

Rapport nr.: 98.022		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser Uppnose, Skjåk kommune				
Forfatter: Sylvi Gaut og Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: Skjåk kommune og NGU		
Fylke: Oppland		Kommune: Skjåk kommune		
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1518 IV Pollfoss		
Forekomstens navn og koordinater: Uppnose. Sone 32V WGS84 Område: 1) 4498/6864 2) 4507/68651 3) 4516/68653 4) 4501/68647		Sidetall: 38	Pris: 145,-	
Feltarbeid utført: august 1997		Rapportdato: 13.02.1998	Prosjektnr.: 2713.05	Ansvarlig:
Sammendrag: <p>Norges geologiske undersøkelse (NGU) har i perioden 6 til 17. august 1997 foretatt georadarmålinger og undersøkelsesboringer i løsmasser for Uppnose vannverk. Vannbehovet er beregnet til 11,1 l/s da det er ønskelig å ha tilgang på vann til eventuell brannslukking.</p> <p>Det er foretatt georadarmålinger innenfor 4 områder, mens sonderboringer og testpumper kun er foretatt i tre av disse områdene. Sonderboringene viser at det i samtlige undersøkte områder er sand, stein og blokk med noe grus. Mye blokk gjør at det er vanskelig å bore og den totale mektigheten av massene er derfor ikke påvist. Georadarprofilene indikerer derimot at mektigheten av massene over fjell varierer fra 10-20 m i nærheten av undersøkelsesboringene.</p> <p>Testpumper viser middels til lave kapasiteter da borehull 5b i område 1 ga 0,75-1,5 l/s og borehullene 1 og 2 i område 4 ga henholdsvis 0,4 l/s og 0,4-1,7 l/s.</p> <p>Det er samlet inn vannprøver fra borehullene 1 og 2 i område 4 og borehull 5 i område 1. I begge områder er grunnvannet ionefattig og pH og alkalitet for lavt i forhold til Drikkevannsforskriften. Det vil være nødvendig med pH-justering og alkalisering.</p> <p>Ut fra undersøkelsesboringene og georadarprofilene anbefales det å sette ned en fullskala brønn i område 1. Kommunen må regne med at det vil være nødvendig å sette ned flere brønner for å oppnå ønsket kapasitet (11,1 l/s) avhengig av hvor stor filterlengde som er mulig å benytte. Det er nødvendig med klausulering rundt eventuelle fullskala brønner.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Vannforsyning		Georadarmålinger
Vannverk lite		Løsmasser		Undersøkelsesboringer
				Fagrapport

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	4
2.	METODEBESKRIVELSE.....	4
2.1	Georadar	4
2.2	Undersøkelsesboringer og vannprøvetaking	5
3.	RESULTATER	5
3.1	Georadarundersøkelser.....	5
3.1.1	<u>Område 1</u>	5
3.1.2	<u>Område 4</u>	6
3.1.3	<u>Område 2</u>	7
3.1.4	<u>Område 3</u>	8
3.2	Sonderboringer og enkle testpumper	9
3.2.1	<u>Område 1</u>	9
3.2.2	<u>Område 2</u>	9
3.2.3	<u>Område 4</u>	9
3.3	Vannkvalitet	10
3.4	Kornfordelingsanalyser og beregning av hydraulisk konduktivitet.....	10
3.4.1	<u>Område 1</u>	10
3.4.2	<u>Område 4</u>	10
3.4.3	<u>Beregning av hydraulisk konduktivitet</u>	10
4	KONKLUSJON OG ANBEFALINGER	11
5	KLAUSULERINGS TILTAK	12
6	REFERANSER	13

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1: Georadar - metodebeskrivelse

Tekstbilag 2: Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder

DATABILAG

Databilag 1.1-1.7: Sonderboringsprofil

Databilag 2: Vannanalyser

Databilag 3.1-3.3: Kornfordelingsanalyser

KARTBILAG

Kartbilag 1: M 1:50 000 Oversiktskart over undersøkte områder

Kartbilag 2: M 1:5 000 Kart som viser plasseringen av områdene 1 til 4 i forhold til hverandre

Kartbilag 3: M 1:5 000 Georadaropptak og borplasseringer, Tundramoen, Områdene 1 og 4.

Kartbilag 4: M 1:5 000 Georadaropptak og borplasseringer, Vest for Åmotsøye, Område 2.

Kartbilag 5: M 1:5 000 Georadaropptak, Åmotsøye, Område 3.

1. INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har i perioden 6 til 17. august 1997 foretatt georadarmålinger og undersøkelsesboringer i løsmasser for Uppnose vannverk. Undersøkelsene er foretatt på Tundramoen og området vest for Åmotsøye (kartbilag 1). De undersøkte områdene er betegnet som område 1 til område 4. I område 3 er det kun gjort georadarmålinger.

Dagens vannverk er basert på brønner som tar vann fra elva Åstre og vannkvaliteten er for dårlig både bakteriologisk og kjemisk. Vannverket forsyner 24 husstander i et kommunalt boligområde. Vannbehovet er beregnet til 11,1 l/s da det er ønskelig å ha tilgang på vann til eventuell brannslukking.

Ansvarlig for prosjektet har vært forsker Sylvi Gaut. Andre involverte fra NGU har vært:

Avd.ing Torleif Lauritsen (georadarmålinger)

Ingeniør Bjørn Iversen (boringer)

Sivilarbeider Are Gjerde (boringer)

Kontaktperson i Skjåk kommune har vært Per Dagsgard

2. METODEBESKRIVELSE

2.1 Georadar

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er vedlagt i tekstbilag 1.

Målingene ble utført med 50 MHz-antennene og 1000 V sender. Ved målingene ble det benyttet en antenneavstand og flyttavstand på 1 m. På grunn av unøyaktig flytting av antenne vil posisjonene som er angitt øverst på opptakene, ikke alltid stemme nøyaktig med avstander på kartet. I slike tilfeller kan en støtte seg til merknadene nederst på opptakene, om kryssing av bekker, veier o.l.

2.2 Undersøkelsesboringer og vannprøvetaking

Undersøkelsene har omfattet sonderboringer med Borros borerigg. Ved positivt resultat fra sonderboringen ble det gjennomført enkle testpumper fra Ø32 mm (5/4") prøvebrønner i de aktuelle nivåene. Dersom det var tilstrekkelig vanngjennomgang i avsetningen, ble det tatt ut vannprøve for analyse ved NGU. I tillegg er pH, ledningsevne og temperatur målt i felt.

Vannprøvene for analyse av kationer og anioner er filtrert i felt med 0,45 µm papirfilter. I tillegg er vannprøvene for kationer surgjort med 0,5 ml ultraren 65% saltpetersyre. Det er analysert på følgende kjemiske parametre:

- | | | |
|---------------|----------------|------|
| - 30 kationer | - ledningsevne | - pH |
| - 7 anioner | - fargetall | |
| - alkalitet | - turbiditet | |

Tekstbilag 2 gir en mer detaljert beskrivelse av felt- og laboratoriemetoder.

3. RESULTATER

3.1 Georadarundersøkelser

Georadarmålinger er foretatt innenfor 4 områder. Sentralt i hvert av områdene er det utført hastighetsanalyser (CMP-målinger). Hastigheten som framkom ved hver CMP-måling er benyttet ved beregning av dyp under terrengoverflata (dybdekonvertering). P.g.a topografisk gradient, har en valgt å foreta terrengkorleksjon ved presentasjon av profil 1. Terrenghøyden er hentet fra topografisk kart i målestokk 1:5000 med 5 m koteavstand, og opptaket er forsynt med høydeakser som refererer til havoverflata. Terrengvariasjonene langs de øvrige profilene er uvesentlige. Opptakene fra disse profilene er derfor ikke terrengkorrigert, men forsynt med vanlige dybdeakser som refererer til terrengoverflata.

3.1.1 Område 1

Område 1 ligger på vestsida av elva Tundre, like før elvemøtet med Åstre (kartbilagene -01 og -02). I området er det utført målinger med georadar langs to profiler, P1 og P2. Opptakene og profilenes plassering er presentert i kartbilag 98.022-03. Opptakene indikerer grove masser (sand/grus/stein) over fjell, og skulle gi muligheter for grunnvannsuttak der løsmassetykkelsen er størst.

P1

Opptaket, som er plottet fra sør mot nord, viser et hauget, kraftig reflektormønster over fjell. Løsmassene tolkes som lagdelte masser av sand, grus og stein, og kan gi muligheter for grunnvannsutttak der tykkelsen av sand- og gruspakken er størst. Flere kraftige reflektorer over fjelloverflata gjør at denne ikke trer helt tydelig fram på opptaket. Dette kan tyde på meget grovt materiale (stein/blokk) over delvis oppsprukket fjell. Minste dyp til fjell sees ved posisjon 70 m. Her detekteres fjellreflektoren på ca. 1-2 m dyp (464-465 m o.h). Mot sørenden av profilet går fjelloverflata ned til ca. 8 m dyp (460 m o.h). Dypet til fjell er størst mot nordenden av profilet hvor fjelloverflata kan erkjennes på ca. 18-19 m dyp (444-445 m o.h). Grunnvannsspeil sees trolig ved ca. 5-6 m dyp (460-461 m o.h.) sentralt i profilet. Herfra avtar tykkelsen av tørr sone mot nordenden av profilet hvor grunnvannsspeilet går i dagen.

P2

Opptaket er plottet fra vest mot øst. Et kraftig og hauget reflektormønster tolkes som grove masser, trolig sand, grus og stein. En markert, utholdende reflektor sees på ca. 6-7 m dyp ved posisjon 0 m (østenden). Denne skrår opp til ca. 5-6 m dyp ved posisjon 113 m (vestenden). Reflektoren representerer trolig overgang til en annen underliggende avsetningstype (muligens grovere masser). Fjelloverflata ser ut til å ligge på ca. 16-17 m dyp i østenden av profilet (posisjon 0 m). Herfra kan fjellreflektoren følges vestover til posisjon 60 m, hvor den ligger på ca. 14-15 m dyp. Videre vestover blir reflektoren svakere, men fjelldypet avtar trolig til ca. 10 m i vestenden av profilet (posisjon 112 m). Grunnvannsspeilet ligger sannsynligvis såvidt grunt at dets reflektor interfererer med direktebølgen mellom antennene (1-2 m dyp).

3.1.2 Område 4

Området ligger vis-à-vis område 1, på motsatt side av elva Tundre (kartbilagene -01 og -02). Her er det utført georadarmålinger langs to profiler, P9 og P10. Opptakene og profilenes beliggenhet er presentert i kartbilag -03. Løsmassene består trolig av grovt materiale (sand, grus og stein), og dypet til fjell varierer fra ca. 15 m til 25 m. Muligheten for grunnvannsutttak skulle derfor være god.

P9

Opptaket er plottet fra vest mot øst. Meget kraftig reflektivitet med hauget reflektormønster indikerer grove masser, trolig sand, grus og stein. Fjellreflektoren erkjennes så vidt blant flere andre kraftige reflektorer. Dette kan tyde på en gradvis overgang fra stein og blokkrike masser til delvis oppsprukket fjell. Dyp til fjell ser ut til å variere mellom 15 og 20 m langs profilet. Stedvis langs opptaket sees en markert reflektor mellom ca. 5 til 10 m dyp. Denne kan representere overgang til en annen avsetningsretning og/eller -type. Grunnvannsspeilet trer ikke klart fram i opptaket, men nivået i elva Tundre skulle tilsi et grunnvannsnivå på ca. 2-3 m.

P10

Opptaket er plottet fra sørvest mot nordøst. I opptaket gjenkjennes sekvensene fra profil 9. Reflektormønsteret indikerer grove masser (sand, grus og stein). Markert reflektor som sees langs hele profilet ved ca. 7-12 m dyp, markerer skille mellom to avsetningsretninger og/eller avsetningstyper. Grunnvannsspeilet sees trolig på ca. 5 m dyp i sørvestre ende av profilet, og stiger til ca. 3 m dyp i motsatt profilende (nordøst).

3.1.3 Område 2

Område 2 ligger vest for Åmotsøye på vestsida av elva Åstre's vestre løp. Se kartbilagene -01 og -02. I dette området er det utført georadarmålinger langs profilene P3 og P4. Løsmassene ser ut til å bestå av meget grove masser (sand, grus og stein). Dypet til fjell ligger i gjennomsnitt på ca. 10 m. Overveiende beskjedent dyp til fjell, samt meget grove masser over fjell, indikerer dårlige muligheter for grunnvannsuttak.

P3

Opptaket er plottet fra sørvest mot nordøst. Løsmassene består trolig av sand, grus og stein. Nedenfor ca. 6-7 m dyp antydes kraftigere reflektivitet. Dette tolkes som overgang til grovere masser, trolig stein/blokk over fjell. Kraftig reflektivitet gjør at fjellreflektoren ikke trer tydelig fram. Dette kan tyde på en gradvis overgang fra stein og blokkrike masser til delvis oppsprukket fjell. Fjelloverflata ser ut til å styre penetrasjonsdypet, og ligger trolig ved ca. 10 m dyp gjennom størstedelen av profilet. Mellom posisjonene 20 m og 70 m kan fjell muligens påvises ved max. 15 m dyp. grunnvannsspeil kan ikke påvises i opptaket.

P4

Opptaket er plottet fra vest mot øst. Sekvensene fra P3 gjenkjennes i opptaket. Refleksjonsmønsteret tolkes som grus, sand og stein. Ved ca. 6-7 m dyp blir reflektorene kraftigere, noe som kan skyldes underliggende grovere masser over fjell. Penetrasjonsdypet ser ut til å være styrt av fjelltopografien. I vestenden av profilet (posisjon 87 m) sees fjell i dagen (se kommentar nederst i opptaket). Fjelloverflata skrår trolig ned til ca. 10 m dyp mot posisjon 0 m (nærmest elva). Heller ikke i dette opptaket kan grunnvannsspeil påvises, men observasjon av elvenivå tilsier ca. 1-2 m dyp.

3.1.4 Område 3

Området ligger på Åmotsøye mellom elvene Otta og Åstre (kartbilagene -01 og -02). I området er det utført georadarmålinger langs 4 profiler (P5-P8). Opptakene og profilenes plassering er presentert i kartbilag 98.022-05. Reflektormønsteret indikerer lagdeling av sand, grus og stein. Dypet til fjell varierer fra 10 til 30 m. Muligheten for grunnvannsuttak skulle være god der løsmassetykkelsen er størst.

P5

Opptaket er plottet fra vest mot øst. Grunnvannsspeil ser ut til å ligge ved ca. 3-4 m dyp. Et hauget refleksjonsmønster tolkes som lagdeling av sand, grus og stein. «Hvite» partier indikerer mer ensgradert materiale, muligens sand. I vestenden av profilet (posisjon 212 m) er dypet til fjell minst. Her erkjennes fjelloverflata ved ca. 20 m dyp. Tykkelsen av løsmassene øker gradvis mot øst (posisjon 0 m), hvor fjellreflektoren sees på ca. 28-30 m dyp. Avsetningen skulle gi gode muligheter for grunnvannsuttak.

P6

Opptaket er presentert fra sør mot nord. Grunnvannsspeil sees ved ca. 3-4 m dyp. Ellers viser opptaket den samme lagdeling av sand, grus og stein over fjell. Ved posisjon 79 m (i sør) sees fjelloverflata på ca. 30 m dyp. Herfra stiger fjellet til ca. 23-24 m dyp ved posisjon 0 m (i nord). Også her skulle mulighetene for grunnvannsuttak være meget gode.

P7

Opptaket viser kraftig og hauget refleksivitet. Dette tolkes som lag av sand, grus og stein. I starten av profilet (posisjon 0 m) sees fjelloverflata som en kraftig reflektor på ca. 10 m dyp. Herfra ser fjellet ut til å stige til ca. 8-9 m dyp ved enden av profilet (posisjon 92 m). En kraftige, utholdende reflektorer over fjell, indikerer skifte i avsetningsretning eller -type. Terreng høyden over elvenivå tilsier et grunnvannsdyp på ca. 1-2 m.

P8

Opptaket er plottet fra nordvest mot sørøst. Løsmassene tolkes til lagdeling av sand, grus og stein. En kraftig reflektor sees gjennom hele profilet ved ca. 5-7 m dyp. Denne representerer trolig overgang til en annen avsetningstype/-retning, muligens underliggende grovere materiale. Fjellreflektoren sees på ca. 12 m dyp ved posisjon 71 m. Herfra kan den følges opp til ca. 7 m dyp ved posisjon 0 m. Muligheten for grunnvannsuttak skulle være god i nordvestre enden av profilet, forutsatt at det grovere materiale lar seg gjennomføre. Grunnvannsspeil ligger trolig på ca. 1 m dyp.

3.2 Sonderboringer og enkle testpumper

Generelt for områdene er det mye blokk, slik at det er vanskelig å bore. På samtlige steder ble det forsøkt mange ganger. Det ble gjort ved at borehullet ble flyttet 2-3 m. Flere steder var det ikke mulig å komme så dypt at prøvepumping var aktuelt. Det ble ikke sonderboret i område 3 fordi området ligger for langt unna eksisterende ledningsnett.

3.2.1 Område 1

Sonderboringene i område 1 er vist i databilag 1.5-1.7. Borehull 5 på kartbilag 3 markerer både borehull 5a og 5b. I begge borehull består massene av stein og sand med noe grus. I borehull 5a var det ikke mulig å komme dypere enn 4,5 m, mens i borehull 5b ble det boret til ca. 7 m. Kapasiteten i borehull 5b ble målt til 1,5 l/s ved 2,5-3,5 m dyp, 0,75 l/s ved 4,5-5,5 m dyp og 1,0 l/s ved 6,5-7,5 m dyp. I borehull 6 består også massene av stein, sand og grus med innslag av blokk. Boringene ble stoppen mot blokk ved 6,5 m. Det ble forsøkt prøvepumpet ved 4,5-5,5 m dyp og ved 5,5-6,5 m dyp. Det var ikke mulig å få opp noe vann. Dette skyldes at det er for langt ned på grunnvannspeilet (5,88 m) til at sugepumpa klarer å trekke opp noe vann. Vanngjennomgangen er derimot god.

3.2.2 Område 2

Databilagene 1.3-1.4 viser sonderboringsprofilene for boringene i område 2. Det ble kun sonderboret da det etter flere forsøk var umulig å komme dypere enn 2-3 m ved borehull 3 og 5 m ved borehull 4. I samtlige borehull besto massene av stein, sand og grus.

3.2.3 Område 4

Sonderboringsprofilene for borehullene 1 og 2 er vist i databilag 1.1-1.2. Massene i borehull 1 består av stein, sand og grus. Boringen stoppet mot blokk på ca 7,5 m. Kapasiteten ved 4,5-5,5 m dyp ble målt til 0,25-0,4 l/s. Det ble pumpet opp mye sand. Sonderingen i borehull 2 viser stein, sand og noe grus ned til 10 m der boringen stopper mot blokk. Prøvepumping i nivåene 4,5-5,5 og 6,5-7,5 viser kapasiteter på henholdsvis 1,7 l/s og 0,4 l/s. Ved 6,5-7,5 m pumpes det opp mye grus og vanngjennomgangen er god. Dette tilsier at det bør være mulig å få opp større mengder vann enn angitt.

3.3 Vannkvalitet

Det er samlet inn vannprøver fra borehullene 1 og 2 i område 4 og borehull 5 i område 1, samt fra elva Åstre ved borehull 5. Vannanalysene (databilag 2) viser at grunnvannet fra borehullene 1 og 2 trolig har meget kort oppholdstid grunnet høy temperatur og lavere ioneinnhold (Si, Ca, Mg og alkalitet) sammenliknet med grunnvann fra borehull 5b. I begge områder har grunnvannet en noe lav pH og alkalitet i forhold til Drikkevannsforskriften (Sosial- og helsedepartementet 1995). Fargetallet er stedvis noe høyt til grunnvann å være. De høye turbiditetsverdiene skyldes kort pumpetid (15-25 min) før prøvene ble tatt. Samtlige andre parametre ligger innenfor tillatte verdi i Drikkevannsforskriften.

Grunnvannet er ionefattig. Blant annet er innholdet av kalsium lavt og det anbefales derfor at eventuell pH-justering og alkalisering gjøres ved hjelp av et marmorfilter.

3.4 Kornfordelingsanalyser og beregning av hydraulisk konduktivitet

Det må bemerkes at den enkelte kornfordelingskurve ikke er helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste kornene som ikke sedimenterer i prøvetakeren. I tillegg vil en ved lave kapasiteter ikke få stor nok vannhastighet i brønnrøret til å få opp de groveste kornene.

3.4.1 Område 1

Kornfordelingskurvene i databilag 3.3 viser at løsmassene i borehull 5b fra 4,5-6,5 m dyp stort sett består av sand med noe grus. Dette passer godt overens med borehullsloggene fra sonderboringene.

3.4.2 Område 4

Kornfordelingskurvene i databilag 3.1 og 3.2 viser at løsmassene i borehullene 1 og 2 m ved de utvalgte dypene hovedsakelig består av sand. I borehull 2 ved 4,5-5,5 m dyp er det også noe grus. Ut fra borehullsloggene skulle man forventet mer grus i begge borehull.

3.4.3 Beregning av hydraulisk konduktivitet

Kornfordelingskurvene kan benyttes til å beregne en tilnærmet hydraulisk konduktivitet (k) for området rundt sonderboringene. Til beregningene er Hazens formel og Bayers metode (Langguth & Voigt 1980) benyttet. Resultatene er vist i tabell 3.1.

Hazens formel er som følger: $k(\text{m/s}) = 0,0116 * (d_{10}(\text{mm}))^2$

der d_{10} er kornstørrelsen svarende til vektprosenten 10%

Tabell 3.1 Hydraulisk konduktivitet, k beregnet ut i fra kornfordelingskurvene for borehullene 1, 2 og 5.

Borehull	Masseprøve tatt fra nivå (m)	d_{10} (mm)	d_{60} (mm)	k Hazen (m/s)	k Bayer (m/s)	k Gj.snitt (m/s)
1	4,5-5,5	0,1174	0,3522	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,30 \times 10^{-4}$	$1,45 \times 10^{-4}$
2	4,5-5,5	0,1961	0,9595	$4,46 \times 10^{-4}$	$3,31 \times 10^{-4}$	$3,88 \times 10^{-4}$
2	6,5-7,5	0,1181	0,3427	$1,62 \times 10^{-4}$	$1,33 \times 10^{-4}$	$1,47 \times 10^{-4}$
5b	4,5-5,5	0,1796	0,6095	$3,74 \times 10^{-4}$	$2,98 \times 10^{-4}$	$3,36 \times 10^{-4}$
5b	5,5-6,5	0,2183	0,8295	$5,53 \times 10^{-4}$	$4,30 \times 10^{-4}$	$4,92 \times 10^{-4}$

De beregnete k-verdiene må betegnes som relativt lave idet masser med god vanngiverevne gjerne har k-verdier av størrelsesorden 10^{-3} m/s.

4 KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Sonderboringene viser at det i samtlige undersøkte områder er sand, stein og blokk med noe grus. Blokkmark gjorde det vanskelig å bore og den totale mektigheten av massene er derfor ikke påvist. De fleste boringene stoppet et sted mellom 4,5 m og 7,5 m mens det i borehull 2 ble boret til 10 m. Georadarprofilene indikerer derimot at mektigheten av massene over fjell varierer fra 10-20 m i nærheten av undersøkelsesboringene. Det ser ut til å være størst mektighet i område 4.

Testpumpingene viser middels til lave kapasiteter da borehull 5b i område 1 ga 0,75-1,5 l/s og borehullene 1 og 2 i område 4 ga henholdsvis 0,4 l/s og 0,4-1,7 l/s.

Vannkvaliteten er god, men man må regne med at det er nødvendig med pH-justering og alkalisering.

Ut fra undersøkelsesboringene og georadarprofilene anbefales å sette ned en fullskala brønn i område 1. Brønnen bør plasseres nær borpunkt 5b, men noe lenger fra elva for å øke oppholdstiden til grunnvannet. Det anbefales en 170 mm rørbrønn med 1,0 mm slisser slik at det er mulighet for å benytte en pumpe som gir ønsket kapasitet. Filterplasseringen bestemmes ut fra en vurdering av oppborede masser ved nedboringen av foringsrøret og

tykkelsen på vannførende lag. Det anbefales to meter sumprør i bunnen. Toppen av filteret bør plasseres så dypt som mulig og minimum 5 m fra overflaten. Det understrekes at det må gjennomføres en langtids prøvepumping for å bestemme kapasitet og kvalitet. Kommunen må regne med at det vil være nødvendig å sette ned flere brønner for å oppnå ønsket kapasitet (11,1 l/s) avhengig av hvor stor filterlengde som er mulig å benytte.

5 KLAUSULERINGS TILTAK

Vannets oppholdstid i umettet og mettet sone har stor betydning for både grunnvannets kjemiske og hygieniske kvalitet. Folkehelsa anbefaler at grunnvann som skal brukes til drikkevann bør ha en oppholdstid i grunnen på minst 60 døgn for å oppnå tilfredsstillende bakteriologisk rensing (Folkehelsa 1987).

For å beskytte grunnvannskilden brukes en soneinndeling, basert på grunnvannets oppholdstid. For sonene er det satt opp restriksjoner som avtar i styrke med økende avstand fra uttaksstedet (Eckholdt, E. & Snilsberg, P. 1992).

- Sone 0: Brønnområdet
- Sone 1: Det nære tilsigsområdet. Vann i grunnvannssonen ved yttergrensen må bruke minimum 60 døgn frem til brønnen under full pumpebelastning.
- Sone 2: Det fjerne tilsigsområdet. Alt utpumpet vann er infiltrert innenfor denne sonen.
- Sone 3: Det ytre verneområdet. Omfatter arealer som vil kunne influere på grunnvannets kvalitet.

Det vil være nødvendig å foreta klausulering av et eventuelt brønnområde. Størrelsen på sonene vil være avhengig av vannuttak og massenes sammensetning. Sone 0, det vil si brønnområdet, skal inngjerdes og skjermes for all annen aktivitet enn det som er nødvendig for drift av anlegget. Størrelsen på denne sonen bør være minimum 15 m x 15 m. Bestemmelse av sonene 1-3 kan ikke gjøres før det er foretatt en langtids prøvepumping. Det er lite trolig at det vil oppstå arealkonflikter med dagens bruk av områdene.

6 REFERANSER

Eckholt, Einar & Snilsberg, Petter, 1992: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. GiN-veileder nr. 7. Norges geologiske undersøkelse.

Folkehelsa, 1987: Drikkevann. Beskyttelse av grunnvannskilder. Veileder A3. Aasens Trykkerier a.s.

Langguth, H.R. & Voigt, R.H., 1988: Hydrogeologische Methoden [Hydrogeological methods - in German]. Springer Verlag, 486 pp.

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

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 planparallel 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 ϵ_r er det relative dielektrisitetsstallet. ϵ_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 ϵ_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.

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

Tabell over relativt dielektrisitetsstall, radarbølge-hastigheter og ledningsevne i vanlige materialtyper.

HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

1 SONDERBORINGER

a) Metodikk

Standard sonderboringer i løsmasser blir gjort med Borros borerigg og Ø57 mm krone med vannspyling. Boringen er hydraulisk drevet og kan gjøres med både rotasjon og slag. Vanligvis bores det til 20-30 m dyp eller til fjell, men ellers er lengden av sonderstrengen eneste begrensning i mulig boredyp. For å få en mest mulig sikker kontroll av fjelldyp, bores det min. 0.5 m ned i fjellet.

Sonderboringer kan også gjøres med håndholdt borutstyr (pionar slagbormaskin). Det benyttes 40 mm firkantet sonderspiss og Ø25 mm sonderstenger av en meters lengde. Denne boremetoden er mest brukt på lokaliteter med vanskelig tilgjengelighet og ved grunne boringer.

b) Dataregistreringer

Under boring med Borros borerigg registreres borsynk (sekund/m), vanntrykk (kg), om det brukes slag under boring og karakterisering av boreslammet (farge og kornstørrelse). Ved sonderboring med håndholdt borutstyr registreres borsynk og friksjonslyden ved dreining av sonderspissen.

c) Tolkning

Ut fra dataregistreringene og egne vurderinger gjør boreingeniøren en tolkning av massene for hver meter. Fargen på boreslammet sier i tillegg noe om det er oksyderende (brunt spylevann) eller reduserende forhold (grått spylevann) i magasinet. Hvis spylevannet forsvinner i grunnen, gir vanntrykket en indikasjon på massenes hydrauliske ledningsevne. Ved sonderboring med håndholdt borutstyr vurderes løsmassetypen for hver meter ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderspissen.

2 TESTPUMPINGER

a) Metodikk

Hvis sonderboringen indikerer egnede masser for grunnvannsutttak, blir det boret en undersøkelsesbrønn for kapasitetsmålinger og prøvetaking av masser og grunnvann i bestemte nivå i magasinet. Brønnen bores med samme utstyr som sonderboringene og den settes ned i

et forboret hull. Undersøkellesbrønner lages av Ø32 mm damprør med en meter filterlengde bestående av 3-5 mm brede slisser. Det finnes også spesielle sandspisser til dette formålet. Før testpumpingen spyles brønnen ren for masser som har trengt inn under boring. Testpumpingen skjer ved bruk av bensindrevet sugepumpe med en kapasitet på 5 l/s. For å kunne vurdere kapasiteten i hvert nivå og for å få klart grunnvann til prøvetaking, må det bygges opp et naturlig grusfilter rundt brønnfilteret. Dette gjøres ved vekselvis spyling og pumping av brønnen, dreining av hele brønnrøret og/eller ved å starte og stoppe pumpa gjentatte ganger. For å få pumpet opp vann med sugepumper må dybden til grunnvannsnivået ikke være større enn 6-7 m.

b) Dataregistreringer

Før pumpingen starter måles grunnvannsstanden i testbrønnen. I hvert nivå hvor det blir testpumpet, blir brønnens vanngiverevne målt (l/s) og det blir tatt prøver av grunnvannet etter ca. 15 min. pumping. Grunnvannsstanden blir også målt like etter pumpingen. I tillegg blir det gjort en bedømming av vanngjennomgangen ut fra hvor raskt nedspylt vann synker i testbrønnen. Ved en undersøkelse av en grunnvannsføremst er det vanlig med 2-10 undersøkelsesbrønner som prøvetas og testpumpes i 2-5 forskjellige nivå.

c) Tolkning

De forskjellige nivåenes vanngiverevne, vanngjennomgangen i massene og senkningen av grunnvannsstanden under testpumpingen blir brukt til en helhetlig vurdering av grunnvannsmagasinet's hydrauliske egenskaper og til å bestemme lokalisering og filterplassering til eventuelle fullskala pumpebrønner.

3 SEDIMENTPRØVETAKING

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumpingen. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i prøvekarret. Ved undersøkelser som stiller strengere krav til representative og mer uforstyrrende prøver blir det benyttet spesielle prøvetakere.

Ut fra sedimentprøvenes kornfordeling kan man gjøre overslag av massenes hydrauliske ledningsevne og anbefale filteråpning på eventuelle produksjonsbrønner.

4 TESTPUMPING AV FJELLBRØNNER

Til testpumping av fjellbrønner benyttes en Ø95 mm elektrisk senkpumpe og strømaggregat. Pumpa plasseres på min. 45 m dyp, eller ca. 2 m over bunnen hvis brønndypet er mindre enn 45 m. Kapasiteten kan måles på flere måter. En metode er å først lense hullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over minimum 2 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten anslås ut fra senkningen av grunnvannsspeilet og pumperaten. Hvis brønnens kapasitet er såpass lav at det tar uforholdsmessig lang tid å måle et bestemt vannvolum, kan kapasiteten beregnes ut fra grunnvannsnivåets stigningshastighet i borhullet etter lensing.

5 FULLSKALA, LANGTIDS PRØVEPUMPING

a) Metodikk

Fullskala, langtids prøvepumping av løsmassebrønner kan skje ved bruk av forskjellige brønntyper og pumper avhengig av forventet grunnvannsnivå under pumping, pumperate og av sjansene for at brønnen senere kan benyttes til produksjonsbrønn.

Tabell 1: Brønn- og pumpetyper som benyttes til fullskala prøvepumping.

Brønntype	Pumpetype	Pumperate	Grunnvannsstand under pumping	Produksjonsbrønn
Ø50-100 mm damprør med oppslisset filter	El. sugepumpe (tørroppstilt)	1-20 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Nei
Ø50-76 mm brønn i rustfritt stål og med Con Slot filter	El. sugepumpe (tørroppstilt)	1-10 l/s pr. brønn	Mindre enn ca. 6 m under overflaten	Ja
Ø 150-500 mm rørbrønn.	El. senkpumpe	1-50 l/s pr. brønn	Ingen begrensning	Ja

For å kunne måle grunnvannsnivået rundt prøvebrønnen før og under pumpeperioden blir det satt ut observasjonsbrønner av Ø32 mm damprør med filter bestående av oppslisset rør. Det er viktig at disse brønnene blir satt ned i samme nivå som filteret på prøvebrønnen eller i et nivå med god hydraulisk kommunikasjon til prøvebrønnen. Oppumpet grunnvann blir ledet bort fra brønnens influensområde eller til et vassdrag med mye større vannføring enn pumperaten for å unngå reinfiltrasjon og tilbakestrømning til pumpebrønnen.

b) Dataregistrering

Før og under prøvepumpingen blir grunnvannsstanden i observasjonsbrønnene målt ved hjelp av et spesiallaget målebånd. Målingene blir gjort med korte tidsintervall i starten og stadig lengre intervall etter hvert. I tillegg blir pumperaten målt, enten manuelt med målekar og stoppeklokke eller ved hjelp av automatisk vannmåler. Det prøvempes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvempes ett år slik at man får med eventuelle

sessongvariasjoner i nedbør og vannføring i nærliggende vassdrag som kan ha innvirkning på kapasitet og grunnvannskvalitet.

c) Tolkning

Pumperaten og senkningen av grunnvannsnivået under pumping gir grunnlag for beregning av hydrauliske parametere som igjen brukes til vurderinger av magasinets/brønnens totale kapasitet, størrelsen på den delen av grunnvannsmagasinet som påvirkes av prøvepumpingen (influensområde) og størrelsen på klausulerinssonene og da spesielt sone 1 som representerer grensen for 60 døgn oppholdstid.

6 VANNPRØVETAKING

Under grunnvannsundersøkelser er det aktuelt å ta vannprøver fra:

- undersøkelsesbrønner i løsmasser
- borede fjellbrønner
- kildeutslag
- prøvepumpingsbrønner
- nærliggende produksjonsbrønner
- nærliggende overflatevann som kan infiltrere i grunnvannsmagasinet

Prøvetakingen av grunnvann fra undersøkelsesbrønner blir tatt etter min. 15 min. pumping og fra borede fjellbrønner etter min. 1 times pumping. Vannprøver fra eksisterende produksjonsbrønner tas så nær inntaket som mulig.

Hver vannprøve omfatter en 500 ml ufiltrert prøve til analyse av pH, elektrisk ledningsevne, alkalitet, turbiditet og fargetall, en filtrert (0.45 µm papirfilter) 100 ml prøve til anionanalyser og en 100 ml filtrert og surgjort prøve (tilsatt 0.5 ml ultraren 65 % salpetersyre) til kationanalyser. Vannprøvene blir lagret i kjølerom/kjøleskap før analyse på NGU's laboratorium.

7 FELTANALYSER

Feltanalyser blir gjort for å få en foreløpig vurdering av grunnvannskvaliteten, og av parametre som må/bør analyseres i felt. Aktuelle kationer og anioner (Fe, Mn, NO₃), CO₂-innhold og O₂-innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordelen med feltanalysene er at de gir raske indikasjoner på grunnvannskvaliteten. Dette kan ha stor betydning for feltundersøkelsene i og med at

foreløpige resultater av grunnvannskvalitet gir grunnlag for omprioriteringer av boringer/lokalteter og grunnlag for lokalisering og filterplasseringen av testbrønner. Forundersøkelser og nedsetting av testbrønner kan dermed gjøres i samme tidsrom.

8 LABORATORIEUNDERSØKELSER

I forbindelse med grunnvannsundersøkelser blir det ved NGU's laboratorium utført kornfordelingsanalyser av masseprøver og fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøver. Kornfordelingen er bestemt ved tørrsikting av materiale større enn 0.063 mm med bruk av følgende siktesats: 0.0625 mm, 0.125 mm, 0.25 mm, 0.5 mm, 1.0 mm, 2.0 mm, 4.0 mm, 8.0 mm og 16 mm. Hvis mer enn 10 % av prøven er mindre enn 0.0625 mm blir det kjørt sedigrafanalyse på oppslemmet materiale av denne prøvedelen.

Som standard analyseres følgende fysikalsk-kjemiske parametre:

- ledningsevne
- turbiditet
- pH
- 30 kationer
- alkalitet
- 7 anioner
- fargetall

Bestemmelse av ledningsevne blir gjort etter Norsk Standard (NS) 4721 og måleinstrumentet er et Radiometer CDM 83 Conductivity meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.004 mS/m og en målenøyaktighet på $\pm 2\%$ for verdier over 0.2 mS/m, ± 0.004 mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og ± 0.003 mS/m i måleområdet < 0.004 mS/m.

pH-verdien blir bestemt etter NS 4720 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH meter med en analyseusikkerhet på ± 0.05 pH.

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754 og måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på $\pm 2.5\%$ for verdier over 2.0 mmol/l, ± 0.004 mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og ± 0.03 mmol/l i måleområdet 0.03-0.2 mmol/l.

Fargetallet bestemmes etter NS 4787 og instrumenttypen er et SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer med en nedre bestemmelsesgrense på 1.4 og en analyseusikkerhet på $\pm 7.5\%$.

Bestemmelse av turbiditet blir gjort etter NS 4723 og måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 FTU og en analyseusikkerhet på ± 0.04 FTU i måleområde 0.05-1.0, ± 0.4 FTU i måleområde 1.0-10, ± 4 FTU i område 10-100 og ± 40 FTU i område 100-1000 FTU.

Standardanalyse av 30 forskjellige elementer bestemmes ved ICP og bruk av måleinstrumentet Thermo Jarrell Ash ICP 61. Nedre bestemmelsesgrenser og analyseusikkerhet går fram av tabell 2.

I tillegg kan tungmetaller som Pb, Cd, Hg, As, Se og Sb bestemmes ved bruk av atomadsorpsjon og med en målenøyaktighet som tilfredsstillende de krav som stilles i Forskriftene om vannforsyning og drikkevann m.m. (Sosial- og Helsedepartementet, 1995).

Tabell 2: Nedre bestemmelsesgrense og analyseusikkerhet for analyserte kationer.

Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet	Element	Nedre bestemmelsesgrense	Analyseusikkerhet
Si	20 ppb	10 %	V	5 ppb	
Al	20 ppb	10 %	Mo	10 ppb	10 %
Fe	10 ppb		Cd	5 ppb	20 %
Ti	5 ppb		Cr	10 ppb	
Mg	50 ppb		Ba	2 ppb	
Ca	20 ppb		Sr	1 ppm	
Na	50 ppb	10 %	Zr	5 ppb	10 %
K	500 ppb	20 %	Ag	10 ppb	10 %
Mn	1 ppb		B	10 ppb	10 %
P	100 ppb		Be	1 ppb	
Cu	5 ppb		Li	5 ppb	20 %
Zn	2 ppb		Sc	1 ppb	
Pb	50 ppb	20 %	Ce	50 ppb	20 %
Ni	20 ppb		La	10 ppb	10 %
Co	10 ppb		Y	1 ppb	

Sju forskjellige anioner bestemmes ved en IC-analyse der instrumenttypen er en Dionex ionekromatograf 2120i. Nedre bestemmelsesgrense går fram av følgende tabell:

Tabell 3: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner

ION	F ⁻	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	Br ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻
Nedre bestemmelsesgrense - mg/l	0.05	0.1	0.05	0.10	0.05	0.2	0.1

Analyseusikkerheten er 10 % rel. for alle ionene.

Kvaliteten av analysene er kontrollert ved beregning av ionebalansen ($\Sigma\text{kationer} = \Sigma\text{anioner}$)
Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

$$(\Sigma\text{kationer} - \Sigma\text{anioner}) / (\Sigma\text{kationer} + \Sigma\text{anioner}) \times 100 \%$$

Avhengig av totalkonsentrasjonen kan ionebalanseavviket si om totalkvaliteten i analysen er tilfredsstillende. Ionebalanseavviket bør være mindre enn følgende verdier for at totalkvaliteten er akseptabel:

$\Sigma\text{Anioner} + \Sigma\text{kationer}$ [mekv/l]	20	7	0.9
Ionebalanseavvik [%]	2	3	12

Sammenligning av totalt ioneinnhold og målt elektrisk ledningsevne gir også muligheter for å kontrollere analyseresultatene.

NGU, faggruppe for laboratorier er akkreditert for alle de nevnte analysene (akkrediteringsdokument P020), og en nærmere beskrivelse av kvalitetssikring, produksjonsrutiner og måleutstyr er gitt i NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-lab.

LITTERATUR

Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

Bjerkli, K., 1994: NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-LAB. Norges geologiske undersøkelse.

GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. Norges geologiske undersøkelse Miljøverndepartementet.

GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. Norges geologiske undersøkelse Miljøverndepartementet.

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Uppnose (område 4, Tundre), Skjåk kommune

UTFØRT DATO: 15.08.97

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x

UNDERSØKELSESRØNN: x

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1518 IV **SONE:** 32V
Pollfoss

Ø-V: 0450075 **N-S:** 6864755

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,53 m

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stien, sand		DS		Borte				
	Stein, sand	1,10	S		"				
3,5	Stein, grus, sand	2,20	S		Lysbrunt				
	Stein, grus, sand	3,10	S		Borte				
5,5	Stein, grus, sand	3,05	S		"	10	15	0,25-0,4	Mye sand. Mp + Vp
	Stein, sand	2,50	S	0-5	"				
7,5	Blokker	10,00							
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Uppnose (område 4, Tundre), Skjåk kommune

UTFØRT DATO: 15.08.97

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x

UNDERSØKELSESRØNN: x

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1518 IV **SONE:** 32V **Ø-V:** 0449994 **N-S:** 6864744
Pollfoss

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 2,45 m

MERKNAD: 8 m rør står igjen som peilerør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stein, sand		S		Lys grått				
3,5	Stein, sand	1,35	S		Borte				
	Stein, sand, noe grus	2,05	S		"				
5,5	Stein, sand, noe grus	2,45	S	0-6	Lys brunt				
	Stein, sand, noe grus	8,00	S		Borte	9,5	15	1,7	Mp + Vp
7,5	Stein, sand, noe grus	3,00	S	0-5	"				
	Stein, sand, noe grus	1,35	S	0-10	"	9,1	15	0,4	Mp + Vp god vanngjennomgang, muligheter for større vannmengder
9,5	Grusig, sand	2,00	S		"				
	Grusig sand, blokk	8,15	S	0-8	"				
	Blokk fra 10 meter	15,00	S		"				Full stopp
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Uppnose (område 2), Skjåk kommune

UTFØRT DATO: 16.08.97

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1518 IV **SONE:** 32V **Ø-V:** 0450679 **N-S:** 6865104
Pollfoss

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stein, grus, sand		S		Borte				
	Stein, grus, sand	1,40	S		"				
3,5	Stein, grus, sand	2,10	S	0-8	"				
	Stein, grus, sand	3,00	S	0-8	"				
5,5									
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Uppnose, Skjåk kommune

UTFØRT DATO: 16.08.97

BORPUNKT NR: 4

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1518 IV **SONE:** 32V **Ø-V:** 0450639 **N-S:** 6865090
Pollfoss

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stein, grus, sand		S		Borte				
	Stein, grus, sand	1,30	S		"				
3,5	Stein, grus, sand	1,30	S		"				
	Stein, grus, sand	1,30	S		"				
5,5	Stopp ved 5 meter								
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Uppnose (område 1, Tundre), Skjåk kommune

UTFØRT DATO: 17.08.97

BORPUNKT NR: 5a

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x

UNDERSØKELSESRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1518 IV **SONE:** 32V
Pollfoss

Ø-V: 0449780 **N-S:** 6864700

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stien, sand, grus		DS		Borte				
	Stein, sand, grus	1,30	"		Grått				
3,5	Stein, sand	5,55	S		Borte				
	Stein, sand	1,20	S		Lysbrunt				
5,5	Blokk fra 4,5 meter	15,00	S		"				
7,5									
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Uppnose (område 1 Tundre), Skjåk kommune

UTFØRT DATO: 17.08.97

BORPUNKT NR: 5b

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x

UNDERSØKELSESRØNN: x

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1518 IV **SONE:** 32V **Ø-V:** 0449780 **N-S:** 6864700
Pollfoss

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 1,30 m

MERKNAD: flyttet 2 meter unna punkt 5a. 6 meter rør står igjen som peilerør

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Sand, stein		S		Borte				
3,5	Sand, stein	1,40	S		Lysbrunt				
	Sand, stein	1,30	S		"	5,4		1,5	Mp + Vp
5,5	Sand, stein	1,20	S		"				
	Sand, stein	1,45	S		"	6,5		0,75	Mp
7,5	Sand, stein	1,45	S		"	4,9		1,0	Mp + Vp
	Blokk fra 7,0 meter	15,35	S	0-5	"				
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Uppnose (område 1, Tundre), Skjåk kommune

UTFØRT DATO: 17.08.97

BORPUNKT NR: 6

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x

UNDERSØKELSESRØNN: x

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1518 IV **SONE:** 32V **Ø-V:** 0449850 **N-S:** 6864600
Pollfoss

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET:

BRØNN-/FILTERTYPE: 32 mm rør med 1 m filter og 2-4 mm slisseåpning

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 5,88 m

MERKNAD: For langt ned til grunnvannsspeilet til å få opp noe vann ved prøvepumping. God vanngjennomgang

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,5	Stein, sand, grus		DS		Borte				
	Stein, sand, grus	0,50	S		"				
3,5	Stein, sand, grus	1,55	S		"				
	Stein, sand, grus, blokk	3,55	S	0-5	"				
5,5	Stein, sand, grus, blokk	6,55	S	0-5	"				Prøvepumpet
	Stein, sand, grus								Prøvepumpet
7,5	Blokk fra 6,5 m								
9,5									
11,5									
13,5									
15,5									
17,5									
19,5									
21,5									
23,5									
25,5									
27,5									
29,5									

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

L: Ledningsevne [μ S/cm]

VANNANALYSER

FYLKE: Oppland

KART (M711): 1518 IV Pollfoss

KOMMUNE: Skjåk

PRØVESTED: Uppnose

OPPDRAKSNUMMER: 1997.0210

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	1 (Omr. 4)	2 (Omr. 4)	2 (Omr. 4)	5 (Omr. 1)	5 (Omr. 1)	Åstre (v/brønn 5)								
Dato	15.08.97	15.08.97	15.08.97	17.08.97	17.08.97	17.08.97								
Brønntype	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Prøvebrønn	Elvevann								
Prøvedyp m	4,5-5,5	4,5-5,5	6,5-7,5	2,5-3,5	5,5-6,5									
Brønndimensjon mm	32 mm	32 mm	32 mm	32 mm	32 mm									
X-koordinat Sone: 32 V	0540075	0449994	0449994	0449780	0449780									
Y-koordinat Sone: 32 V	6864755	6864744	6864744	6864700	6864700									
Fysisk/kjemisk							Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon						
Surhetsgrad, felt/lab pH	6,24	6,42	6,40	6,42	6,48	6,42	6,32	6,01	6,38	6,10	6,30	7,5-8,5	6,5-8,5 ²	
Ledningsevne, felt/lab μ S/cm		14,0	14,8	14,5	24,9	23,2	41,8	40,4	52	49,3	5,5	5,7	< 400	
Temperatur $^{\circ}$ C	9,9	9,5	9,1	5,4	4,9	13,2	< 12	25						
Alkalitet mmol/l	0,09	0,08	0,12	0,20	0,22	<0,04	0,6-1,0 ²							
Fargetall mg Pt/l	11,8	5,7	<1,4	17,0	5,6	2,8	< 1	20						
Turbiditet F.T.U	26	46	57	26	15	0,79	< 0,4	4						
Oppløst oksygen mg O ₂ /l							> ca 9							
Fritt karbondioksid mg CO ₂ /l							< 5 ²							
Redoks.potensial, E _h mV														
Anioner														
Fluorid mg F/l	0,088	0,093	0,077	0,129	0,124	<0,05							1,5	
Klorid mg Cl/l	0,372	0,434	0,811	1,31	1,95	0,366	< 25							
Nitritt mg NO ₂ /l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05							0,16	
Brom mg Br/l	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1								
Nitrat mg NO ₃ /l	0,320	0,340	0,533	0,715	1,11	0,205							44	
Fosfat mg PO ₄ /l	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2								
Sulfat mg SO ₄ /l	1,21	1,34	2,6	4,95	6,43	0,759	< 25	100						
Sum anioner+alkalitet meq/l	0,14	0,14	0,22	0,37	0,44	0,08								
Kationer														
Silisium mg Si/l	0,945	0,984	1,41	2,70	3,03	0,173								
Aluminium mg Al/l	0,116	0,123	0,037	0,100	0,069	<0,02	< 0,05	0,2						
Jern mg Fe/l	0,177	0,075	0,322	0,063	0,066	<0,01	< 0,05	0,2						
Magnesium mg Mg/l	0,154	0,177	0,241	0,512	0,635	<0,05		20						
Kalsium mg Ca/l	0,15	0,28	2,02	3,77	4,86	0,498	15-25 ²							
Natrium mg Na/l	0,830	0,838	1,41	2,20	2,38	0,229	< 20	150						
Kalium mg K/l	0,876	1,02	0,901	1,96	1,78	<0,5	< 10	12						
Mangan mg Mn/l	0,012	0,008	0,034	0,006	0,007	<0,001	< 0,02	0,05						
Kobber mg Cu/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	< 0,1	0,3						
Sink mg Zn/l	0,007	0,004	0,009	0,005	0,005	0,003	< 0,1	0,3						
Bly mg Pb/l	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05		0,02						
Nikkel mg Ni/l	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02		0,05						
Kadmium mg Cd/l	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005		0,005						
Krom mg Cr/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,05						
Sølv mg Ag/l	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,01						
Sum kationer ³ meq/l	0,08	0,09	0,21	0,38	0,44	0,05								
Ionebalanseavvik ⁴ %	-27	-22	-2	1	0	-23								

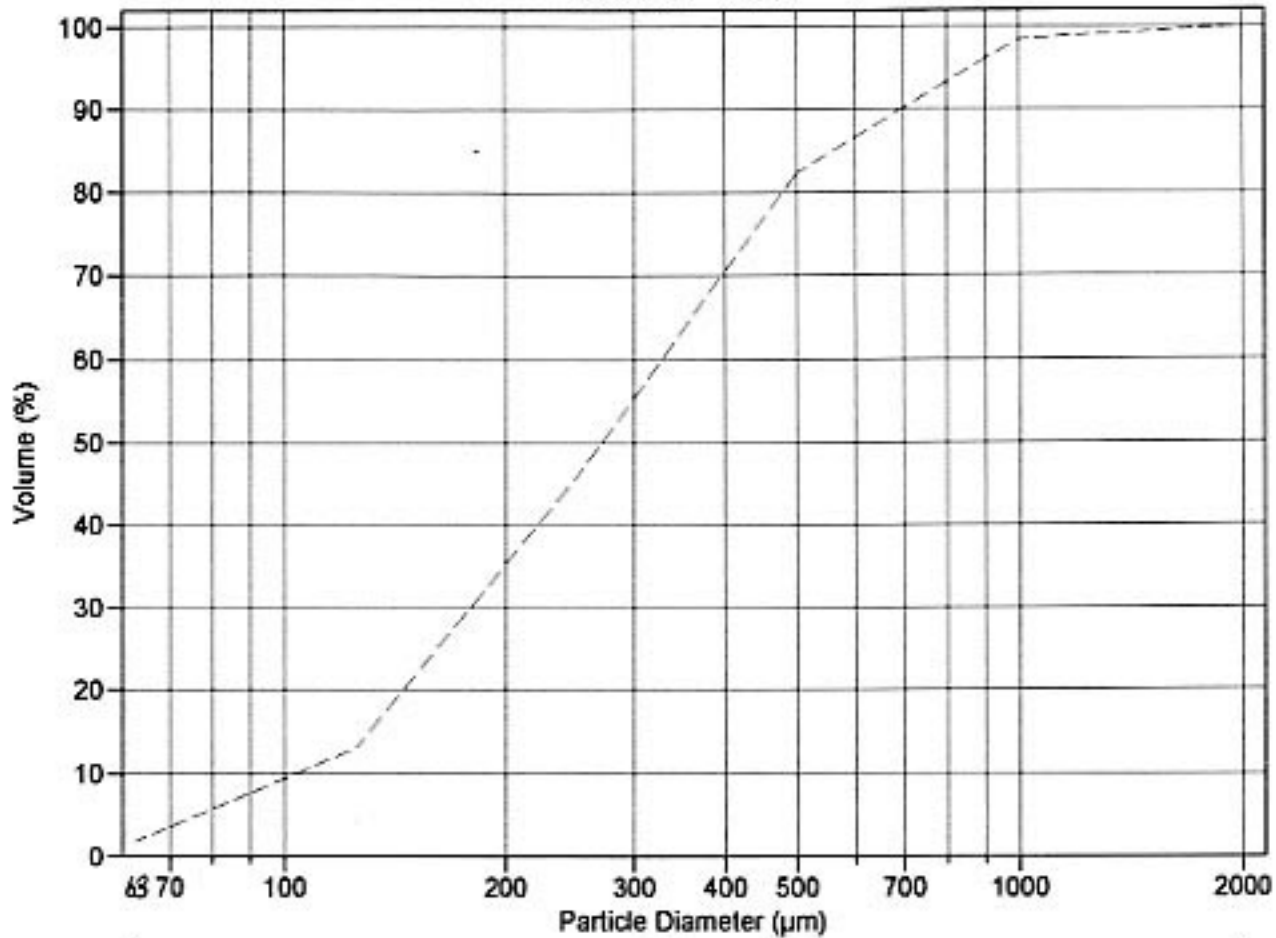
¹ Det Kgl. Sosial- og helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m (1995).

² Vannet bør ikke være aggressivt.

³ Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

⁴ Ionebalanseavvik = Σ kationer - Σ anioner / (Σ kationer + Σ anioner) * 100%

Prøve nr. 1 Bh 1



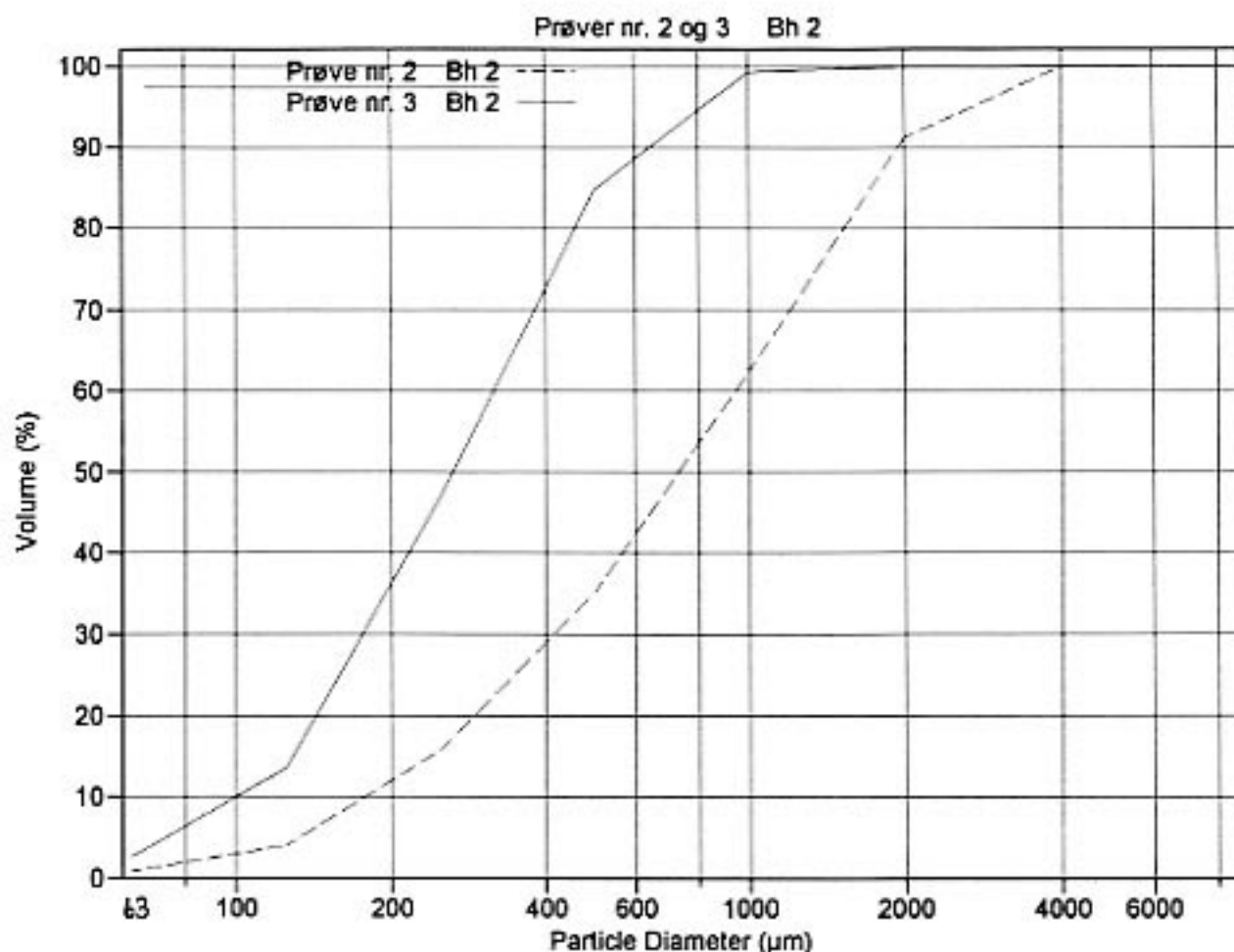
1.501

Volume %	Particle Diameter µm <
10.00	117.4
25.00	176.0
40.00	232.3
50.00	285.3
60.00	352.2
75.00	452.5
90.00	740.5

UTM sone X Y Dyp (m)
32 V 0450075 6864755 4,5-5,5

1.501

Channel Diameter (Lower) µm	Cum. < Volume %
63.00	1.87
125.0	13.1
250.0	45.8
500.0	82.4
1000	98.6
2000	100



|

SAND

|

GRUS

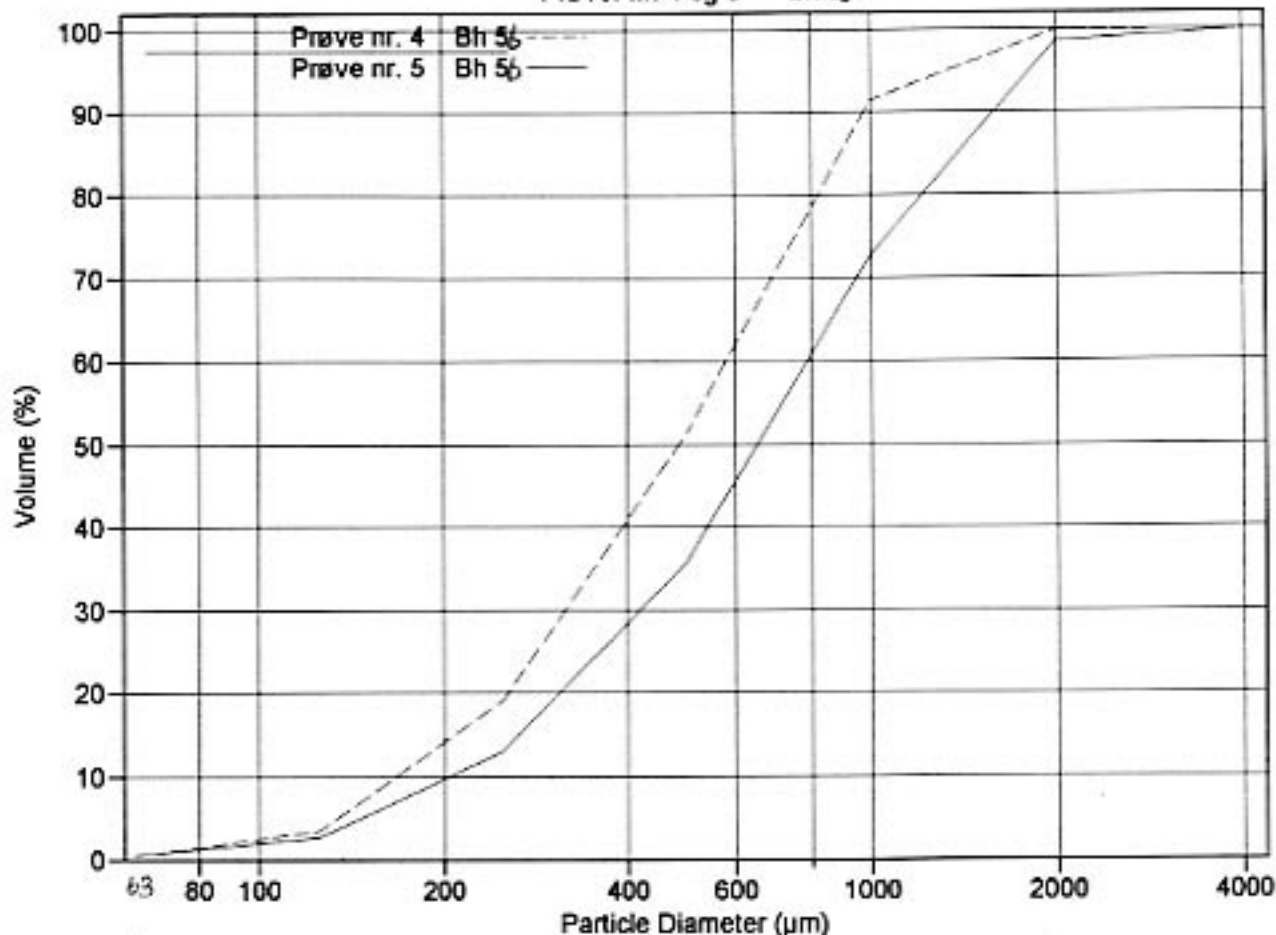
Volume %	2.501 Particle Diameter µm <	3.501 Particle Diameter µm <
10.00	196.1	118.1
25.00	375.2	174.9
40.00	594.7	229.3
50.00	777.1	277.9
60.00	959.5	342.7
75.00	1442	439.9
90.00	1962	690.4

UTM sone X Y
 32 V 0449994 6864744

Prøve nr. Dyp (m)
 2 4,5-5,5
 3 6,5-7,5

Channel Diameter (Lower) µm	2.501 Cum. < Volume %	3.501 Cum. < Volume %
63.00	0.80	2.58
125.0	3.97	13.5
250.0	15.8	47.1
500.0	35.3	84.7
1000	62.5	99.3
2000	91.2	99.9
4000	99.9	100.0
8000	100	100

Prøver nr. 4 og 5 Bh 5b



|

SAND

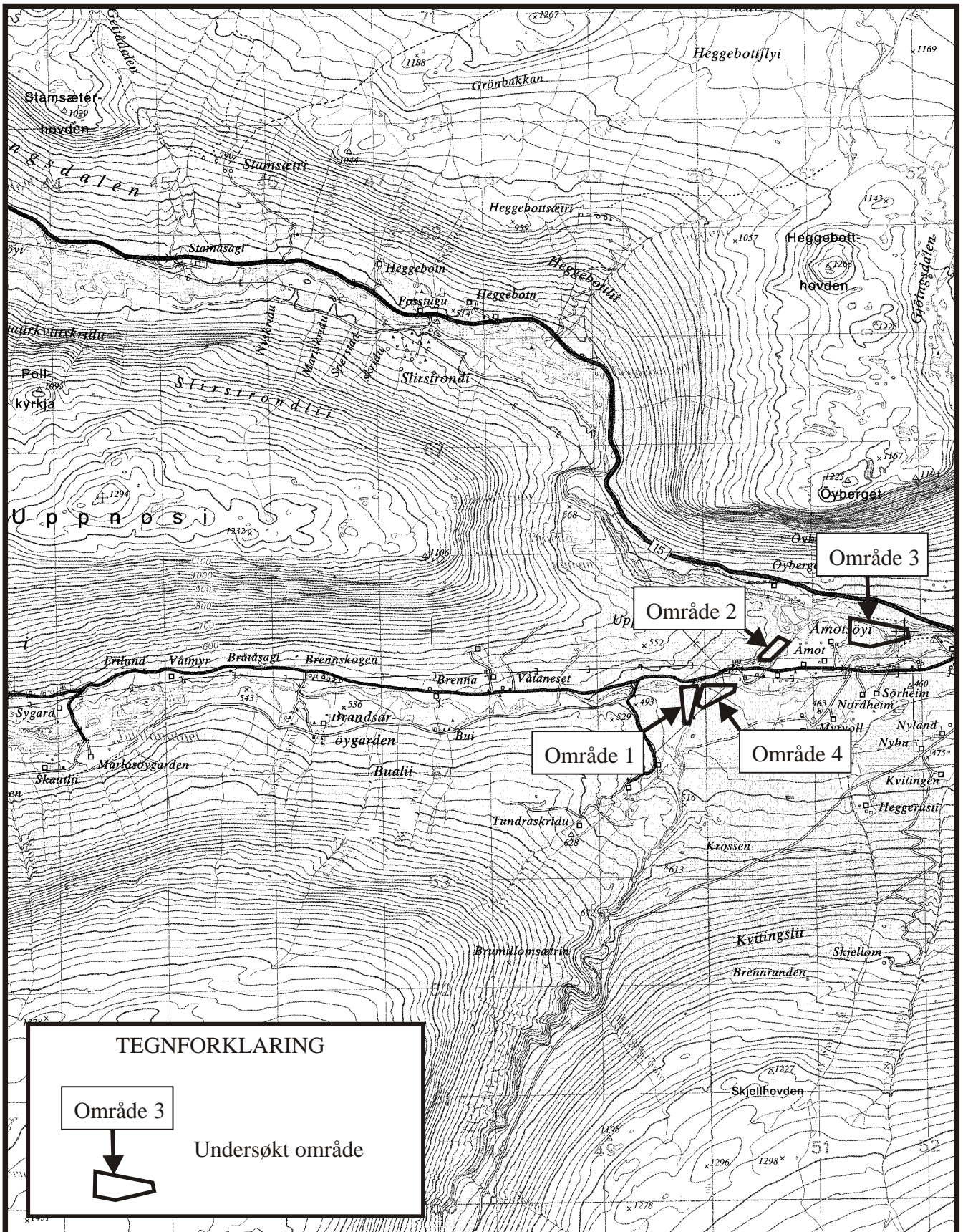
| GRUS

Volume %	4.\$01 Particle Diameter µm <	5.\$01 Particle Diameter µm <
10.00	179.6	218.3
25.00	297.5	385.0
40.00	413.5	560.4
50.00	490.8	694.9
60.00	609.5	829.5
75.00	796.0	1090
90.00	982.5	1668

UTM sone X Y
32 V 0449780 6864700

Prøve nr. Dyp (m)
4 4,5-5,5
5 5,5-6,5

Channel Diameter (Lower) µm	4.\$01 Cum. < Volume %	5.\$01 Cum. < Volume %
63.00	0.41	0.52
125.0	3.53	2.70
250.0	19.2	13.1
500.0	51.4	35.8
1000	91.4	72.8
2000	99.9	98.6
4000	100	100



TEGNFORKLARING

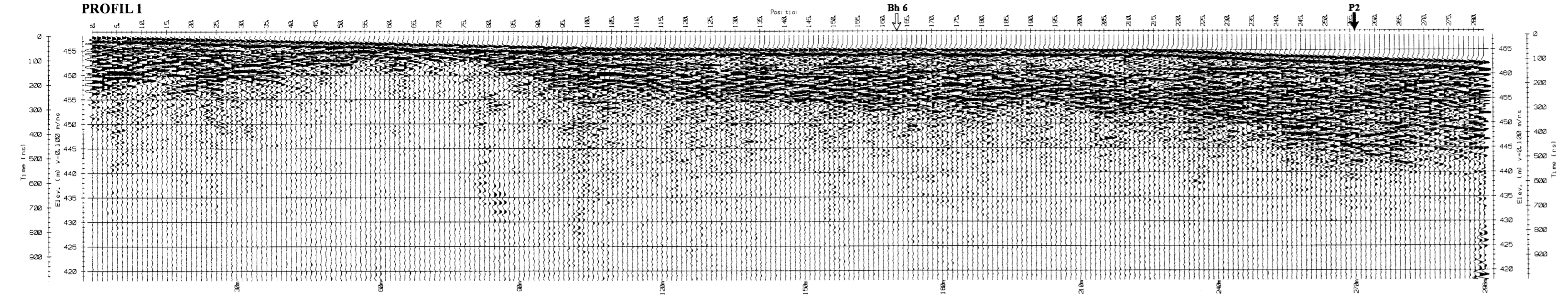
Område 3

↓

Undersøkt område

NGU/SJÅK KOMMUNE Oversiktskart over undersøkte områder <h2 style="text-align: center;">UPPNOSE</h2> SJÅK KOMMUNE, OPPLAND	MÅLESTOKK	MÅLT T.L.	August 1997
	1 : 50000	TEGN T.L.	Januar 1998
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 98.022-01	KARTBLAD NR 1518 I	

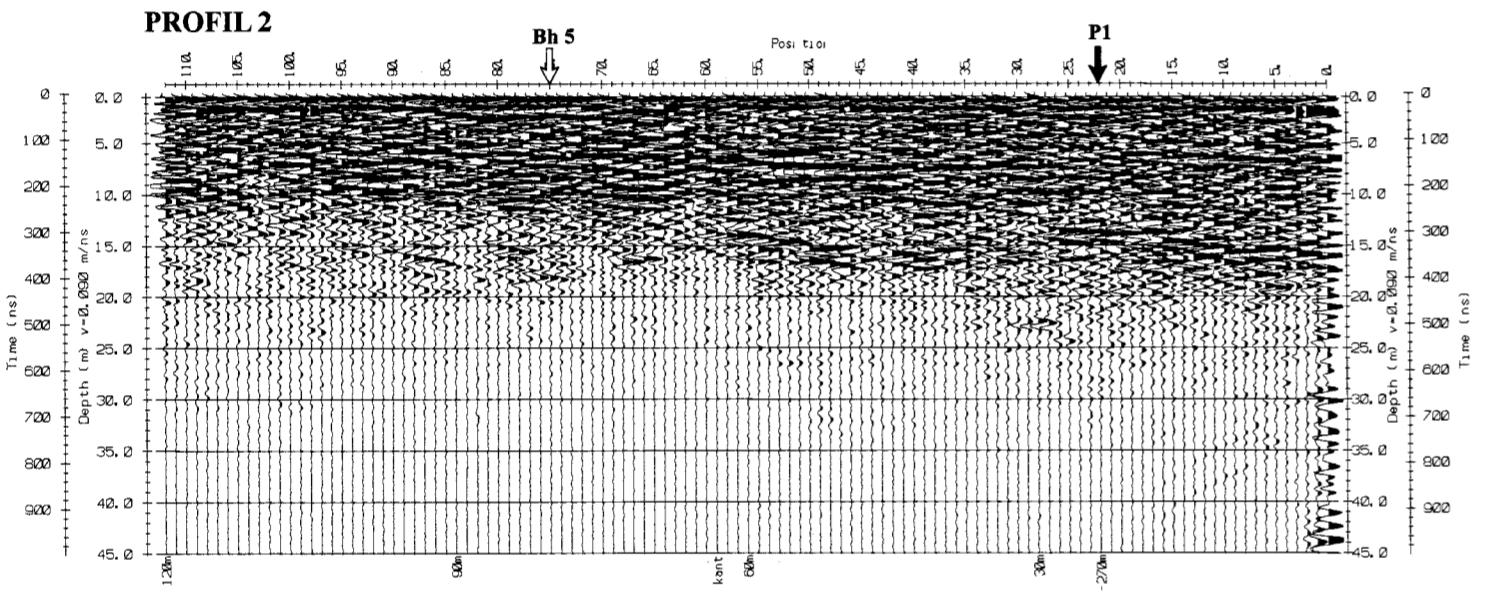
PROFIL 1



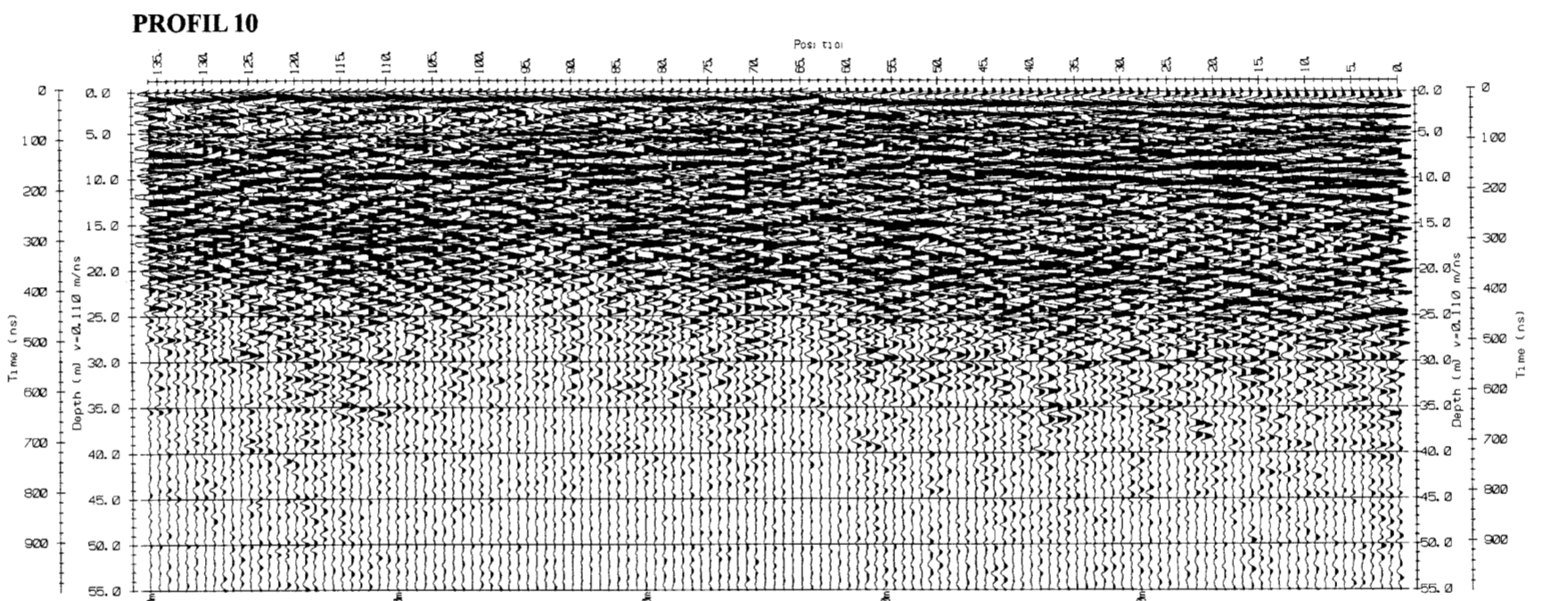
TEGNFORKLARING (Opptak)

- P1 ↓ Kryssende georadarprofil
- Bh 5 ↓ Borhull

PROFIL 2



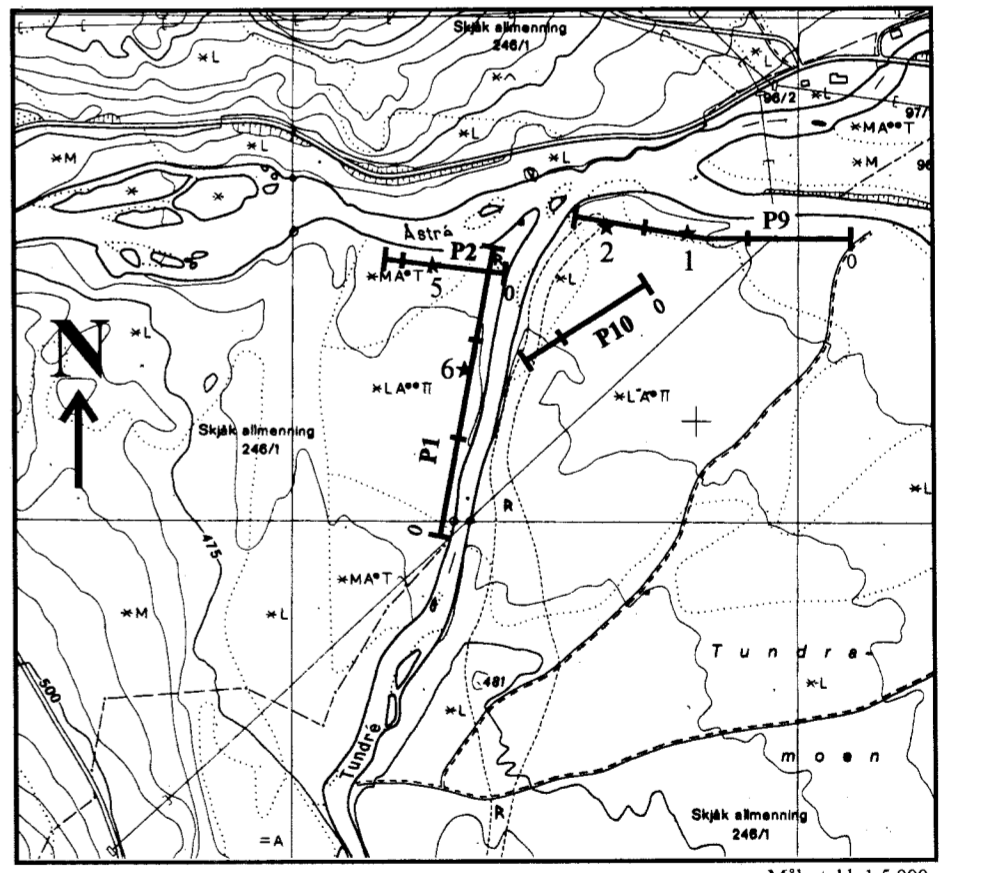
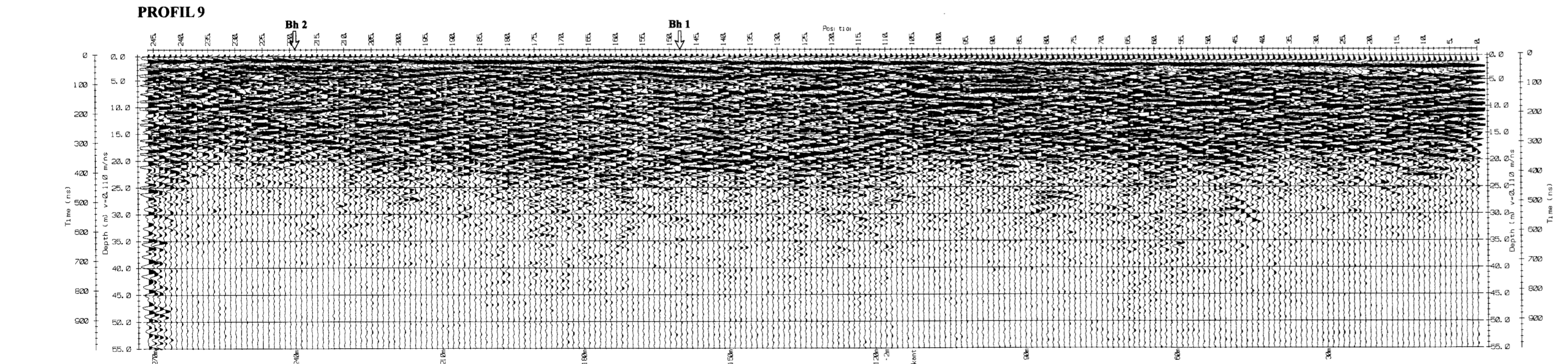
PROFIL 10



TEGNFORKLARING (Kart)

- P2 Georadarprofil m/startposisjon og markering for hver 100 m.
- Sonderboring
- ★ Sonderboring og testpumping

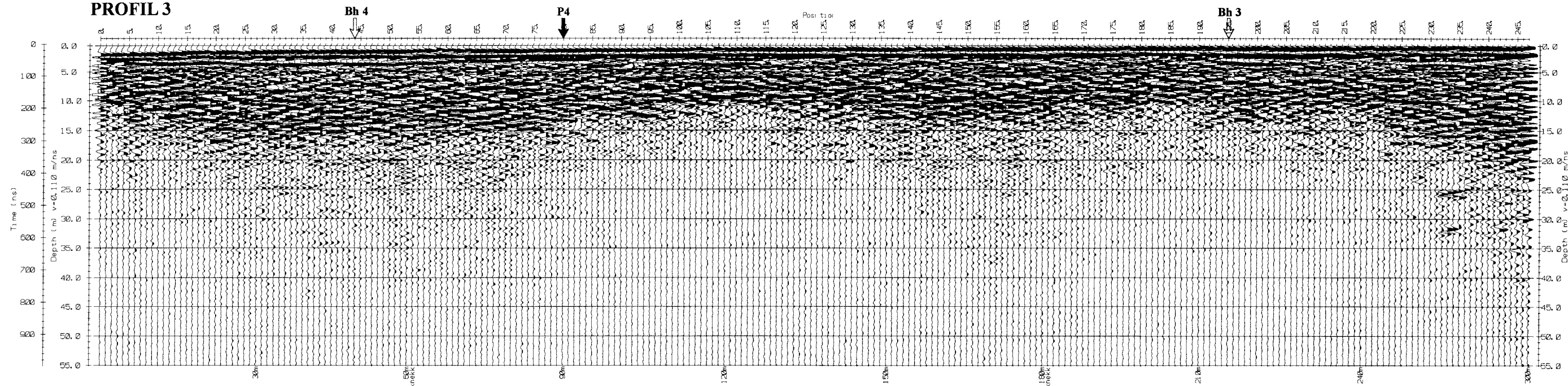
PROFIL 9



Målestokk 1:5 000

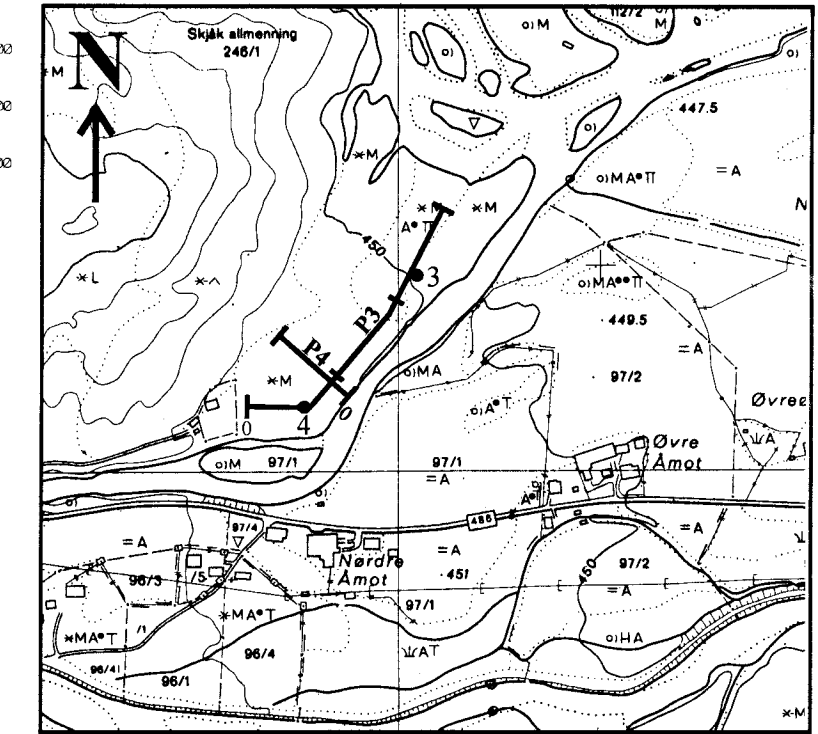
NGU/SJÅK KOMMUNE GEORADAROPPTAK OG BORPLASSERINGER TUNDRAMOEN, Områdene 1 og 4 SJÅK KOMMUNE, OPPLAND	MÅLESTOKK	MÅLT TL.	August 1997
	1:5000 (Kart)	TEGN TL.	Januar 1998
		TRAC	
	KFR		
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 98.022-03	KARTBLAD NR BL 091-5-1	

PROFIL 3

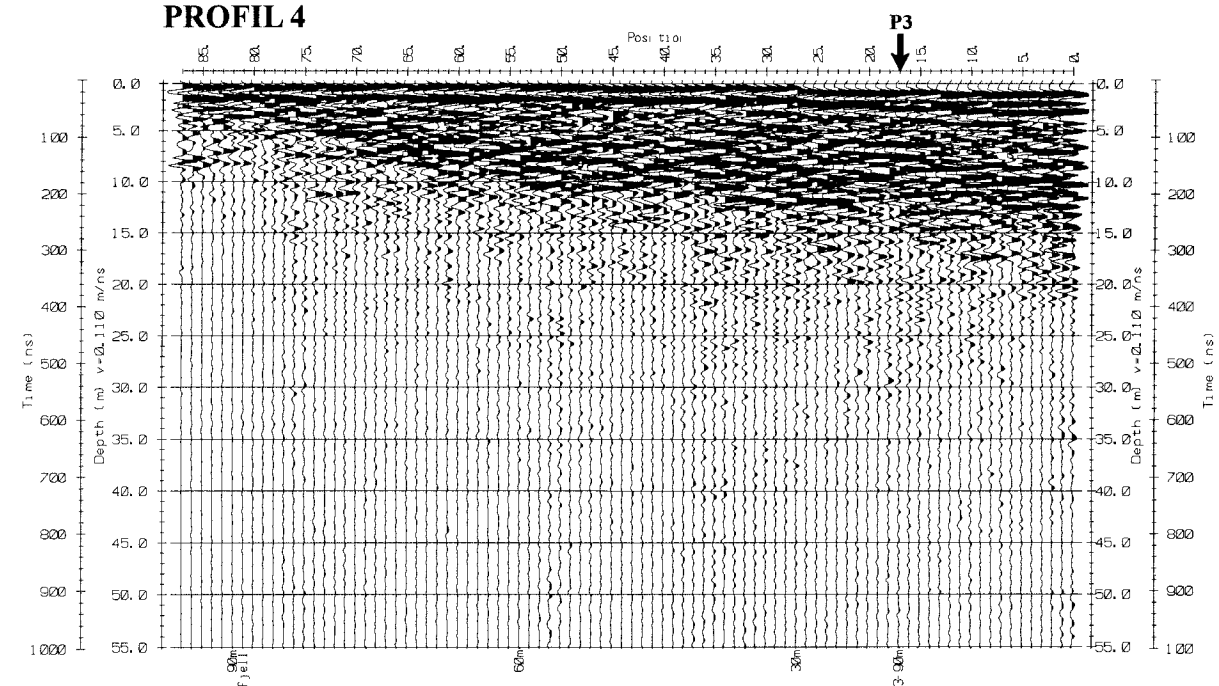


TEGNFORKLARING (Kart)

- P4 Georadarprofil m/startpunkt og markering for hver 100 m.
- 3 Sonderboring



PROFIL 4

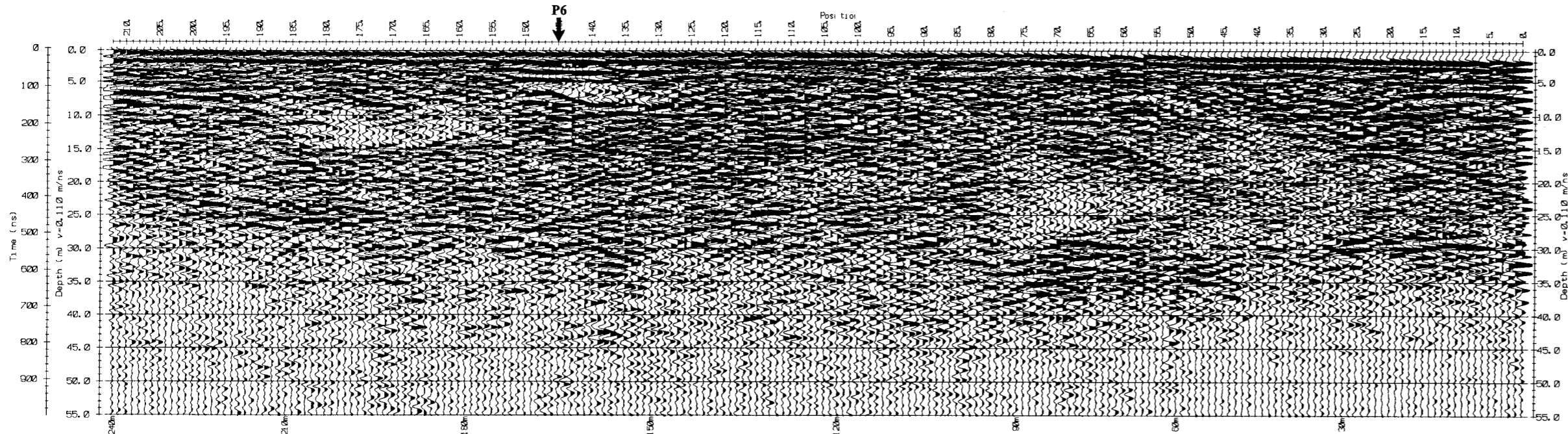


TEGNFORKLARING (Opptak)

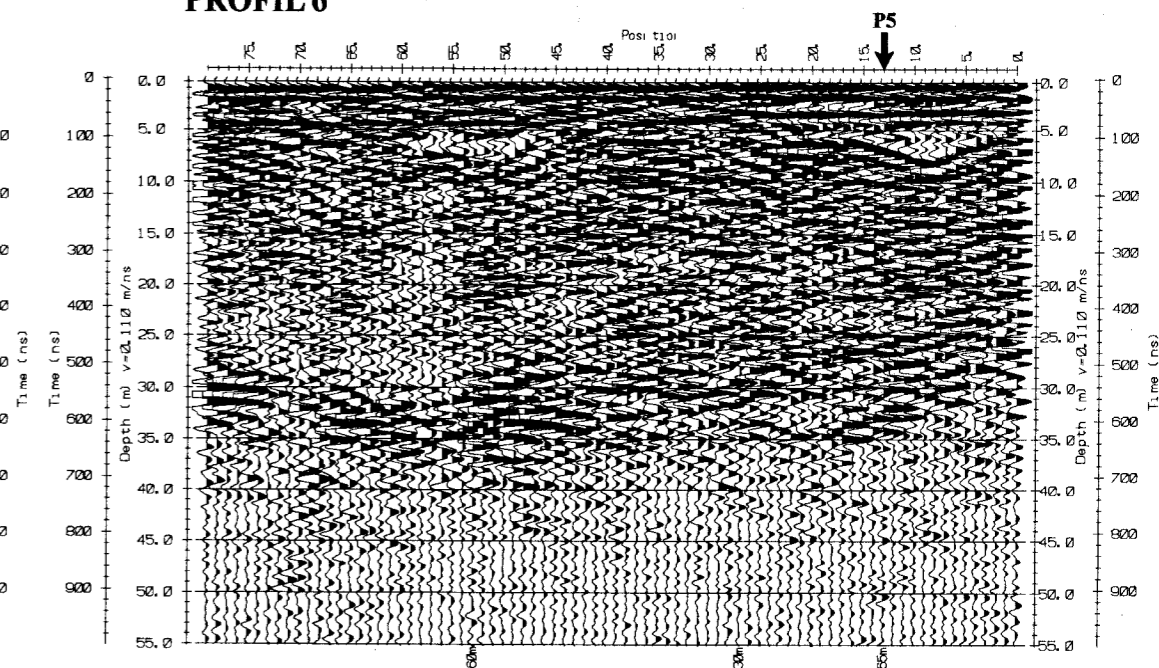
- P4 Kryssende georadarprofil
- Bh 3 Borhull

NGU/SJÅK KOMMUNE GEORADAROPPTAK OG BORPLASSERINGER Vest for ÅMOTSØYE, Område 2 SJÅK KOMMUNE, OPPLAND	MÅLESTOKK 1:5000	MÅLT T.L. August 1997
		TEGN T.L. Januar 1998
	TRAC	
	KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 98.022-04	KARTBLAD NR BL 091-5-1

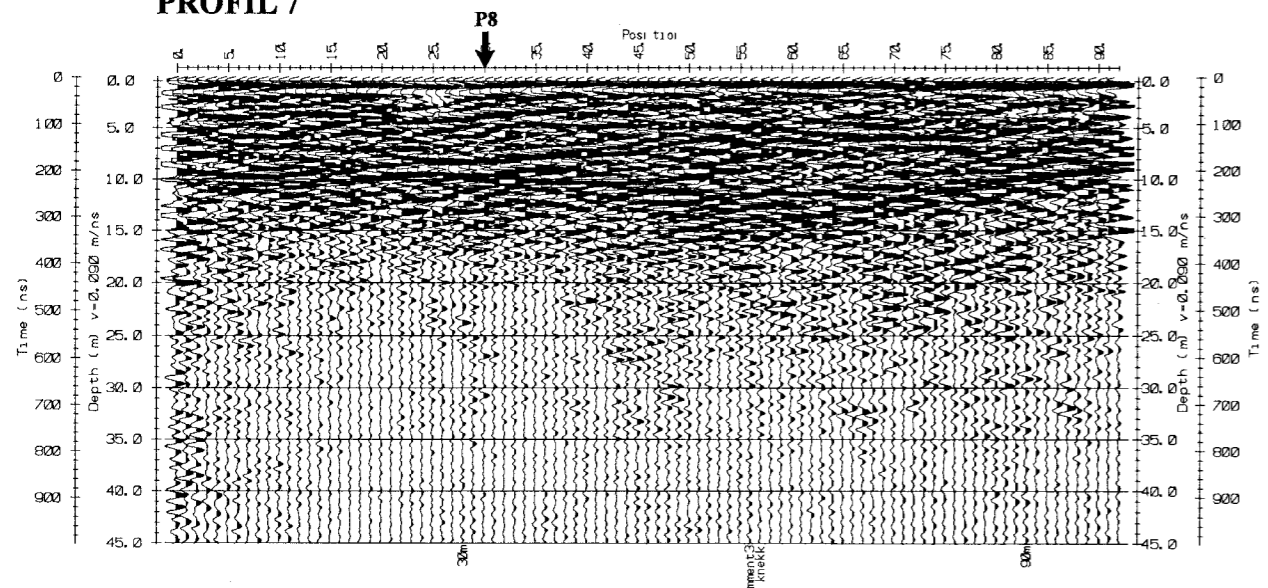
PROFIL 5



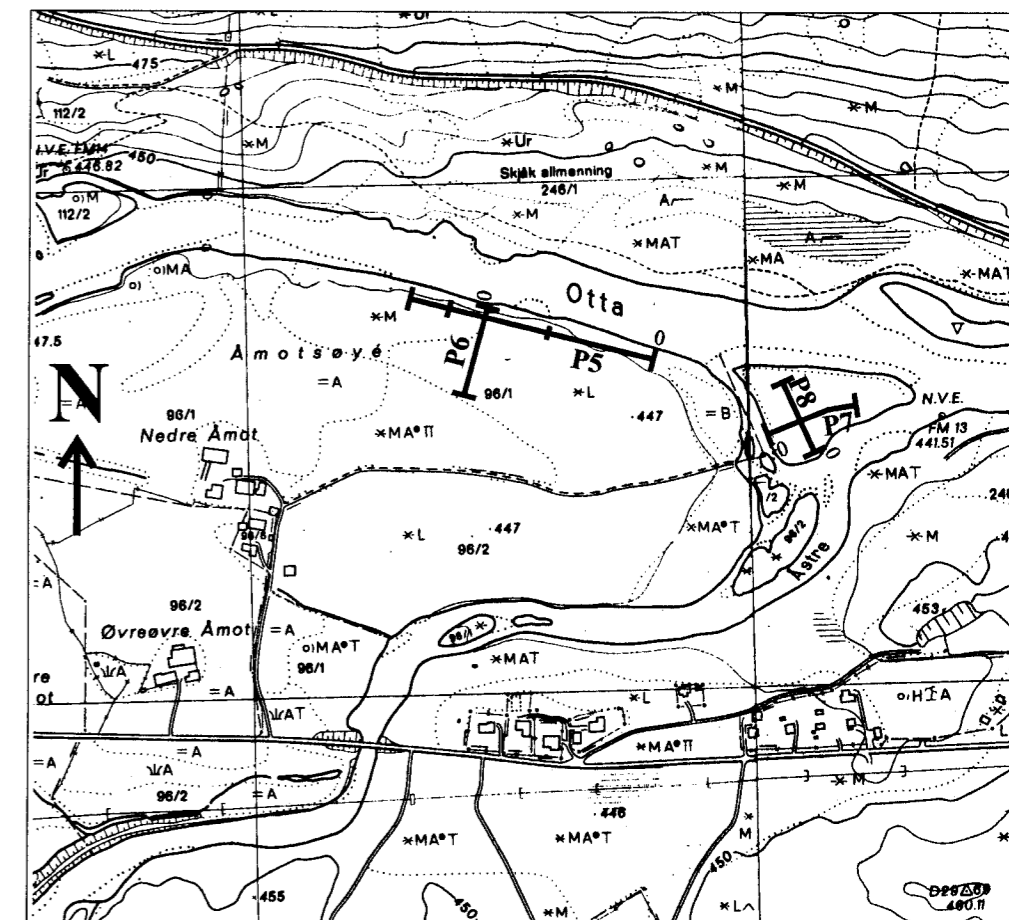
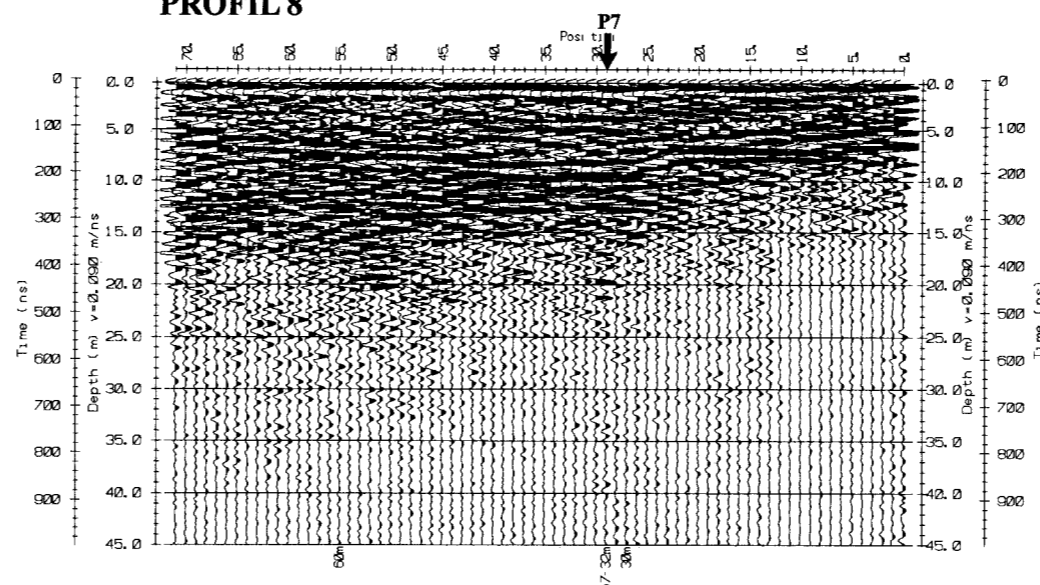
PROFIL 6



PROFIL 7



PROFIL 8



NGU/SJÅK KOMMUNE GEORADAROPPTAK ÅMOTSØYE, Område 3 SJÅK KOMMUNE, OPPLAND	MÅLESTOKK	MÅLT T.L.	August 1997
	1:5000 (Kart)	TEGN T.L.	Januar 1998
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR	KARTBLAD NR	
	98.022-05	BL 091-5-1	