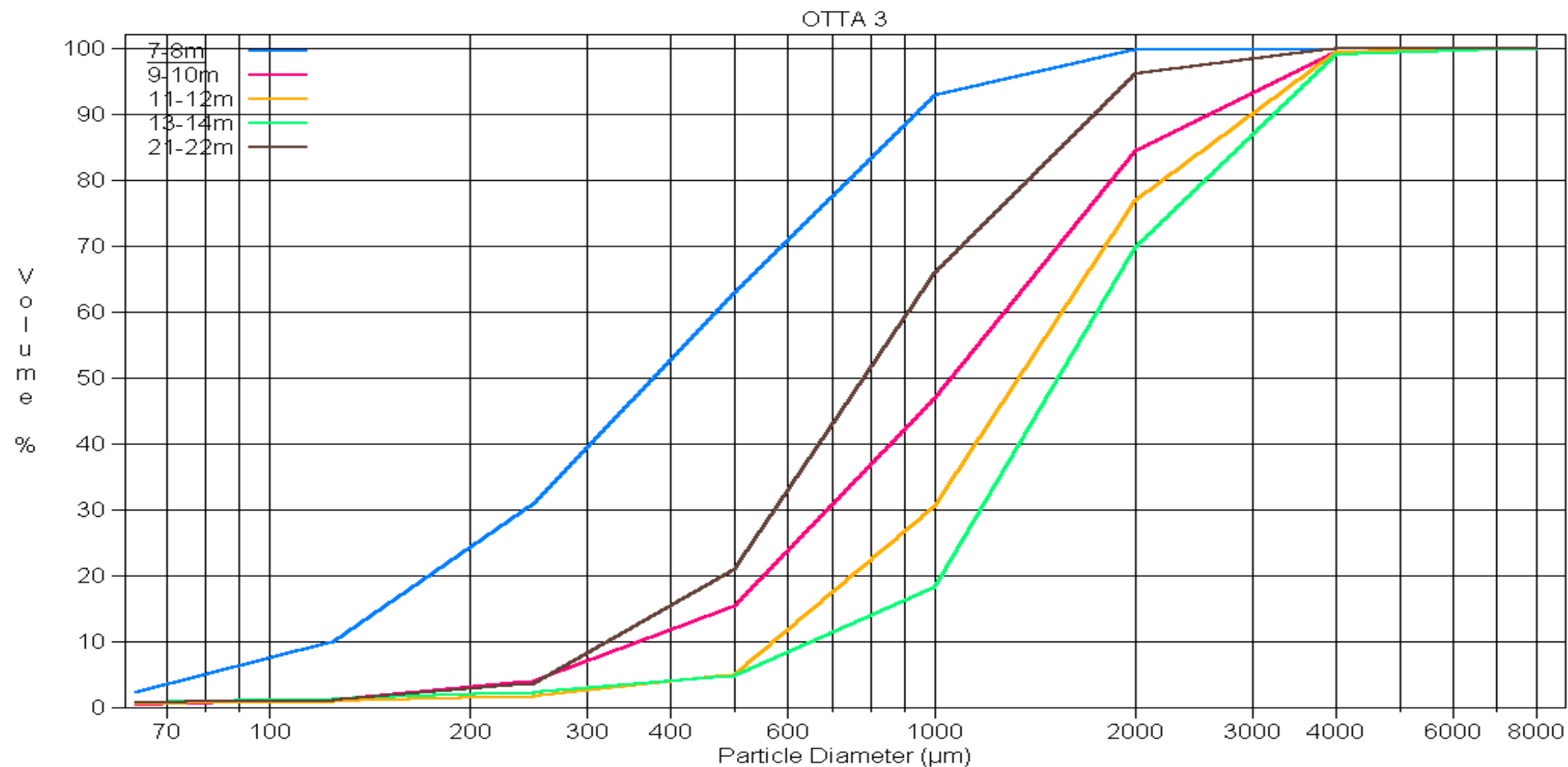
8.70	9.70	Borte	Sand og finsand	Vannuttak: 0.08 l/s Sand og finsand med stein imellom.Nesten ingen vanngjennomgang.
9.70	10.70	Borte	Sand og finsand	Sand og finsand med stein imellom.
10.70	11.70	Borte	Sand og finsand	Vannprøve: ja Jordprøve: ja Temperatur: 9.6 °C Vannuttak: 2.00 l/s Sand og finsand med stein imellom.Ledningsevne er 61. Prøvetakingsmetode: Pumping.
11.70	12.70	Borte	Grusig sand	
12.70	13.70	Borte	Grusig sand	Temperatur: 9.6 °C Vannuttak: 2.00 l/s Ledningsevne er 61 mS/cm
13.70	14.70	Borte	Grusig sand	
14.70	15.70	Borte	Grus	Temperatur: 9.6 °C Vannuttak: 2.50 l/s Ledningsevne 59,7.
15.70	16.70	Borte	Grus	
16.70	17.70	Borte	Grus	Temperatur: 9.6 °C Vannuttak: 3.33 l/s Ledningsevne er 60,1.
17.70	18.70	Borte	Grus	
18.70	19.70	Borte	Grus	Vannprøve: ja Jordprøve: ja Temperatur: 10.5 °C Vannuttak: 3.00 l/s Ledningsevne er 85.1. Prøvetakingsmetode: Pumping.
19.70	20.70	Borte	Grus	
20.70	21.70	Borte	Grus	Temperatur: 11.1 °C Vannuttak: 3.00 l/s Ledningsevne er 94,7.
21.70	22.70	Borte	Grus	
22.70	23.70	Borte	Grus	Temperatur: 11.9 °C Vannuttak: 3.33 l/s Ledningsevne er 100,5.
23.70	24.70	Borte	Grus	

Forts. neste side

24.70	25.70	Borte	Grus	Temperatur: 12.3 °C Vannuttak: 1.66 l/s Ledningsevne er 103,4.
25.70	26.70	Borte	Grus	
26.70	27.70	Borte	Grus	Temperatur: 12.6 °C Vannuttak: 2.16 l/s Ledningsevne er 88.
27.70	28.70	Borte	Grus	
28.70	29.70	Borte	Grus	Temperatur: 12.8 °C Vannuttak: 2.16 l/s Ledningsevne er 83,3.
Avsluttet uten å påtreffe fjell				

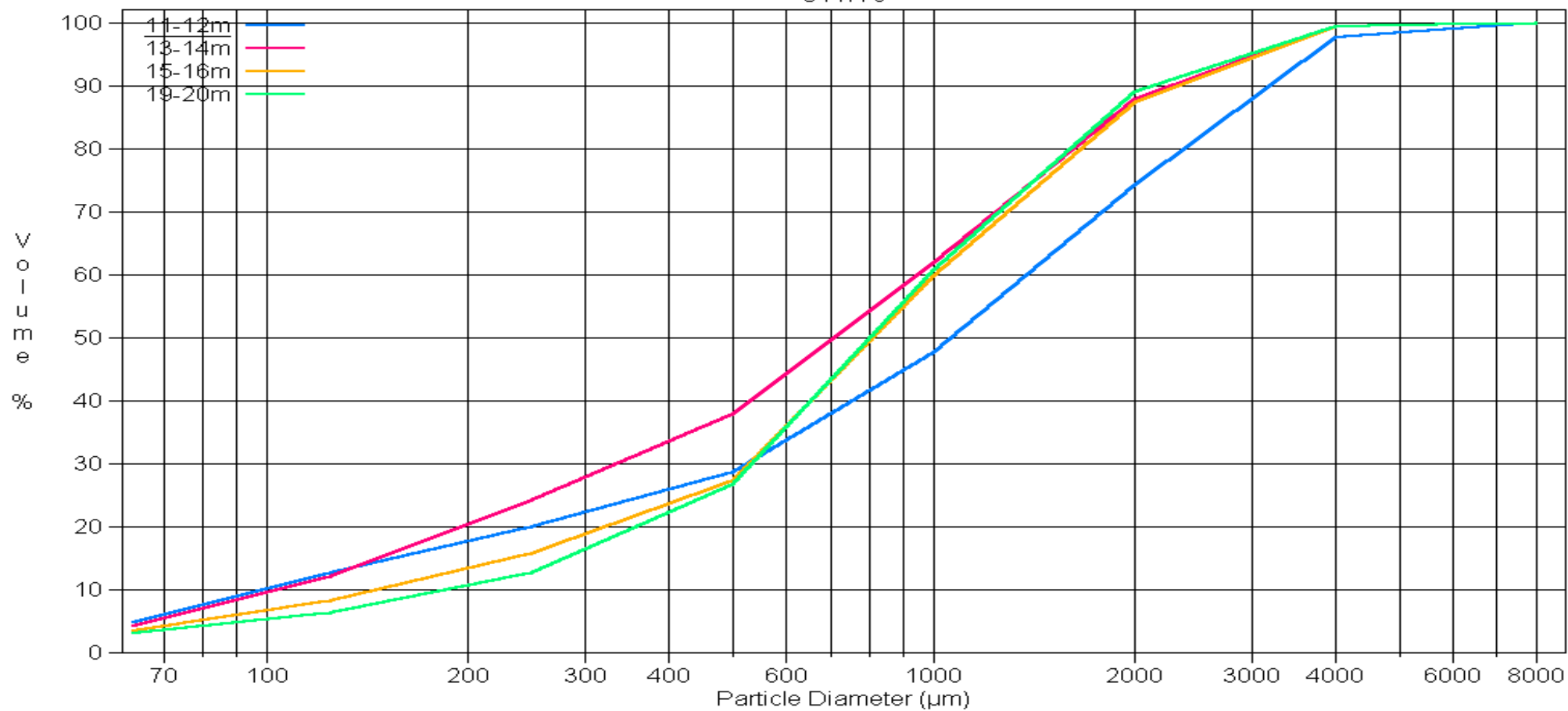
© Norges geologiske undersøkelse

### Kornfordelingsanalyse løsmasseprøver borepunkt 3

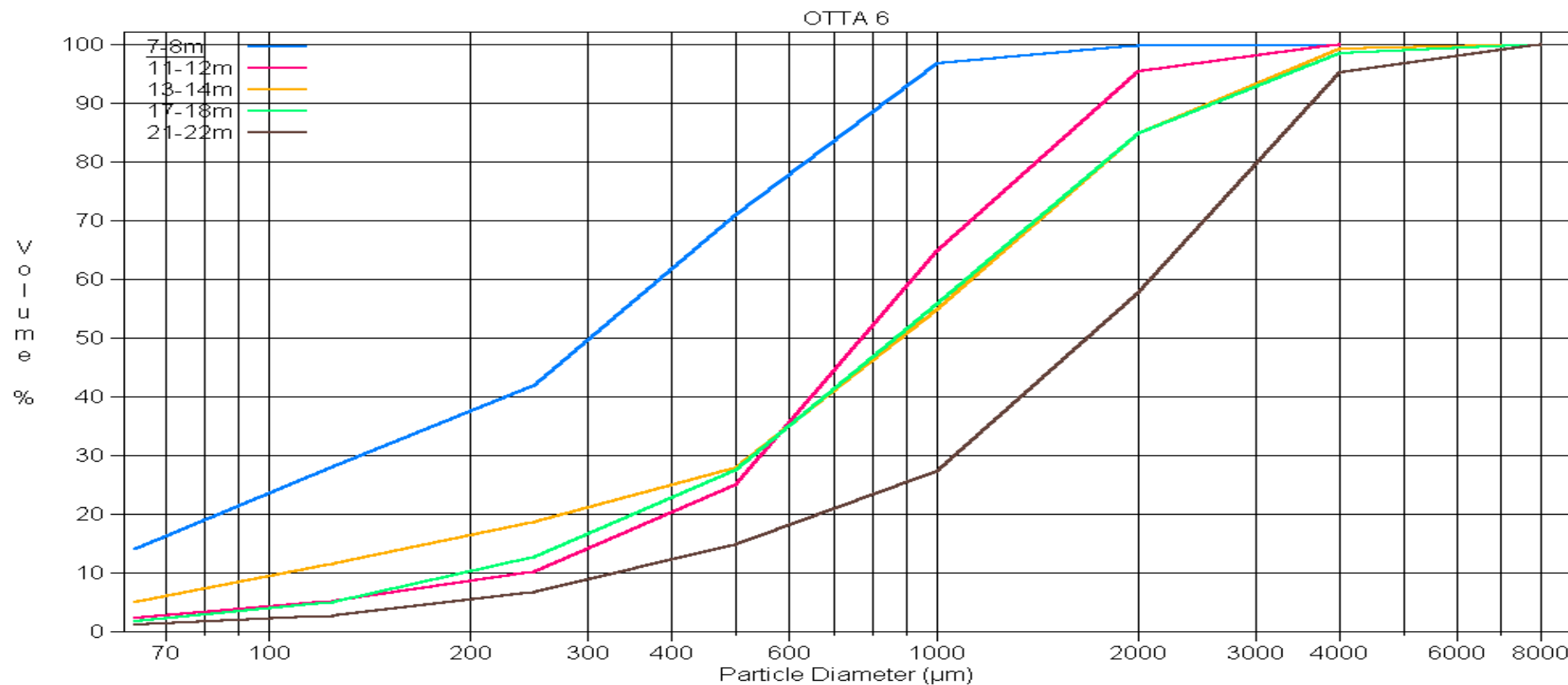


## Kornfordelingsanalyser løsmasseprøver borepunkt 5

OTTA 5

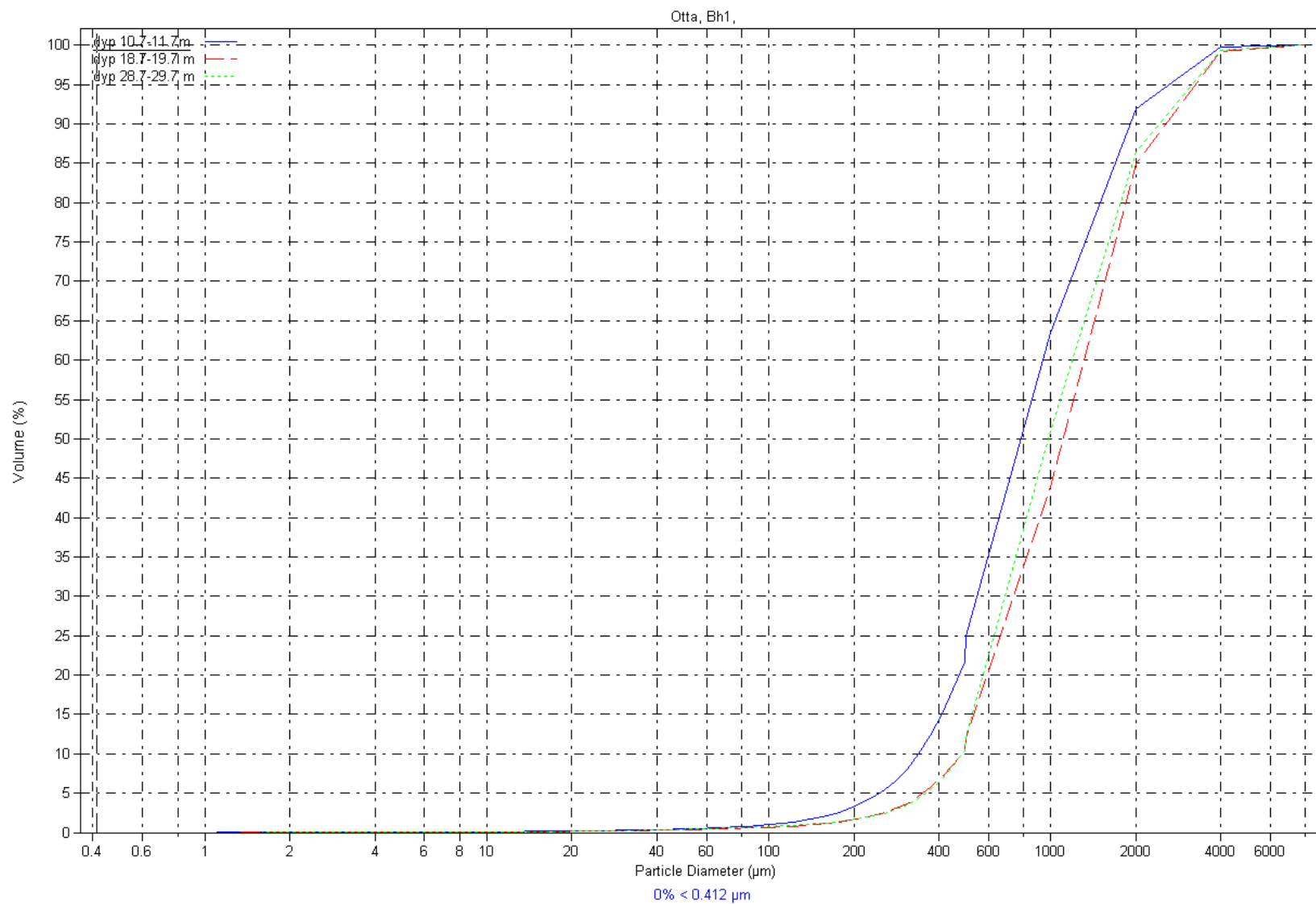


## Kornfordelingsanalyser løsmasseprøver borepunkt 6

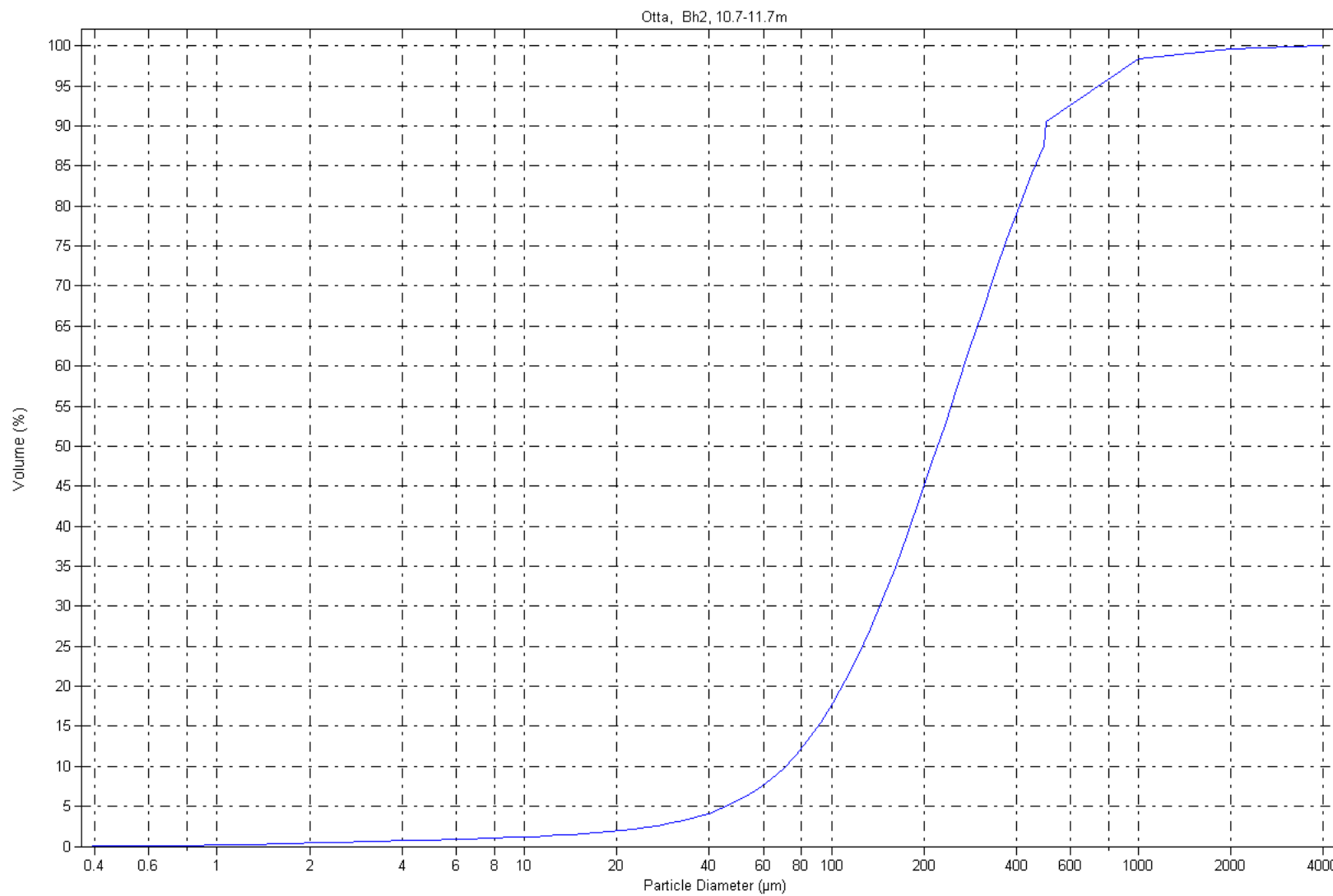




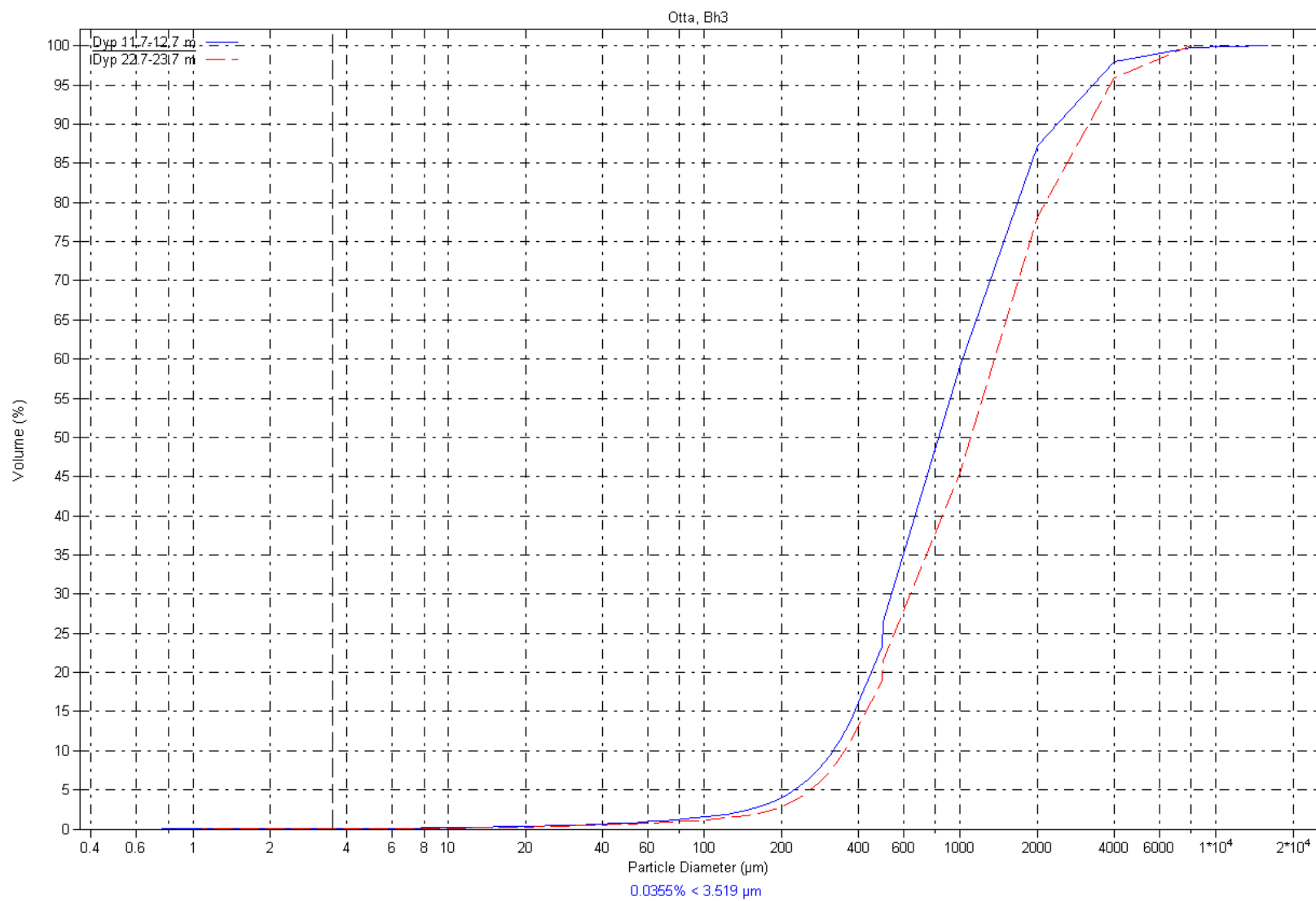
## Kornfordelingsanalyse løsmasseprøver borepunkt 7



## Kornfordelingsanalyse løsmasseprøver borepunkt 8



## Kornfordelingsanalyse løsmasseprøver borepunkt 9



## Resultater av vannanalyser fra undersøkelsesbrønnene 3, 7 og 9



7491 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 90 40 00  
Telefaks: 73 92 16 20



Prøve id.	F <sup>-</sup> [mg/l]	Cl <sup>-</sup> [mg/l]	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	Br <sup>-</sup> [mg/l]	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> [mg/l]	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]
Otta Bh.3 11.7-12.7m	0,09	1,15	< 0.05	< 0.1	1,88	< 0.2	5,94
Otta Bh 3 13.7-14.7m	0,06	2,21	< 0.05	< 0.1	4,35	< 0.2	8,84
Otta Bh 3 21.7-22.7m	0,06	3,17	< 0.05	< 0.1	3,67	< 0.2	10,5
Otta Bh.7 10.7-11.7m	< 0.05	1,59	< 0.05	< 0.1	3,41	< 0.2	6,38
Otta Bh.7 18.7-19.7m	< 0.05	3,59	< 0.05	< 0.1	5,49	< 0.2	8,72
Otta Bh.7 28.7-29.7m	< 0.05	2,53	< 0.05	< 0.1	3,01	< 0.2	8,18
Otta Bh.9 11.7-12.7m	0,05	1,36	< 0.05	< 0.1	1,59	< 0.2	4,56
Otta Bh.9 22.7-23.7m	< 0.05	1,38	< 0.05	< 0.1	1,64	< 0.2	4,54

## Resultater av vannanalyser fra undersøkelsesbrønnene 3, 7 og 9 (forts)



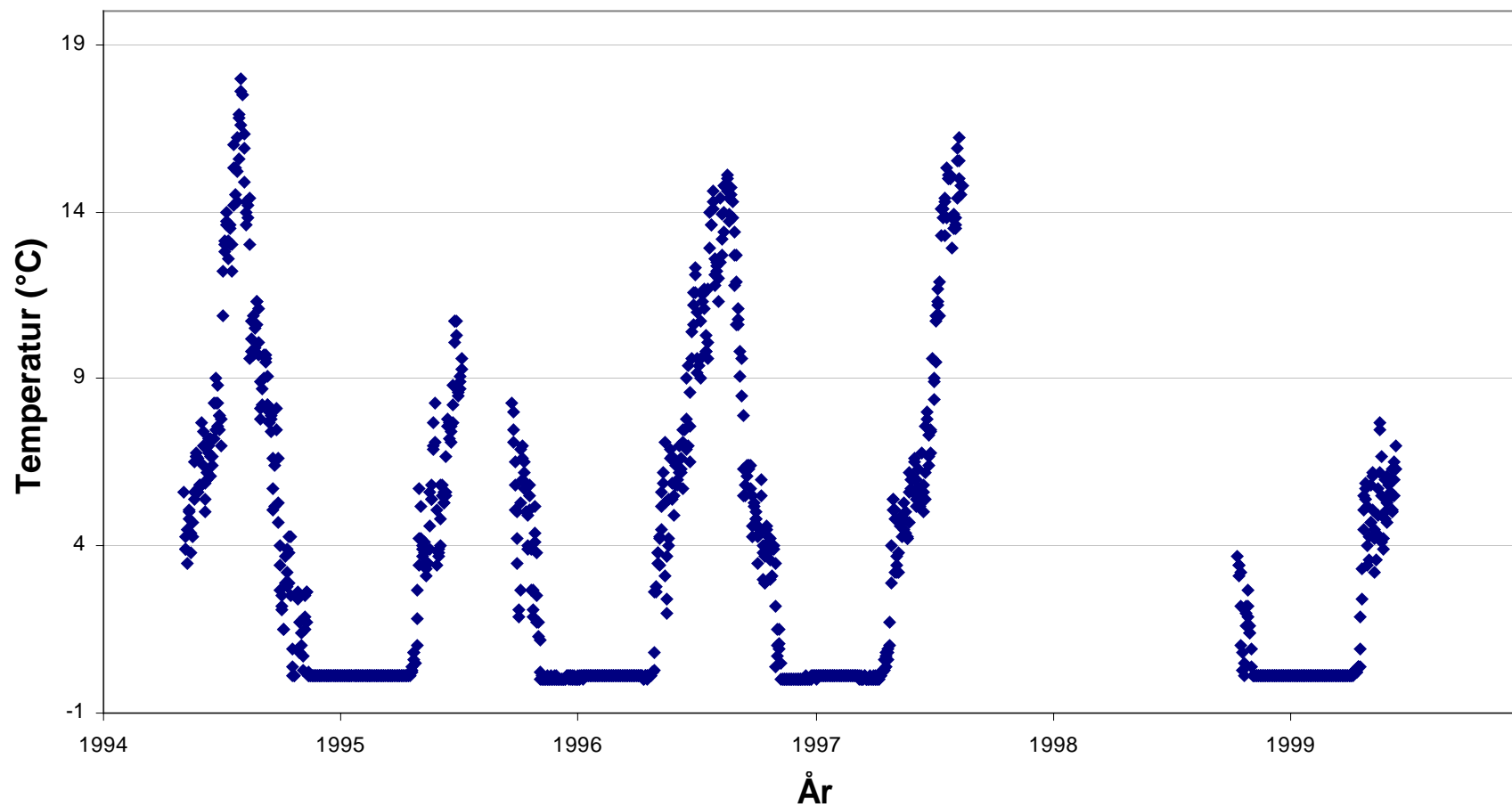
7491 TRONDHEIM  
Tlf.: 73 90 40 00  
Telefaks: 73 92 16 20



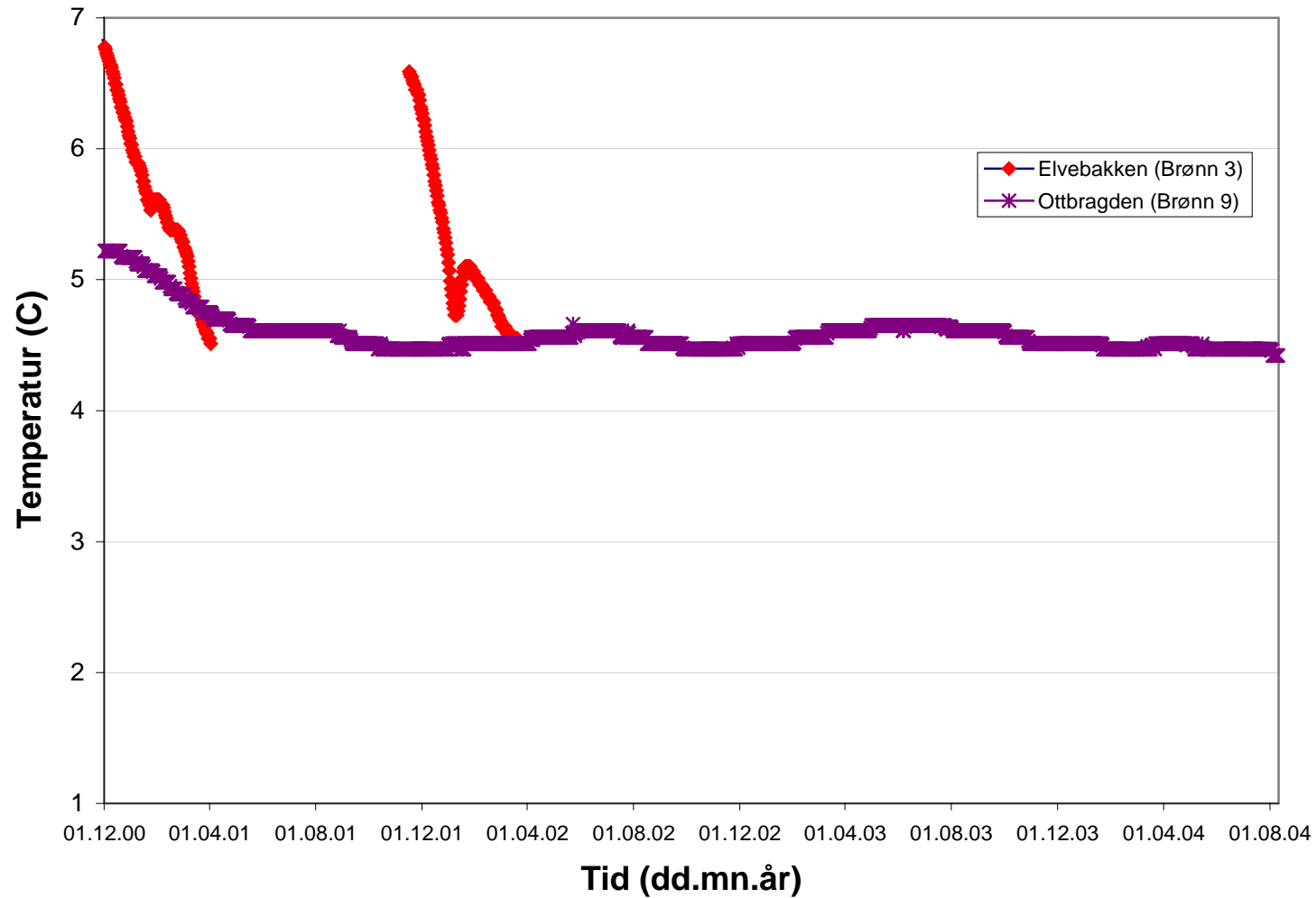
Prøve id.	Si [mg/l]	Al [mg/l]	Fe [mg/l]	Ti [mg/l]	Mg [mg/l]	Ca [mg/l]	Na [mg/l]	K [mg/l]	Mn [mg/l]	P [mg/l]	Cu [mg/l]	Zn [mg/l]	Pb [mg/l]	Ni [mg/l]	Co [mg/l]
Otta Bh.3 11.7-12.7m	1,94	<0.02	<0.01	<0.005	1,05	7,41	1,21	1,21	0,00143	<0.1	<0.005	0,00998	<0.05	<0.02	<0.01
Otta Bh 3 13.7-14.7m	2,19	<0.02	<0.01	<0.005	1,88	12,7	1,73	1,75	0,00644	<0.1	<0.005	0,00599	<0.05	<0.02	<0.01
Otta Bh 3 21.7-22.7m	2,23	<0.02	<0.01	<0.005	1,87	15,5	2,44	1,57	0,00415	<0.1	<0.005	0,00281	<0.05	<0.02	<0.01
Otta Bh.7 10.7-11.7m	2,97	<0.02	<0.01	<0.005	1,00	5,51	1,87	1,36	0,00274	<0.1	<0.005	0,00348	<0.05	<0.02	<0.01
Otta Bh.7 18.7-19.7m	2,79	<0.02	<0.01	<0.005	1,49	8,76	1,98	1,72	0,00188	<0.1	<0.005	0,00202	<0.05	<0.02	<0.01
Otta Bh.7 28.7-29.7m	2,73	<0.02	<0.01	<0.005	1,30	7,89	1,98	1,42	0,00173	<0.1	<0.005	<0.002	<0.05	<0.02	<0.01
Otta Bh.9 11.7-12.7m	2,29	<0.02	<0.01	<0.005	0,681	4,46	1,31	0,716	0,00116	<0.1	<0.005	<0.002	<0.05	<0.02	<0.01
Otta Bh.9 22.7-23.7m	2,14	<0.02	<0.01	<0.005	0,805	5,29	1,38	0,934	<0.001	<0.1	<0.005	<0.002	<0.05	<0.02	<0.01

Prøve id.	V [mg/l]	Mo [mg/l]	Cd [mg/l]	Cr [mg/l]	Ba [mg/l]	Sr [mg/l]	Zr [mg/l]	Ag [mg/l]	B [mg/l]	Be [mg/l]	Li [mg/l]	Sc [mg/l]	Ce [mg/l]	La [mg/l]	Y [mg/l]
Otta Bh.3 11.7-12.7m	<0.005	<0.01	<0.005	<0.01	0,0240	0,0286	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001
Otta Bh 3 13.7-14.7m	<0.005	<0.01	<0.005	<0.01	0,0451	0,0499	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001
Otta Bh 3 21.7-22.7m	<0.005	<0.01	<0.005	0,0881	0,0393	0,0496	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001
Otta Bh.7 10.7-11.7m	<0.005	<0.01	<0.005	<0.01	0,0173	0,0313	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001
Otta Bh.7 18.7-19.7m	<0.005	<0.01	<0.005	<0.01	0,0180	0,0396	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001
Otta Bh.7 28.7-29.7m	<0.005	<0.01	<0.005	<0.01	0,0163	0,0353	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001
Otta Bh.9 11.7-12.7m	<0.005	<0.01	<0.005	<0.01	0,00848	0,0225	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001
Otta Bh.9 22.7-23.7m	<0.005	<0.01	<0.005	<0.01	0,0113	0,0237	<0.005	<0.01	<0.02	<0.001	<0.005	<0.001	<0.05	<0.01	<0.001

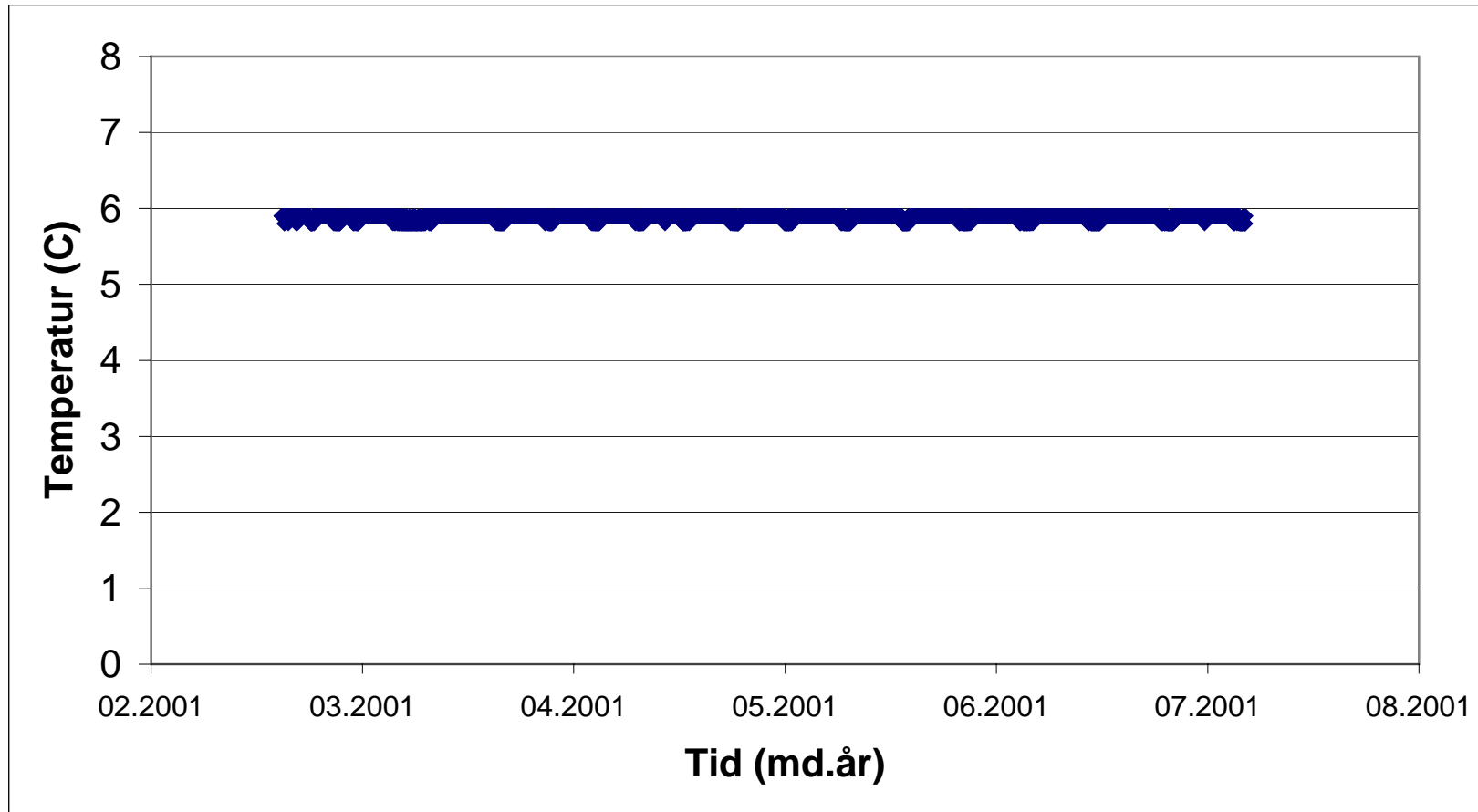
### Daglige temperaturmålinger i Lågen ovenfor Otta i perioden 1994 – 1999 (kl.12:00). Målinger utført av NVE



**Temperaturdata fra trykk- og temperaturlogger plassert i brønn 3 og 9 i perioden desember 2000 – august 2004. Målinger utført av NVE.**

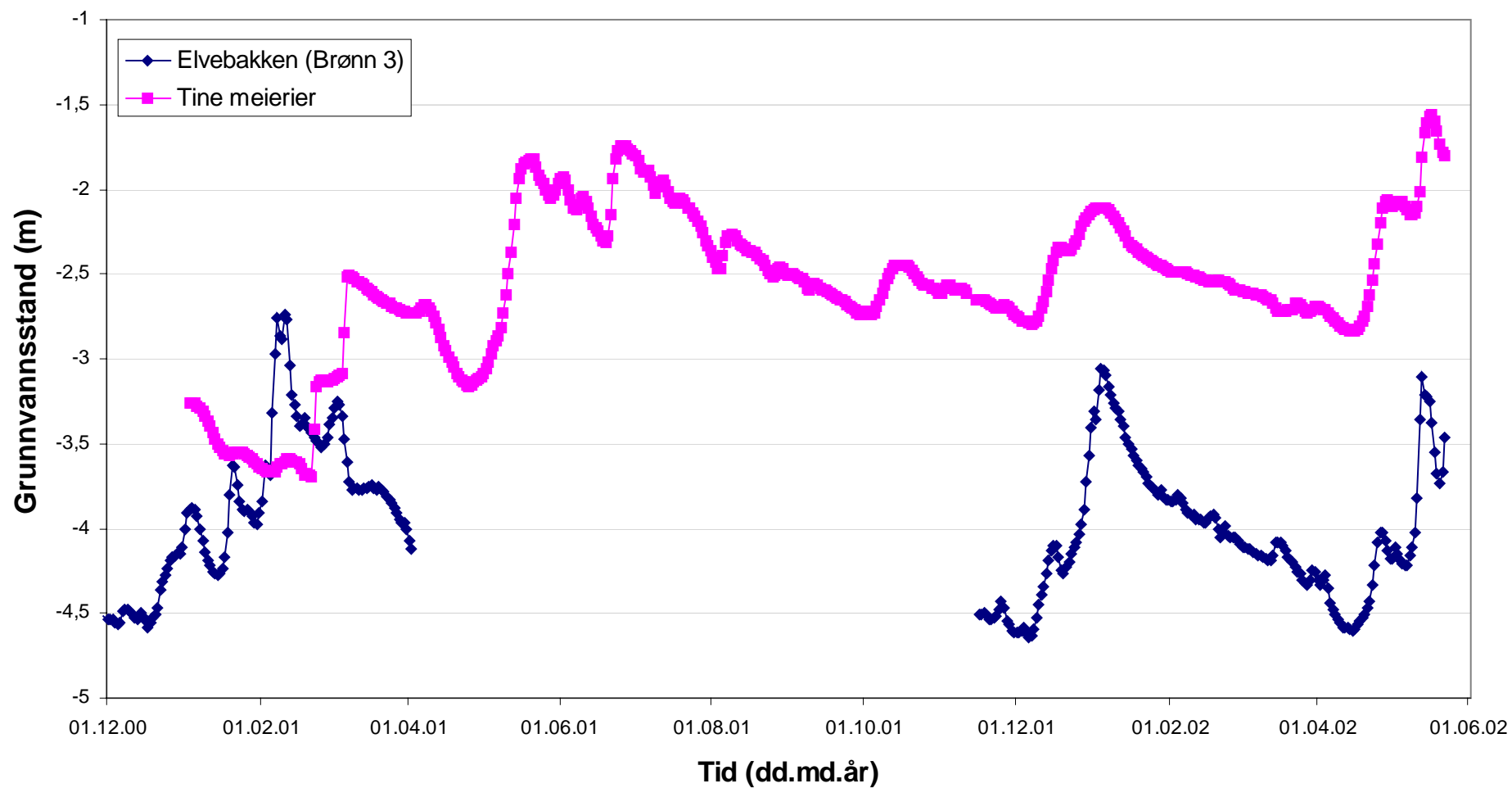


**Temperaturdata fra temperaturlogger plassert i brønn ved Tine meierier i perioden februar - juli 2001 .  
Målinger utført av NGU. Logger plassert ved ca. 50 meter dyp.**

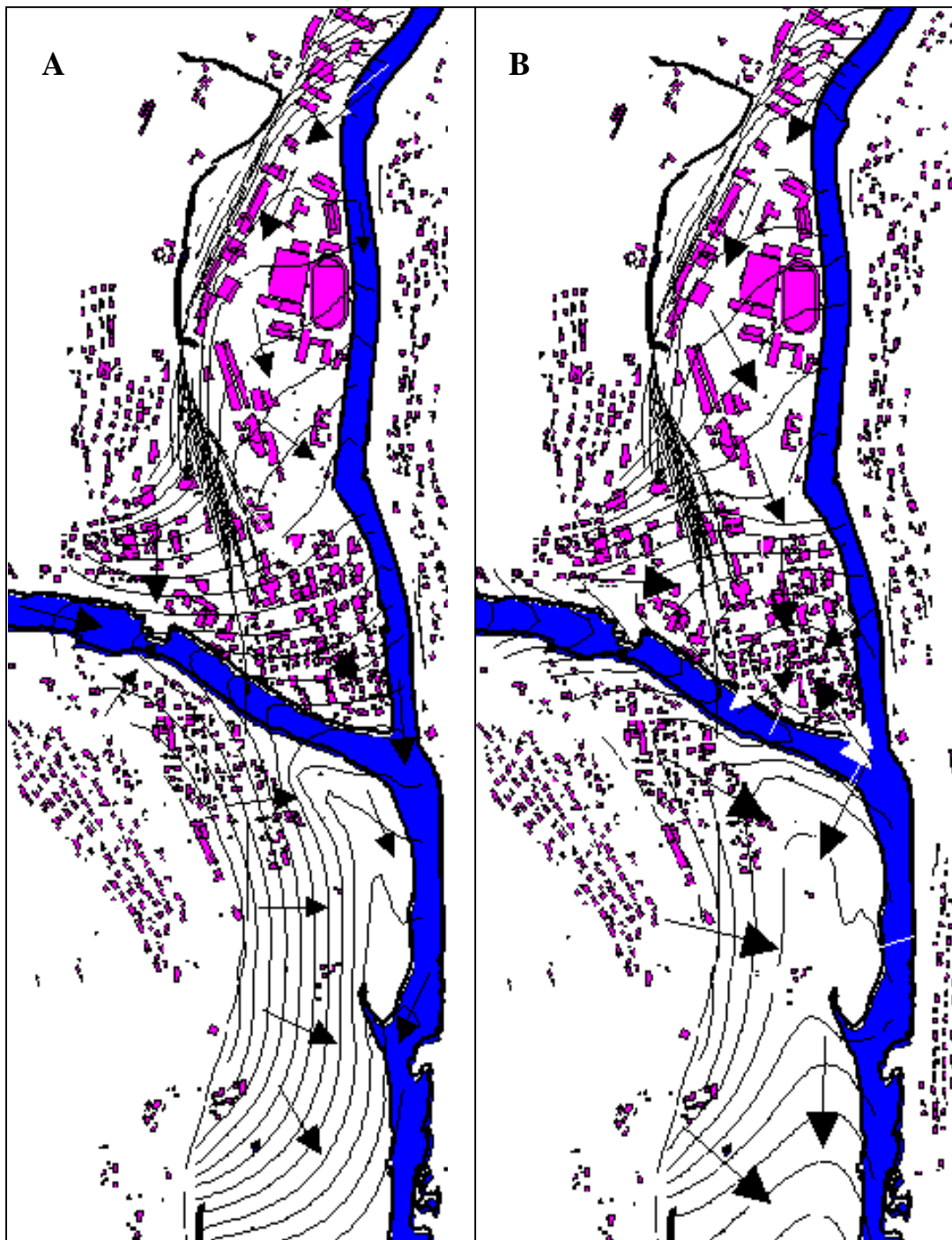




### Nivåmålinger av grunnvannsstanden i observasjonsbrønn 3 og brønn ved Tine meierier



**Strømningsbilder for grunnvann i Otta sentrum ved normal vannføring (A) og flom (B) i vassdragene Otta og Lågen ut fra numerisk strømningsmodell. Pilene indikerer strømretninger. Linjene indikerer grunnvannsnivåene (20 cm ekvidistanse) Hervé Colleuille 2005.**



# Grunnvarmepotensialet i løsmasser på Otta

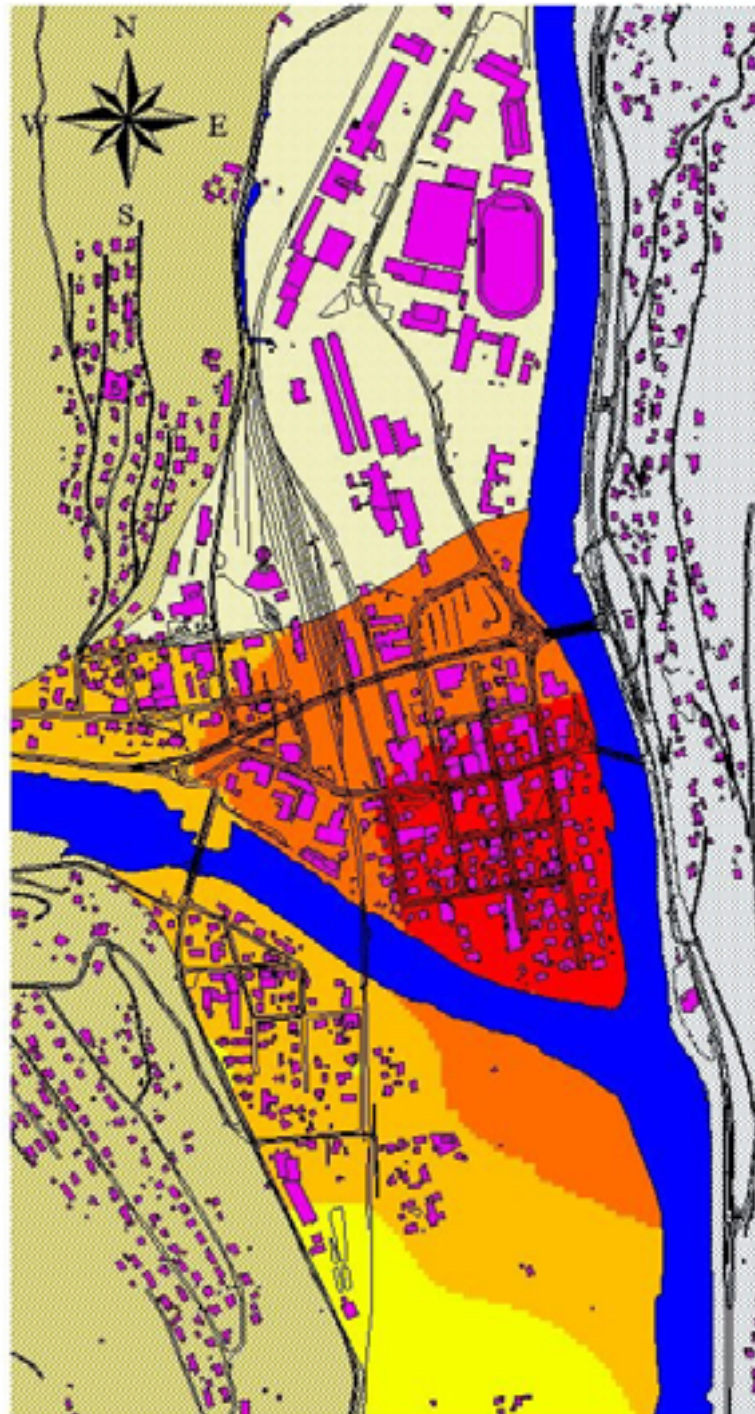


Geologi for samfunnet siden 1858

-  Bygg
-  Jernbane
-  Vei
-  Vannflate
-  Ikke undersøkt
-  Ikke egnet
-  Usikkert område
- Effekt i kilowatt
-  0 - 100
-  100 - 150
-  150 - 200
-  > 200

Figuren viser simulert grunnvarmeeffekt angitt i kilowatt. Verdiene bygger på en temperatursenkning på 3 grader celcius samt utvinnbar vannmengde på stedet. Dataene er fremkommet ved å simulere brønnkapasitet i en og en brønn av gangen.

0 100 200 300 Meters



# Simuleringsverktøyet og modellkjøringen.

## **Hensikten og fremgangsmåten fra modellering til kartfremstilling.**

Hensikten med grunnvannsmodelleringen er på en rask og enkel måte å estimere grunnvannsstrømmen og den utvinnbare vannmengden fra akviferen. Dette gjøres ved enkeltvis å pumpe fiktive brønner nedsatt i akviferen og estimere vannuttak fra hver av disse. Strømningsmodellen beregner kun utvinnbar vannmengde, og tar ikke med i betraktning endringer i grunnvannstemperaturen som følge av utpumpingen. Potensielt energiuttak fra hver enkelt produksjonsbrønn fremkommer ved å benytte beregnet vannmengde ut fra modellresultatene og en forventet temperatursenkning på grunnvannet gjennom varmeveksleren på 3°C. Slikt sett er strømningsmodellen et hjelpemiddel i analysen frem til det ferdige energikartet. Energiuttak fra en brønn beregnes på følgende måte:

Brønncapasitet (f.eks.): 15 l/s = 900 l/min = 54 m<sup>3</sup>/h

Vannets varmekapasitet: 1,16 kWh/m<sup>3</sup>°C

Antar at det tas ut 3 °C fra vannet.

Effekt = 54 x 3 x 1,16 = 188 kW

På samme måte er effekten beregnet i 16 jevnt fordelte simuleringsbønner på elvevifta ved Otta. Resultatet presenteres med programmet **ArcView**, som er et geografisk informasjonssystem (GIS). Energiuttaket mellom de fiktive brønnene er interpoleringsresultater beregnet i samme program.

## **Modellverktøy.**

Ved bruk av datamodellen **Visual MODFLOW** (McDonald og Harbaugh, 1988) er det bygget opp en simuleringsmodell over det aktuelle området på Otta. Programmet er en 3D strømnings- og transportmodell for den mettede sone, og er det mest brukte programmet verden over innen grunnvannsmodellering.

## **Modelloppbygging.**

### **Input-data.**

Det er i hovedsak elvene Otta og Lågen som styrer grunnvannsstanden i løsmassene ved Otta tettsted. Flerårsmedian for elvevannstanden (1983 - 1994) er skaffet til veie fra NVEs Hydra II-database, hvor følgende verdier ble funnet: Campingplassen 281,70 m o.h., Lågen bru 283,12 m o.h. og Otta bru 283,66 m o.h. Fra samme database er det fremskaffet mediangrunnvannsnivåer i 8 peilerør med en måleperiode på i gjennomsnitt 12 år. Dette er målinger igangsatt av NVE, Hydrologisk avdeling, fra 1963 og utover (Renhusløkken, 1968) samt Glommens og Laagens brukseierforening fra 1982/83 i forbindelse med utbyggingen av Otta- og Lågenvassdraget. To NVE peilerør (Ysteriet og Åboen) befinner seg i selve Otta sentrum – mellom riksvei 15 og Nordmogata, ett i Sliperigata (Einangen 1) og de resterende 5 ved Bolongen sør for sliperiet (Bolongen nr. 1, 2, 8, 11 og 14). Årsnedbøren på Otta er 375 mm/år (DNMI, muntlig kom.(stasjon Otta – Bredvangen for årene 1970 – 1979, hvor målestasjonen er plassert 285 m o.h., som tilsvarer Otta sentrum. Nedbørsstasjonen på Sjoa viser 448 mm/år for årene 1986 – 2000 (stasjonshøyden er 330 m o.h.) og den reelle nedbørsinfiltrasjonen til akviferen er satt til halvparten av førstnevnte verdi. De viktigste input-parametrene til modellen er K-verdier, hydraulisk trykk (grunnvannsnivå i åpne akviferer), infiltrasjon fra nedbør, akvifermektighet og utstrekning, samt elvegradienten.

### **Gridding.**

I en numerisk modell er interesseområdet presentert som celler oppdelt i et grid (nett). For hver celle bestemmer modellen blant annet grunnvannshøyde og vann gjennomstrømning. Størrelsen på cellene bestemmes av oppløsningen på modellresultatet og resultatets nøyaktighet. Gridet settes tilstrekkelig fint for å oppnå de ønskede effektene, men ikke for finmasket, da dette går ut over beregningskapasiteten og minnet til dataprogrammet. I modellområdet har cellene en størrelse på 2,5 m i x-retning og 7,5 m i y-retning. X-koordinatene går fra 60298 – 61515 og y-koordinatene går fra 418911 – 421969 (UTM).

### **Modell-lagdeling.**

Løsmasseavsetningene på Otta består av flere forskjellige geologiske lag med varierende utbredelse og tykkelse. Virkeligheten er imidlertid så komplisert at strømningsmodellen kun er bygget opp med ett lag som representerer alle de reelle lagene til sammen. Årsaken til denne forenklingen ligger i at det er vanskelig å angi en korrekt hydraulisk konduktivitet for lagene, samt å tolke grensene til disse lagene ut i fra georadarprofilene. Naturen er samtidig alltid for kompleks til å bli fullt representert matematisk. Forenklinger må derfor alltid gjøres ved oppbygning av en strømningsmodell.

Av mangel på en digital terrengfil er høyden på elvesletteoverflaten estimert ut i fra peilerørene nedsatt i forbindelse med vassdragsskjønnet påstartet i 1963 – hvert peilerør har en innmålt høyde over havet samt lengde over bakken. Området ble funnet tilnærmet flatt med en gjennomsnittlig høyde på 269 m o.h. Løsmassemektigheten er funnet fra NGUs borer for foretatt på 9 punkter innen undersøkelsesområdet (plassering se kartbilag 2005.048-03).

### **Grensebetingelser.**

En grensebetingelse er en matematisk spesifisering av enten hydrostatiske trykk eller vannstrøm på grensene av interesseområdet. Korrekt bestemmelse av randbetingelsene er en meget viktig del av oppbygningen av en simuleringsmodell, og er i følge Frank *et al.* (1987) den viktigste årsaken til alvorlige feil i en strømningsmodell. I dette tilfelle er de viktigste hydrauliske grensene Lågen og Otta. Grensene er satt med konstant hydrostatiske trykk, som vil si at vannoverflaten er konstant over tid og uavhengig av hendelser i modellforløpet. I virkeligheten vil elvenivået variere med 1 – 2 m over året, men simuleringen er stasjonær (steady-state) og slik sett en gjennomsnittsbetraktning. Konstant hydrostatiske trykk langs yttergrensene av modellen er den viktigste randbetingelsen for vannstrømningen i interesseområdet. Fjellskråningene vest for elvesletten antas å bidra i liten grad til matning av akviferen, og representerer derfor en null-stømningsgrense.

### **Kalibrering.**

Kalibrering av en strømningsmodell betyr å reprodusere et sett med akviferparametre ved å tilpasse simulerte og observerte hydrostatiske trykk eller strømningsverdier. Denne prosessen er også kjent som invers simulering. Kalibreringsparametre er i dette tilfelle hydraulisk konduktivitet (K) og infiltrasjon (nedbør). Som kalibreringsverdier er det brukt grunnvannshøyder i 8 peilerør nedsatt i elvesletten på Otta. En god tilpasning (godt kalibreringssett) av den hydrauliske konduktiviteten og infiltrasjonen gir et avvik mellom målte og modellerte grunnvannshøyder på 0,33 meter i gjennomsnittlig absoluttverdi. Sensitiviteten av simulert hydrostatiske trykk var imidlertid dårlig for verdier av K høyere enn  $10^{-4}$  m/s (vannspeilet viste meget liten forandring ved justering av K), noe som gjør at modellen ikke kan kalibreres optimalt (toppunkt i matchingen mellom målt- og simulert hydrostatiske trykk finnes ikke). K-verdier lavere enn  $10^{-4}$  m/s ga god sensitivitet, men viste dårlig kalibrering, og det ble derfor valgt å forkaste disse verdiene. Variasjoner av nedbøren

ga også liten forandring i simulert hydrostatisk trykk (vannspeilet er til en stor grad styrt av elvene ved lav årsnedbør).  $K$  ble valgt satt til  $10^{-4}$  m/s og infiltrasjonen er satt til halvparten av årsnedbøren (187,5 mm/år).

### **Validering.**

En strømningsmodell skal alltid valideres (verifiseres) opp mot et uavhengig sett med målte hydrostatisk trykk for å bekrefte at kalibreringsresultatet er riktig. Vanligvis gjøres dette svært sjelden pga. mangel på felldata, så også i dette tilfelle.

### **Simulering.**

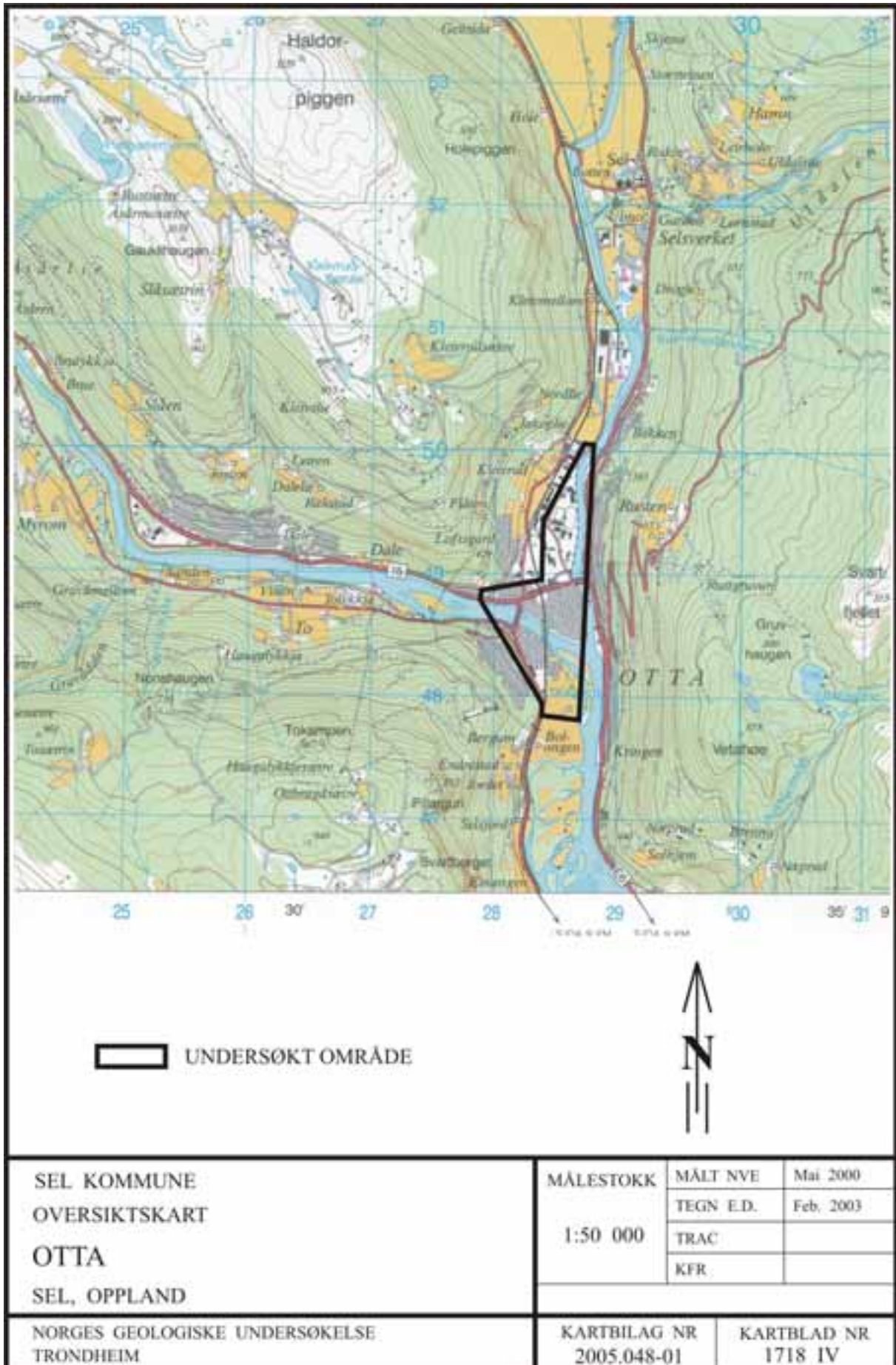
Vannuttaket simulert i forskjellige punkter på Otta er en funksjon av sedimentmektigheten og den hydrauliske konduktiviteten i de omkringliggende løsmassene. Simuleringbrønnene er kalibrert opp mot pumpeverdiene målt i felten av NGU, dvs. at de simulerte brønnene gir like verdier som de reelle prøvepumpingene. Ved etablering av en produksjonsbrønn viser imidlertid all erfaring at pumpekapasiteten øker betydelig, simuleringmodellen er derfor tilpasset dette og justert opp for å modellere en reell situasjon.

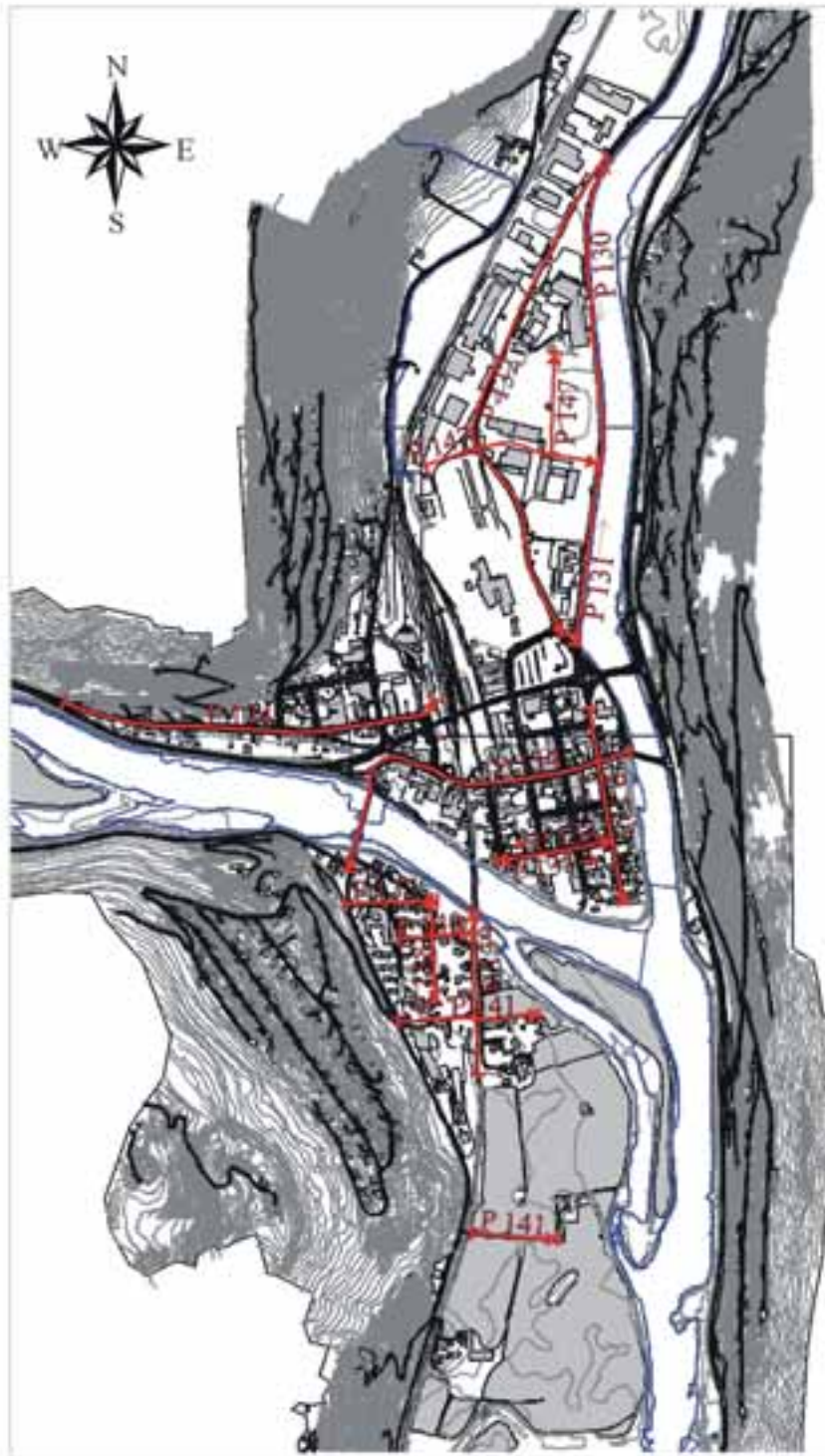
### **Referanser**

Franke, O. L., Reilly, T. E., og Bennett, G. D., 1987: Definition of boundary and initial conditions in the analysis of saturated ground-water flow systems; an introduction, USGS, Techniques of Water-Resources Investigations 03-B5, 15 sider.

McDonald, M. G og Harbaugh, A. W. 1988: A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model. U.S Geol. Surv., Techniques of Water-Resources Investigations 06-A1.

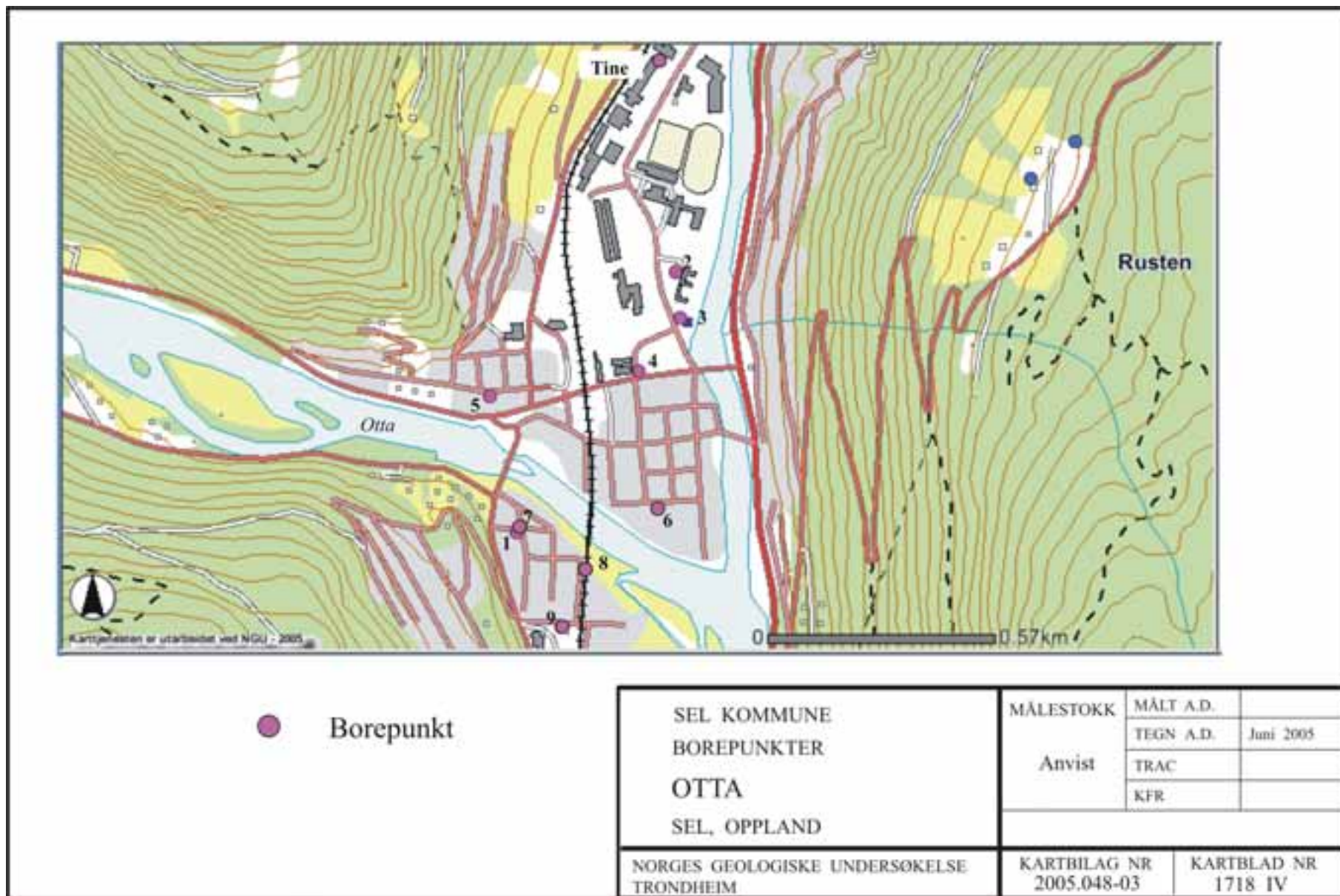
Renhusløyken, B., 1968: Grunnvannsundersøkelser på Otta. Intern NVE-rapport



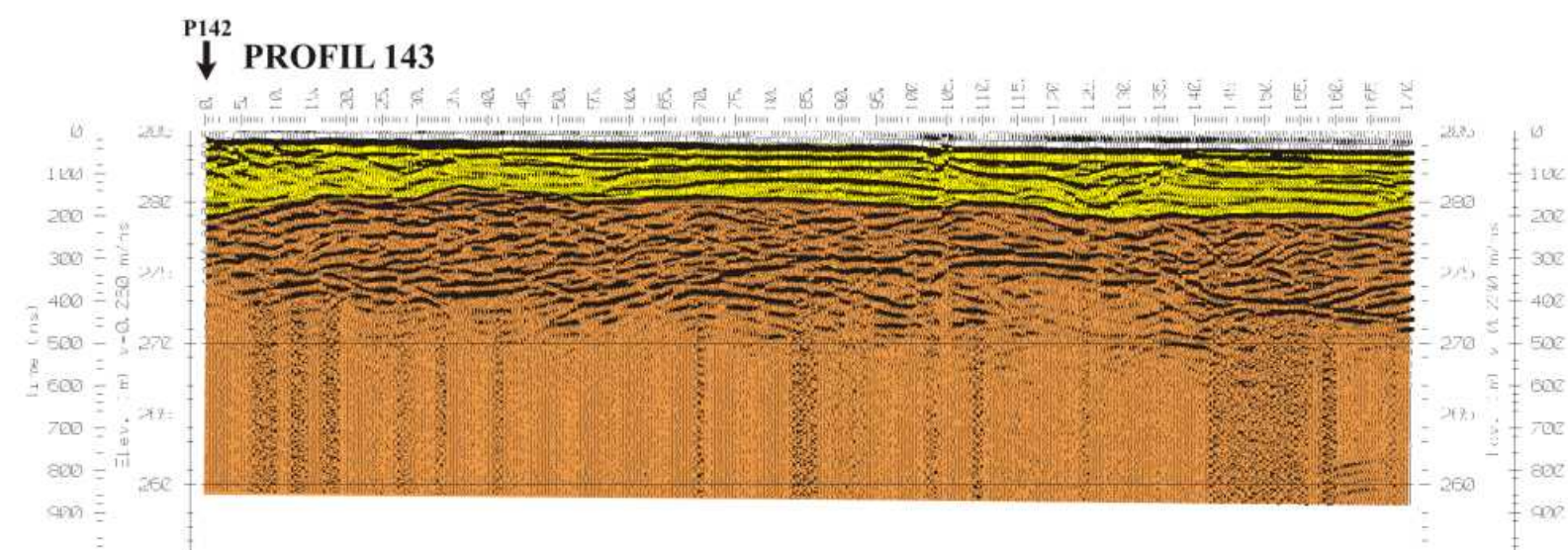
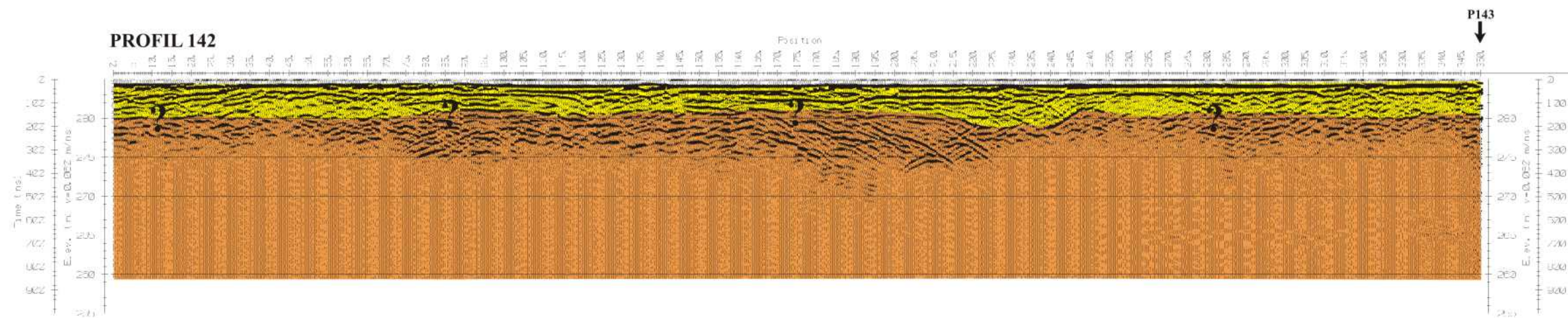
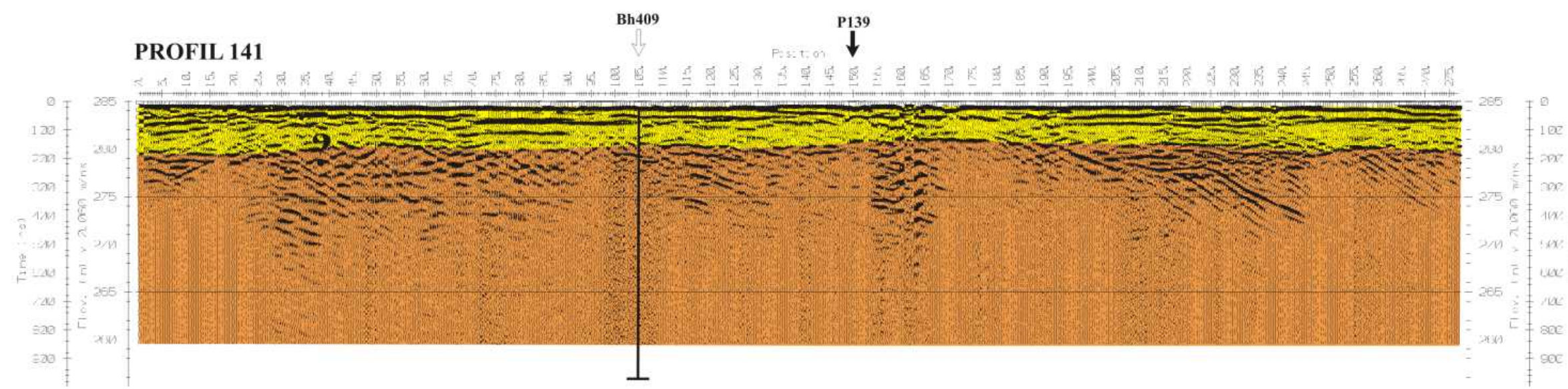
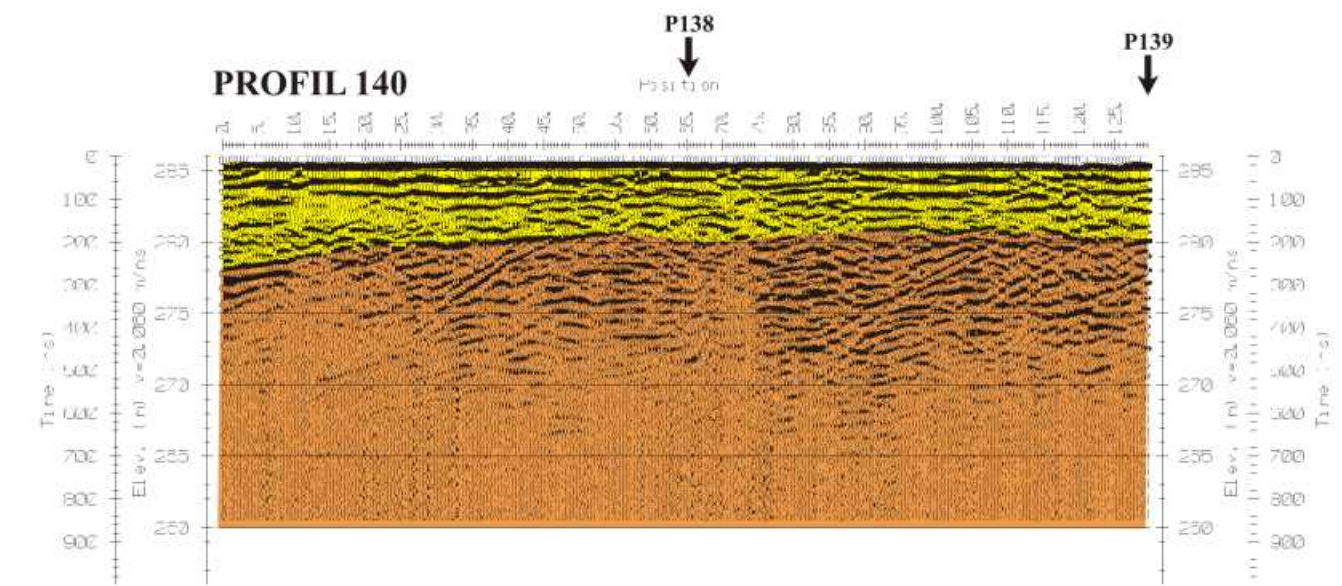
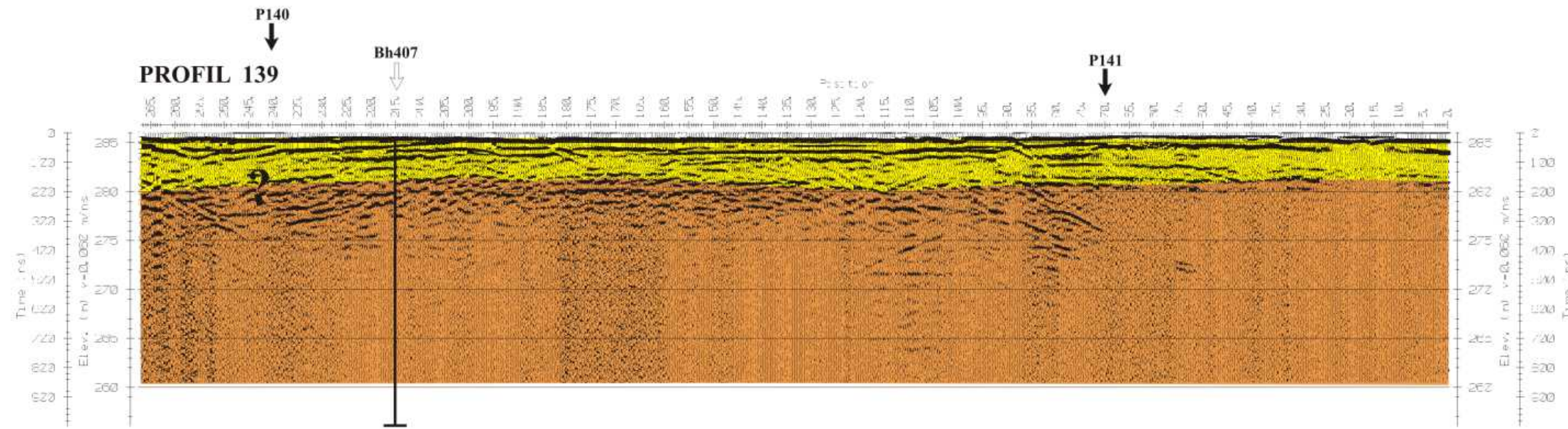
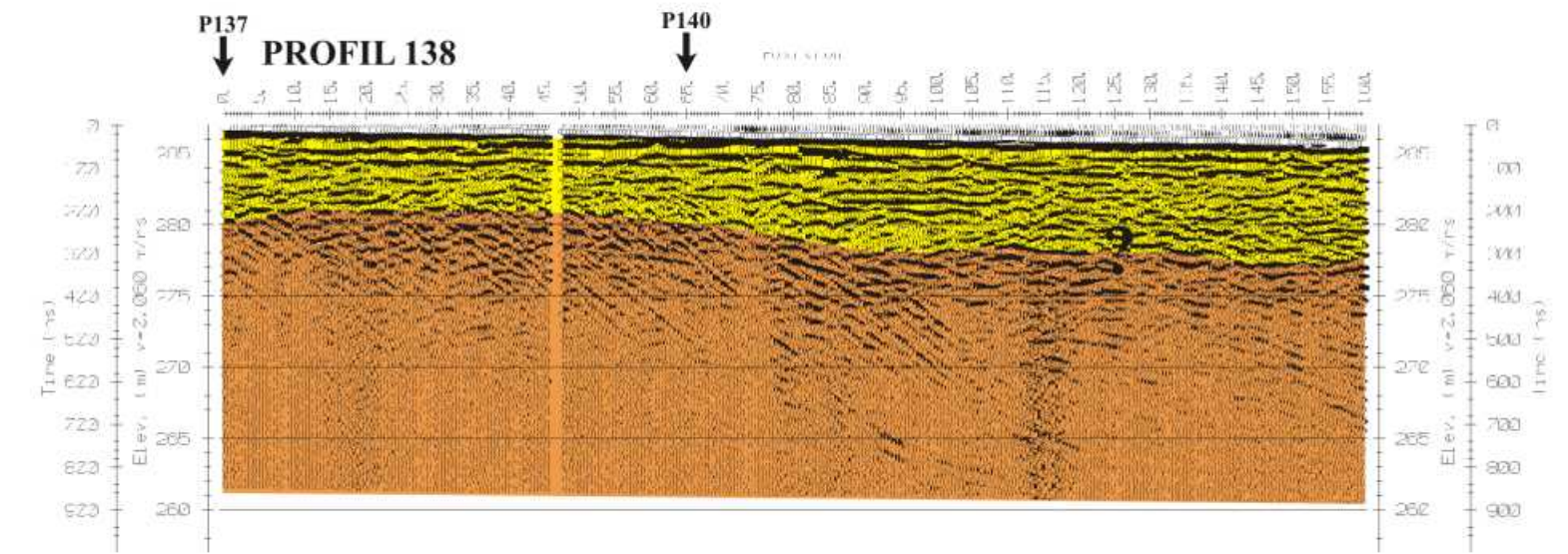
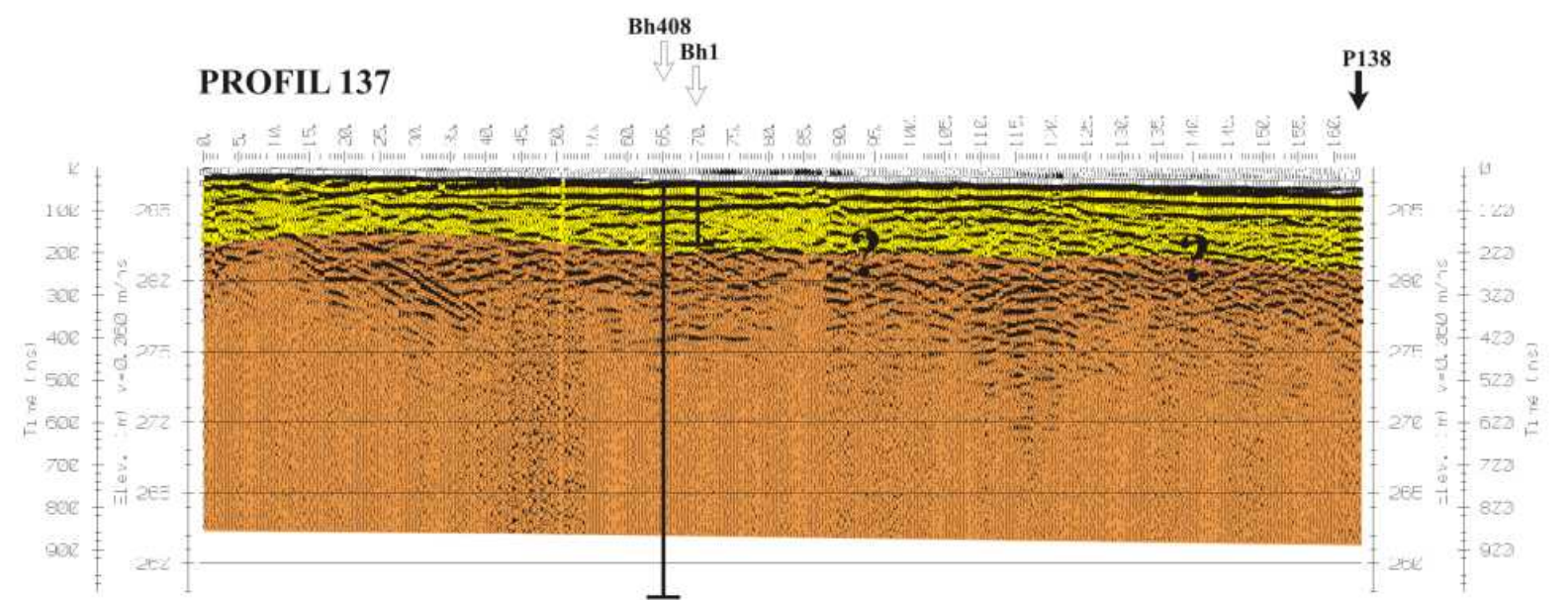


SEL KOMMUNE GEORADARPROFILER OTTA SEL, OPPLAND	MÅLESTOKK	MÅLT NVE	Mai 2000
	1:10 000	TEGN A.D.	Feb. 2003
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2005.048-02	KARTBLAD NR 1718 IV	



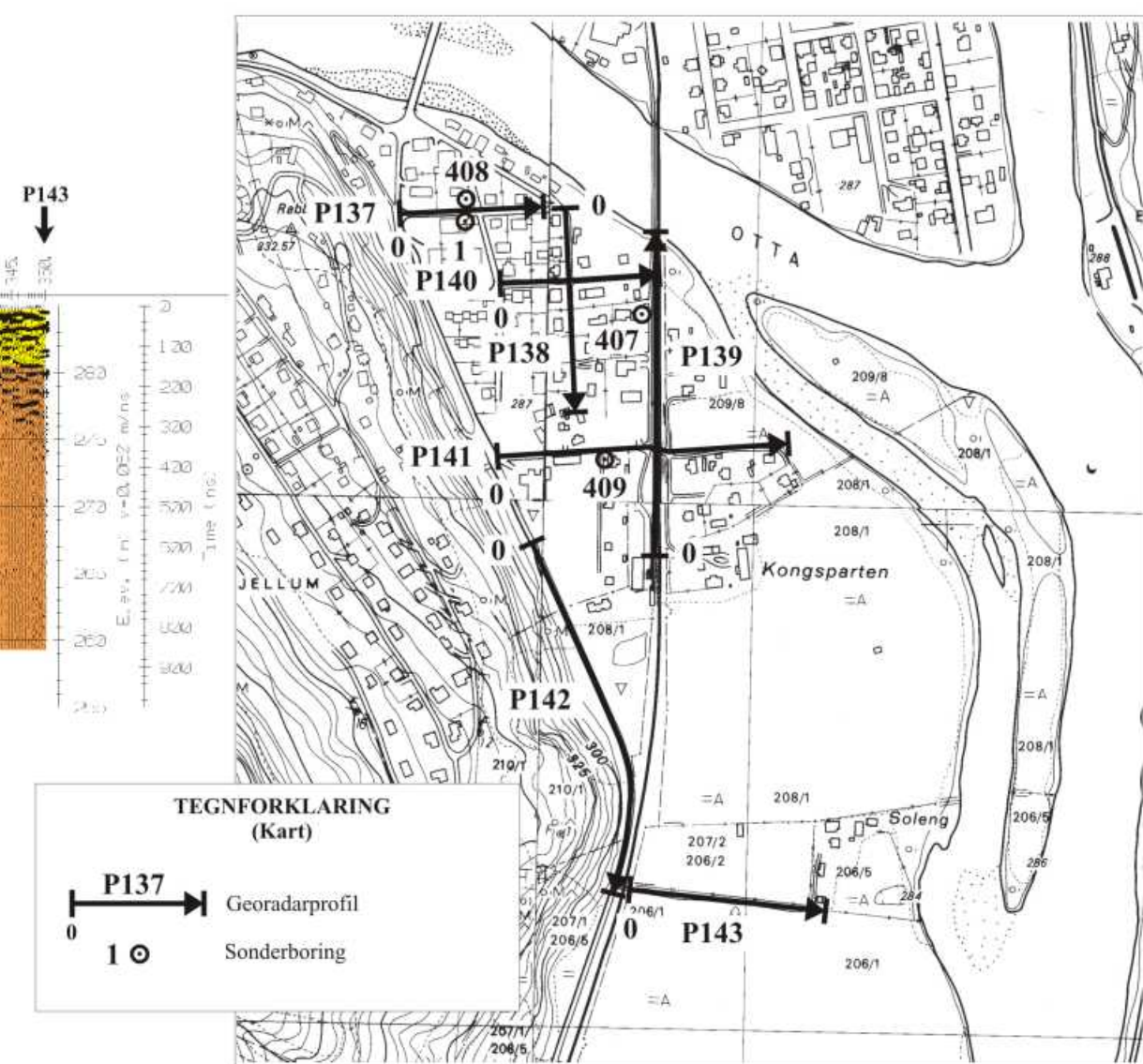






**TEGNFORKLARING (opptak)**

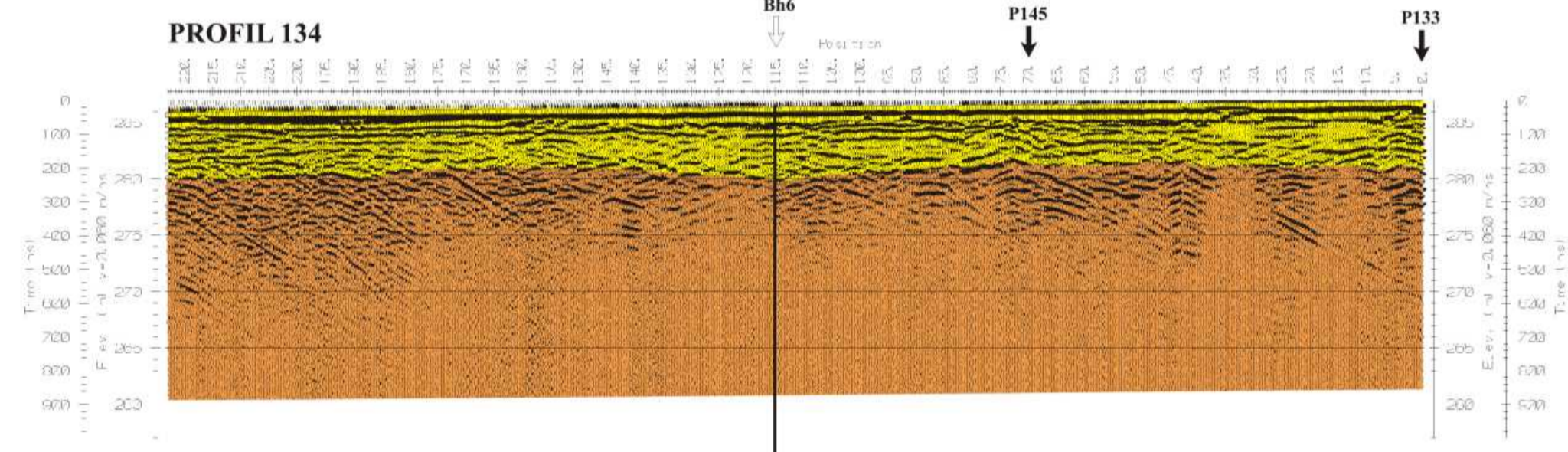
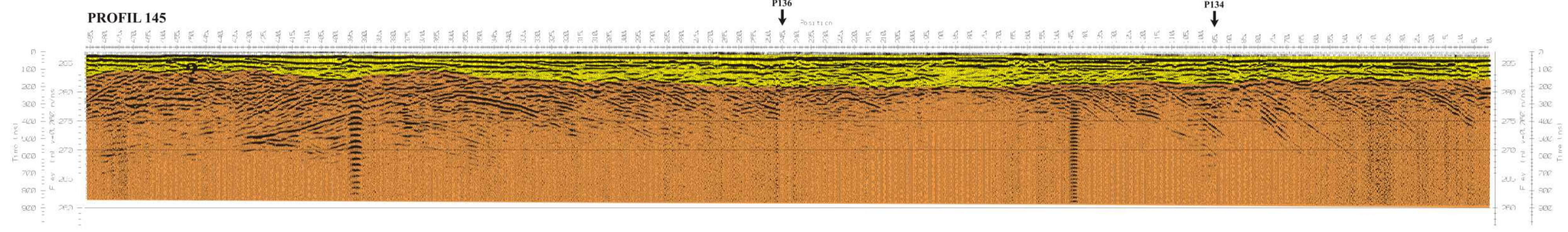
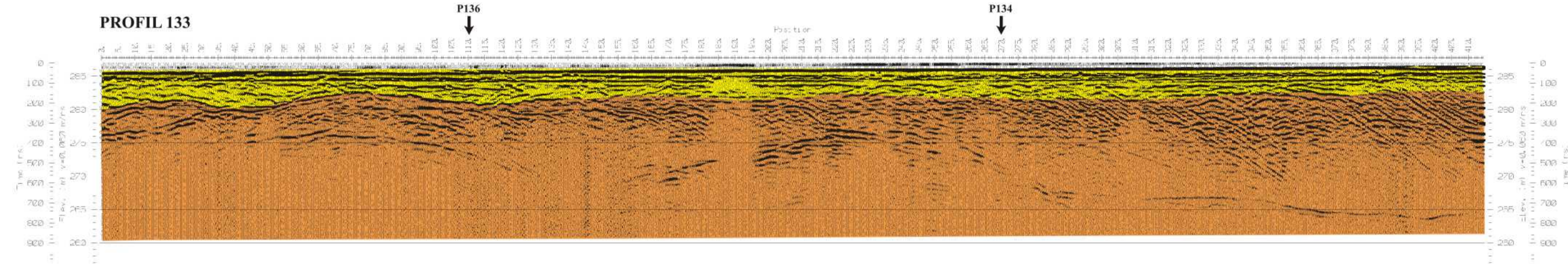
- P141 ↓ Kryssende georadarprofil
- Bh1 ↓ Sonderboring
- Yellow box Tolket elveavsetning
- Brown box Tolket brelvavsetning (usikker dybdeangivelse)



**TEGNFORKLARING (Kart)**

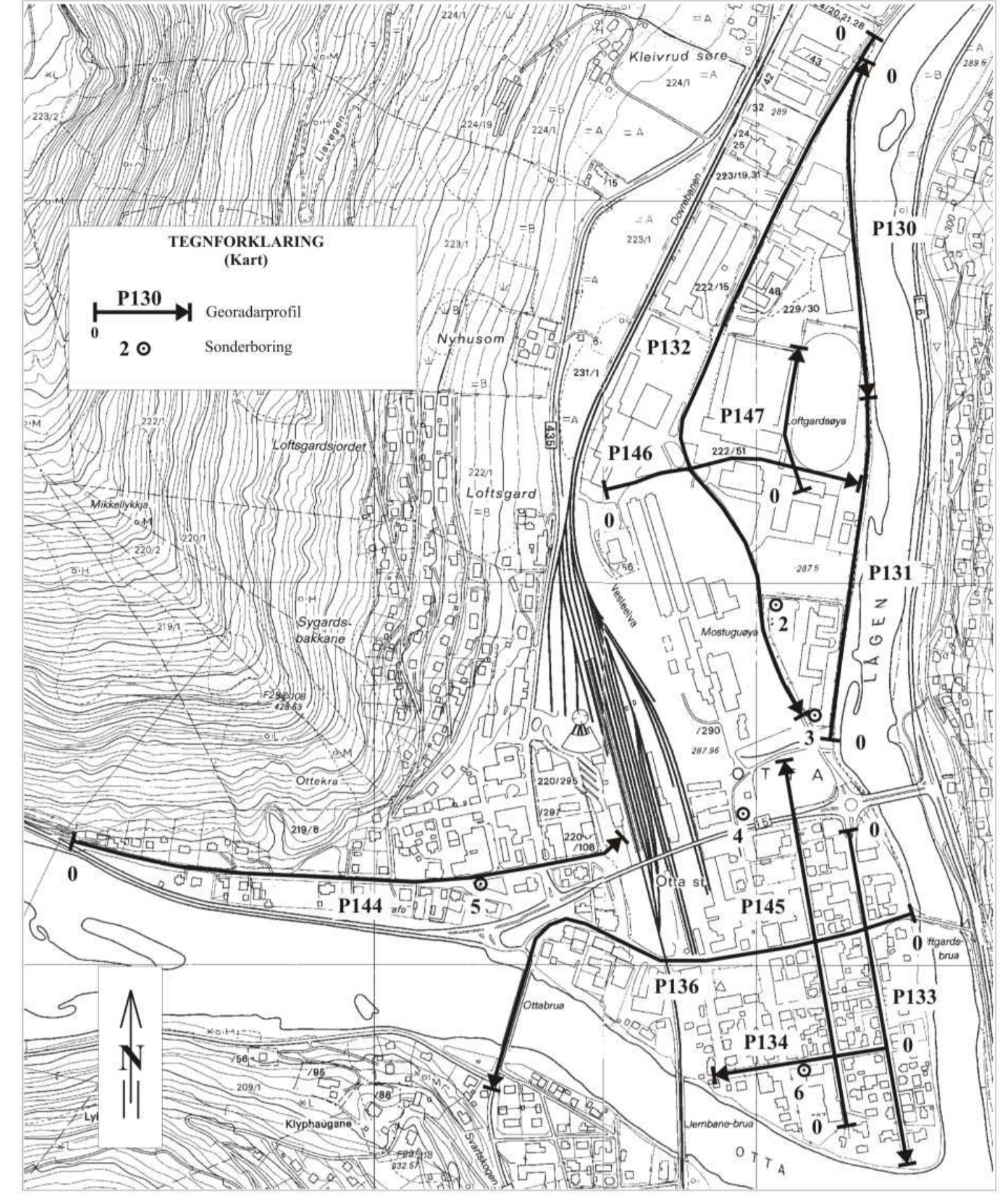
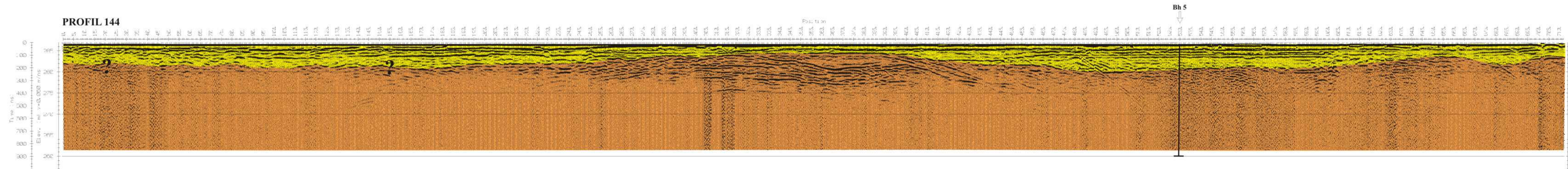
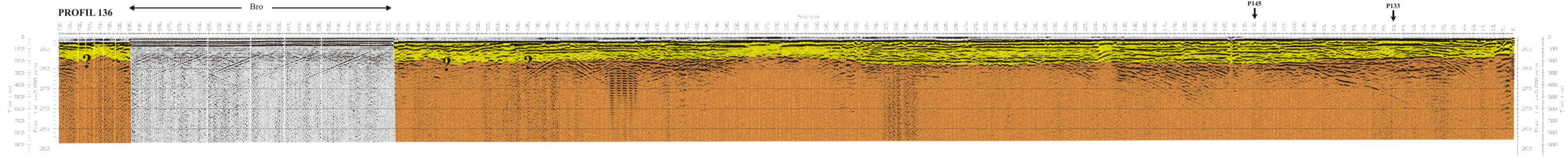
- P137 → Georadarprofil
- Sonderboring

SEL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P137, P138, P139, P140, P141 og P142 OTTA SEL, OPPLAND	MÅLESTOKK (kart) 1 : 5 000	MÅLT NVE TEGN E.D. TRAC KFR	Mai 2000 Feb. 2003
	NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAD NR 2005,048-04	KARTBLAD NR 1718 IV



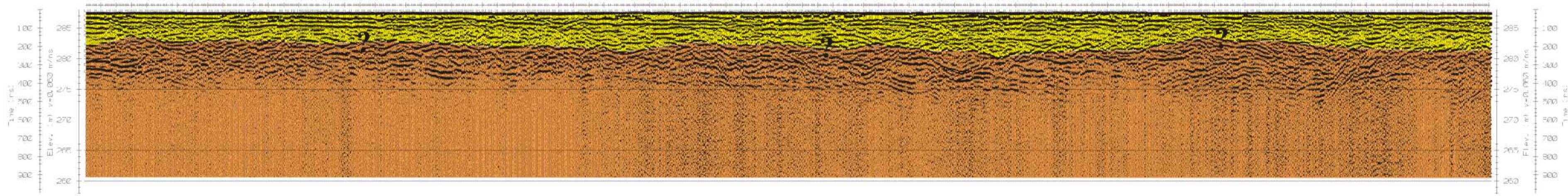
**TEGNFORKLARING (opptak)**

- P141 ↓ Kryssende georadarprofil
- Bh1 ↓ Sonderboring
- Tolket elvevsetning
- Tolket breelvasetning (usikker dybdeangivelse)

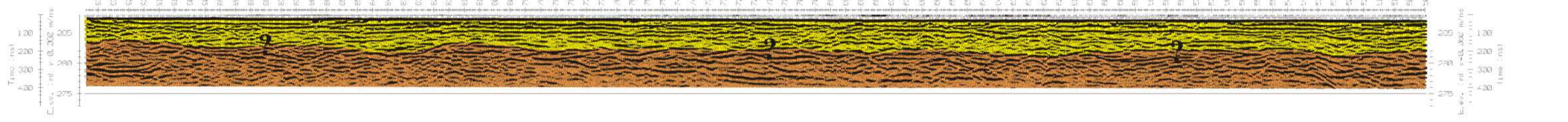


SEL KOMMUNE	MALESTOKK (kart)	MALESTOKK	MALESTOKK	MALESTOKK
GEORADAROPPTAK P133, P134, P136, P144 og P145	1 : 5 000	TEGN E.D.	TRAC	MAI 2000
SEL, OPPLAND		KFR		FEB. 2003
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE	KARTBLAD NR 2005.048-05			KARTBLAD NR 1718 IV
TRONDHEIM				

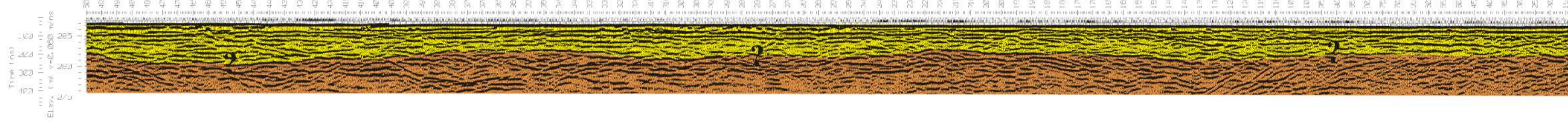
PROFIL 130



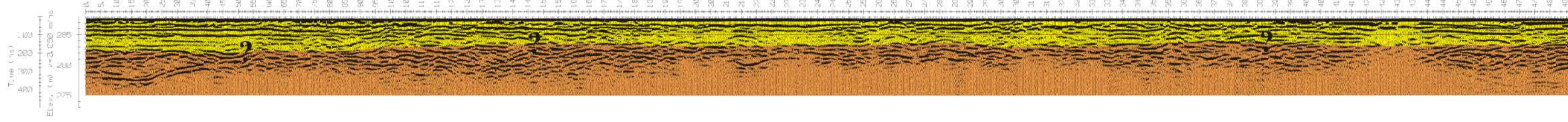
PROFIL 131



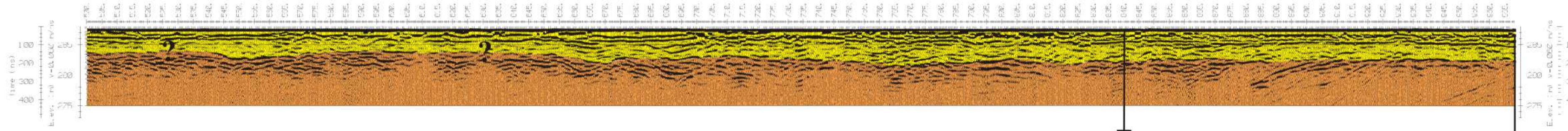
PROFIL 131 (forts.)



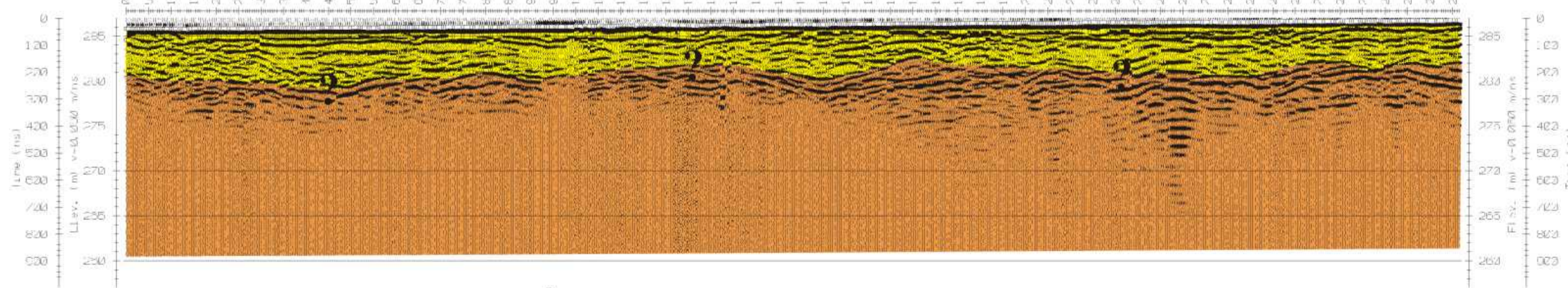
PROFIL 132



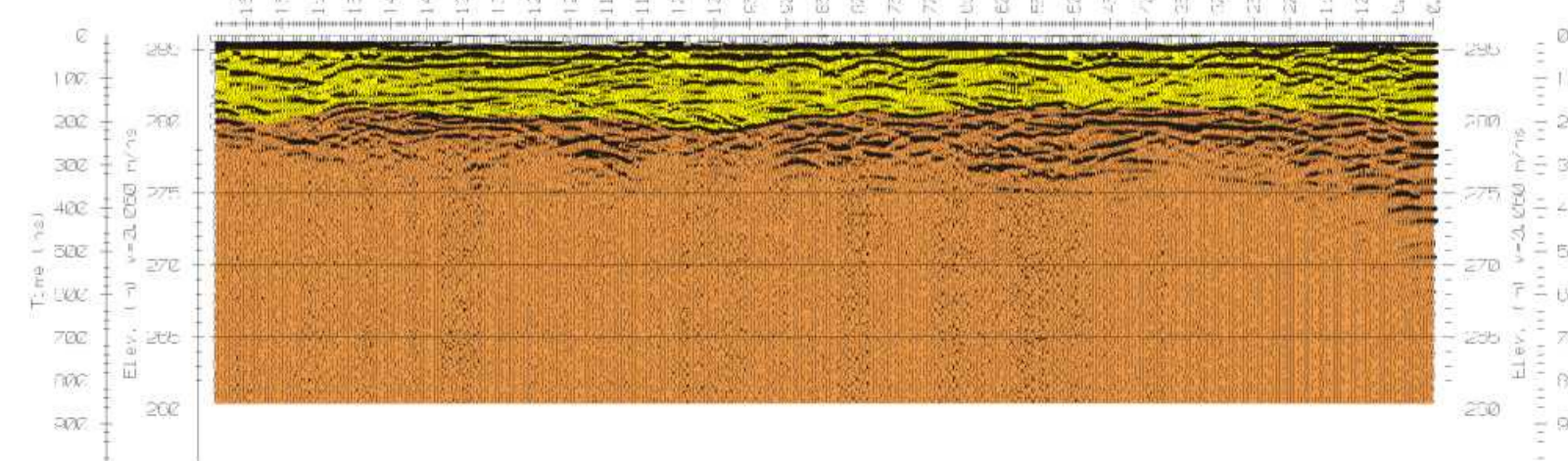
PROFIL 132 (forts.)



PROFIL 146

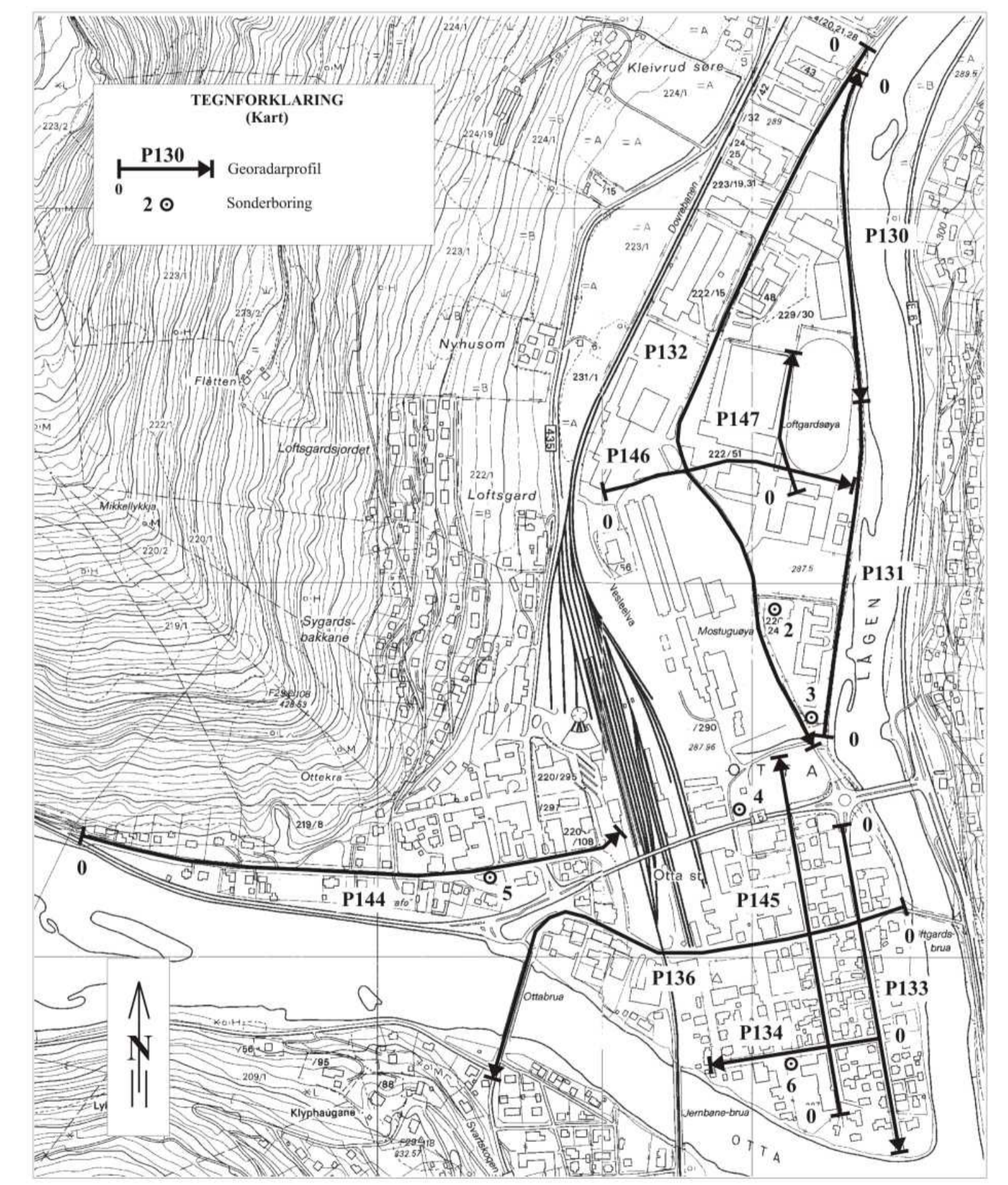


PROFIL 147



**TEGNFORKLARING (opptak)**

- P141 ↓ Kryssende georadarprofil
- Bh1 ↓ Sonderboring
- Yellow box Tolket elveavsetning
- Orange box Tolket breelavsetning (usikker dybdeangivelse)



SEL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P130, P131, P132, P146 og P147 SEL, OPPLAND	MALESTOKK (kart) 1 : 5 000	MALESTOKK TEGN E.D. TRAC KFR	MAI 2000 FEB. 2003
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAD NR 2005.048-06	KARTBLAD NR 1718 IV	