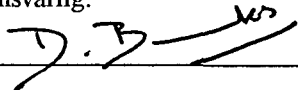


NGU Rapport 97.010

Videre grunnvannsundersøkelser ved
Hoklingen i Levanger kommune.

Rapport nr.: 97.010		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Videre grunnvannsundersøkelser ved Hoklingen i Levanger kommune.				
Forfatter: Sylvi Gaut, Janusz Koziel		Oppdragsgiver: Levanger kommune		
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Levanger		
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1622 II Frosta		
Forekomstens navn og koordinater: Hoklingen		Sidetall: 31	Pris: 50,-	
Feltarbeid utført: desember 1996		Rapportdato: 27.02.97	Prosjektnr.: 2509.60	Ansvarlig: 
Sammendrag: Som en videreføring av GiN-prosjektet i Nord-Trøndelag fylke ble det i 1993 foretatt oppfølgende grunnvannsundersøkelser i Levanger kommune. Undersøkelsene viste at israndavsetningen mellom Hoklingen og Movatnet kunne være aktuell som framtidig vannkilde til Levanger vannverk som har et vannbehov på 150 l/s. NGU utførte etter ønske fra Levanger kommune ytterligere undersøkelser langs Hoklingen senhøstes 1996. Undersøkelsene bestod av målinger med georadar og sonderboringer med enkle testpumper for kapasitetsvurderinger og vannprøvetaking. Sonderboringene viser at israndavsetningen har stor mektighet, minst 40 m i borehullene 1/96 og 3/96. Massene består av sand og grus med tildels høyt finstoffinnhold. Testpumpingene i borehull 1/96 viser en lav kapasitet (0,2-0,4 l/s) som varierer med dypet. Generelt har grunnvannet fra borehull 1/96 god kvalitet. Vannet har gunstig pH-verdi, men noe høy alkalitet. Innholdet av kalsium og sulfat er relativt høyt. Sonderboringene og prøvepumpingene avgrensar et framtidig brønnområde til å omfatte området mellom borehullene 2/93 og 3/96, men massene er best egnet for grunnvannsuttag lengst mot sør. Det er derimot usikkert om man kan oppnå et samlet uttak på 150 l/s. For å kunne gi sikrere vurderinger av kapasitet og vannkvalitet vil vi i første omgang anbefale å sette ned en fullskala brønn for langtids prøvepumping.				
Emneord: Hydrogeologi		Grunnvannsforsyning		Sonderboring
Prøvepumping		Grunnvannskvalitet		Grunnvannskilde
		Georadar		Fagrapport

INNHOOLD

1 INNLEDNING.....	4
2 METODIKK.....	4
2.1 Georadar.....	4
2.2 Sonderboringer og enkle testpumpinger.....	5
3 RESULTATER	6
3.1 Georadar.....	6
3.2 Sonderboringer og enkle testpumpinger.....	7
3.3 Kornfordeling.....	7
3.4 Vannkvalitet.....	8
4 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER.....	9
REFERANSER	10

TEKSTBILAG

Tekstbilag 1	Georadar metodebeskrivelse
Tekstbilag 2	Hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder

KARTBILAG

Kartbilag 1	Oversiktskart Levanger kommune
Kartbilag 2	Oversikt over borpunkter og georadarprofiler

DATABILAG

Databilag 1.1-1.4	Georadarprofiler
Databilag 2.1-2.3	Borprofiler fra undersøkelsesboringer
Databilag 3	Kornfordelingskurver
Databilag 4.1-4.3	Fysikalsk-kjemiske analyser fra 1993 og 1996

1 INNLEDNING

Som en videreføring av GiN-prosjektet i Nord-Trøndelag fylke ble det fra juni til oktober 1993 foretatt oppfølgende grunnvannsundersøkelser i fem forskjellige områder i Levanger kommune (Hilmo, 1994). Undersøkelsene viste at israndavsetningen mellom Hoklingen og Movatnet (kartbilag 1) kunne være aktuell som framtidig vannkilde til Levanger vannverk, men at en sikrere vurdering ville kreve fullskala langtids prøvepumping. På grunnlag av disse undersøkelsene ønsket Levanger kommune at NGU utførte ytterligere undersøkelser i området senhøstes 1996.

Feltarbeid i form av georadarmålinger og undersøkelsesboringer med innsamling av vannprøver og masseprøver ble utført i begynnelsen av desember.

Forsker Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte fra NGU var:

Sylvi Gaut (feltarbeid, rapportskrivning)

Janus Koziel (georadarmålinger)

Bjørn Iversen (løsmasseboringer)

Eilif Danielsen (løsmasseboringer)

2 METODIKK

2.1 Georadar

En generell beskrivelse av georadarmålinger og teoretiske prinsipper er omtalt i tekstbilag 1. Georadaren som ble benyttet var av typen pulseEKKO IV (Sensors & Software Inc.). Antennesystemets senterfrekvens var på 50 MHz. Antenne- og flyttavstand var 1 m. Signalene ble stacket 32 ganger og samplingsintervallet var 1,6 ns. Opptakstid var 1600 ns. Profillengdene fremgår av tabell 1. Ved dybdekonvertering av profilene er det benyttet en hastighet på 0,1 m/ns.

Plasseringen av georadarprofilene er vist i kartbilag 2.

Tabell 1: Oversikt over lengden av georadarprofilene.

Profil nr	Lengde (m)
1	198
2	25
3A	15
3B	27
4	149
5	78
6	103
7	18

2.2 Sonderboringer og enkle testpumper

Undersøkelsene har omfattet sonderboringer med HAFO slag/rotasjons-rigg i tre punkter langs Hoklingen (kartbilag 2). I ett borehull ble det utført enkle testpumper fra en Ø5/4" (32 mm) prøvebrønn og det ble tatt ut vannprøver og masseprøver for analyse ved NGU.

Det er utført fysikalsk-kjemiske analyser av grunnvannsprøvene og kornfordelingsanalyser på masseprøvene. Massenens kornfordeling kan brukes til å bestemme filteråpningen på en eventuell produksjonsbrønn. Det må bemerkes at kornfordelingen ikke er helt representativ for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste kornene som ikke sedimenterer i prøvetakeren.

Vannprøvene er analysert på følgende kjemiske parametre:

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

Analyseresultatene er gjengitt i databilag 4.1. Tekstbilag 2 gir en mer detaljert beskrivelse av felt- og laboratoriemetoder.

3 RESULTATER

3.1 Georadar

Georadarprofilene P1, P2, P3A og P3B ble målt i et grustak.

P1

Opptaket er vist i databilag 1.1. Penetrasjonsdypet er best mellom posisjonene 0 og 25 (20-24 m dyp). Mellom posisjonene 25 og 198 er penetrasjonen redusert til ca 7-10 m. Mellom posisjonene 0 og 25 er materialet reflektivt med et delvis kaotisk refleksjonsmønster. Svakt hellende skrå reflektorer er synlige mellom posisjonene 0 og 25. To lite sammenhengende reflektorer på ca. 5 og 8 m dyp kan sees langs hele opptaket.

P2

Dette profilet ble målt på tvers av P1 (posisjon 102). Opptaket er vist i databilag 1.2. Penetrasjonsdypet er i størrelsen 5-8 m. Flere svake og hellende reflektorer kan observeres.

P3A og P3B

Profilene er vist i databilag 1.2. P3A viser et penetrasjonsdyp på 7-10 m. P3B er en forlengelse av P3A og ligger terrengmessig ca. 3 m lavere enn dette. P3B krysser P1 i posisjon 18. Penetrasjonsdypet er på 12-24 m. Flere både svake og sterke reflektorer med helning mot vest kan observeres. Disse er spesielt tydelige på P3B og kan indikere grovkornige avsetninger.

P4

Profilet ble målt langs hovedveien. Georadarpptaket er presentert i databilag 1.3. Penetrasjonsdypet er 10-12 m. To usammenhengende, stort sett horisontale reflektorer, opptrer mellom posisjonene 0 og 50 og 105 og 149.

P5 og P7

Profilene som ble målt på vestsiden av veien, er vist i databilag 1.4. Penetrasjonsdypet på begge profilene er begrenset til 5-9 m. To svake og usammenhengende horisontale reflektorer kan identifiseres på de to profilene. Enkelte skrå reflektorer kan sees på profil P5 mellom posisjonene 0 og 30.

P6

Opptaket er vist i databilag 1.4. Profilet ble målt på tvers av veien ved Strøm bru. Penetrasjonsdypet er på 6-9 m mellom posisjonene 0 og 30, ca 5 m mellom posisjonene 30 og 75 og 5-8 m mellom posisjonene 75 og 103. Skrå reflektorer med helning mot vest observeres mellom posisjonene 0 og 50.

Oppsummering

De målte profilene (P1 - P7) viser sterkt redusert penetrasjon. Ledningsevne målinger foretatt på vannprøver (databilag 4.1-4.3) indikerer at vannkjemien kan være årsak til begrenset penetrasjon, men en kan heller ikke se bort fra at finstoffinnhold i avsetningen kan være en årsak. En del reduksjon i penetrasjonen kan skyldes veisaltning (profil P4 og P6). På de stedene hvor skrå reflektorer kan observeres og hvor penetrasjonen er størst, lengst sør langs profil 1, kan det være mer grovkornige masser. Grunnvannspeilet er ikke synlig på georadaropptakene.

3.2 Sonderboringer og enkle testpumper

På grunn av dårlig penetrasjon for georadaren ble borpunktene plassert uavhengig av georadarmålingene. Plasseringen av boringene er vist i kartbilag 2 mens borprofilene er gjengitt i databilag 2.1-2.3.

I borpunkt 1/96 ble det sonderboret ned til 39,7 m. Massene veksler i hovedsak mellom grus med sandlag og sand med grus. Fjell ble ikke påtruffet. Ved 20 m endret boreslammet farge fra brunt til grått. Dette kan tyde på et større finstoffinnhold. Det ble prøvepumpet i fem forskjellige nivå mellom 8,7 m og 21,7 meter. Kapasiteten varierte fra 0,17 l/s til 0,42 l/s. Mest vann ble pumpet ut på ca 18 m dyp. Grunnvannsstanden ble målt til ca. 4,5 m under bakken. Dette er såpass mye at det påvirker opp-pumpet vannmengde ved bruk av sugepumpe.

I borpunkt 2/96 ble det kun sonderboret. Massene bestod av sand og gruskorn med mye finsand. Fra 13,7 m ble massene noe hardere og blokk eller fjell ble påtruffet ved 19,6 m.

Borpunkt 3/96 ble først forsøkt boret mellom veien og Hoklingen. Da blokker ble påtruffet rundt 7 m, ble borpunktet flyttet på innsiden av veien. Massene kan her inndeles i fire hovedenheter. Grus og sand ned til 6,7 m, moreneaktig og hardpakket sand med noe grus fra 6,7 til 17,7 m, mer grusig fra 17,7 til 31,7 m og vekslende sand og grus fra 31,7 til 39,7 m. Borehullet ble ikke forsøkt prøvepumpet p.g.a for stor løftehøyde.

3.3 Kornfordeling

Kornfordelingskurvene i databilag 3 viser at løsmassene fra borehull 1/96 stort sett består av sand ved 9,7 m dyp og sand og litt grus ved 21,7 m dyp. Sammenliknet med borehullsloggen fra sonderboringen skulle man forventet mer grus ved 9,7 m dyp, mens masseprøve og brønnlog passer godt overens ved 21,7 m dyp. Det må bemerkes at kornfordelingen ikke er helt representativ 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.

Kornfordelingskurvene kan benyttes til å beregne en tilnærmet hydraulisk konduktivitet (k) for området rundt sonderboringen. Hazens formel er benyttet til beregningene og resultatene er vist i tabell 3.1:

$$k(\text{m/s}) = 0,0116 * (d_{10}(\text{mm}))^2 \approx \frac{d_{10}^2}{100}$$

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

Tabell 3.1 Hydraulisk konduktivitet, k beregnet ut i fra kornfordelingskurvene for borehull 1/96

Masseprøve tatt fra nivå (m)	d_{10} (mm)	k (m/s)
9,7	0,07	$4,9 * 10^{-5}$
21,7	0,13	$1,7 * 10^{-4}$

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

3.4 Vannkvalitet

Vannanalysene fra borehull 1/96 er vist i databilag 4.1. Generelt har grunnvannet god vannkvalitet. Innholdet av jern, mangan og aluminium er lavt i alle vannprøvene. Innholdet av kalsium er relativt høyt, noe som gjenspeiler seg i høy alkalitet. Sulfatinnholdet er også noe høyt, men under øvre grense for kravene i Drikkevannsforskriften (Sosial- og helsedepartementet, 1995). Vannet har gunstig pH-verdi (8,1-8,2), men noe høy ledningsevne som skyldes relativt høyt ioneinnhold. Den høye turbiditeten skyldes høyt partikkelinnhold i vannet grunnet kort pumptid. Vannanalysene fra nivå 12,5-13,5 m dyp viser dårlig ionebalanse. Dette kan skyldes feil i målingene av alkalitet p.g.a. høyt partikkelinnhold. Grunnvannet fra dette nivået har lavere kalsiuminnhold enn fra de andre nivåene, og dette indikerer lavere alkalitet enn den målte.

Sammenliknet med vannanalysene fra borehull 2/93 (databilag 4.2) har grunnvannet fra borehull 1/96 en høyere og mer gunstig pH-verdi.

Det høye innholdet av nitrat i borehull 3/93 (35,1 mg/l ved 15 m dyp og 8,66 mg/l ved 17 m dyp) finner man ikke igjen ved noen av prøvedypene, hverken i borehull 1/96 eller 2/93.

Ved et kontinuerlig vannuttak vil ioneinnholdet (særlig innholdet av kalsium og sulfat) og alkaliteten trolig reduseres grunnet inntrekking av mer ionefattig vann fra Hoklingen og Movatnet.

4 KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER

Sonderboringene utført i 1993 og 1996 viser at israndavsetningen mellom Hoklingen og Movatnet har stor mektighet, minst 40 m i borehullene 1/96 og 3/96. Massene inneholder her sand og grus. Borloggen fra borehull 2/96 viser sand og gruskorn med et stort innhold av finsand fra 3,7 til 19,7 m dyp der man treffer på blokk eller fjell. Finsandinnholdet skyldes trolig at borehullet er plassert i et område med morene. Dette stemmer godt overens med borloggen for borehull 1/93 (Hilmo, 1994) som viser morene.

Prøvepumping i Ø5/4" (32 mm) prøvebrønner viser at kapasiteten varierer mye med dypet. I tillegg varierer kapasiteten mye fra borehull til borehull ved tilsvarende dyp. En medvirkende årsak til de relativt lave kapasitetstallene (0,2-0,4 l/s) for borehull 1/96 kan være stor løftehøyde (4,5 m) ved opp-pumping av grunnvannet.

De oppfølgende sonderboringene og prøvepumpingen avgrensner et fremtidig brønnområde til å omfatte området mellom borehullene 2/93 og 3/96, men massene er best egnet for grunnvannsuttak lengst mot sør.

I og med at store deler av avsetningen synes å bestå av masser med begrenset vanngjennomgang er det høyst usikkert om man kan oppnå et samlet uttak på 150 l/s. Et såpass stort uttak vil uansett kreve mange brønner.

Ut fra de påviste store variasjoner i kapasiteten på testbrønnene er det vanskelig å vurdere ytelser på eventuelle produksjonsbrønner. Kommunikasjonen mellom Hoklingen/Movatnet og brønnene vil også ha stor betydning på brønnytelsene.

For å kunne gi sikrere vurderinger av kapasitet og vannkvalitet vil vi i første omgang anbefale å sette ned en fullskala brønn for langtids prøvepumping. Vi anbefaler en Ø250 mm brønn med 10 m filter fra ca. 10-20 m dyp i sandtaket mellom borehullene 2 og 3/93. En mer detaljert filterdimensjonering kan gjøres ut fra nedboringen av arbeidsrøret.

REFERANSER

Hilmo, B.O., 1994: Grunnvannsundersøkelser i Levanger kommune. Oppfølging av GiN-prosjektet i Nord-Trøndelag fylke. NGU Rapport 94.026

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 dielektrisitetstallet. 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.

<u>Medium</u>	<u>ϵ_r</u>	<u>v (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 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 HAFO 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 HAFO 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 grunnvannsuttak, 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. Undersøkelsesbrønner 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 pumpe 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 prøvekarer. 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 BORINGER AV FJELLBRØNNER

a) Metodikk

Fjellbrønner blir boret med Nemec borerigg og Ø140 mm borkrone med luftspyling. Det blir benyttet foringsrør ned til fast fjell. Boreriggen kan bore skråbrønner, opptil 45° fra

loddlinjen. Vanligvis blir det boret til 60-150 m dyp, men boringen kan bli avsluttet før på grunn av fare for igjenrasing av hullet (løst fjell) eller på grunn av klare indikasjoner på tilstrekkelige vannmengder på mindre dyp.

b) Dataregistrering

Under boring registreres borsynk, farge på borkaks, svakhetssoner/sprekker, dybde til eventuelle vanninnslag og anslått mengde vann som blåses opp under boring.

c) Tolkning

Ut fra fargen og forandringer av fargen på borkakset kan man vurdere bergartstype, type svakhetssone og bergartsgrenser. Vannmengden som blåses opp under boring gir grunnlag for kapasitetsanslag.

5 TESTPUMPINGER AV FJELLBRØNNER

Til testpumping av fjellbrønner benyttes en Ø95 mm elektrisk senkpumpe og strømaggreat. 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.

6 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 prøvepumpes i min. 3 måneder, men for større vannverk bør det prøvepumpes ett år slik at man får med eventuelle seshongvariasjoner 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 døgns oppholdstid.

7 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.

8 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.

9 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 tørrsiktning 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 ($\Sigma kationer = \Sigma anioner$)
Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

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

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

$\Sigma Anioner + \Sigma kationer$ [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

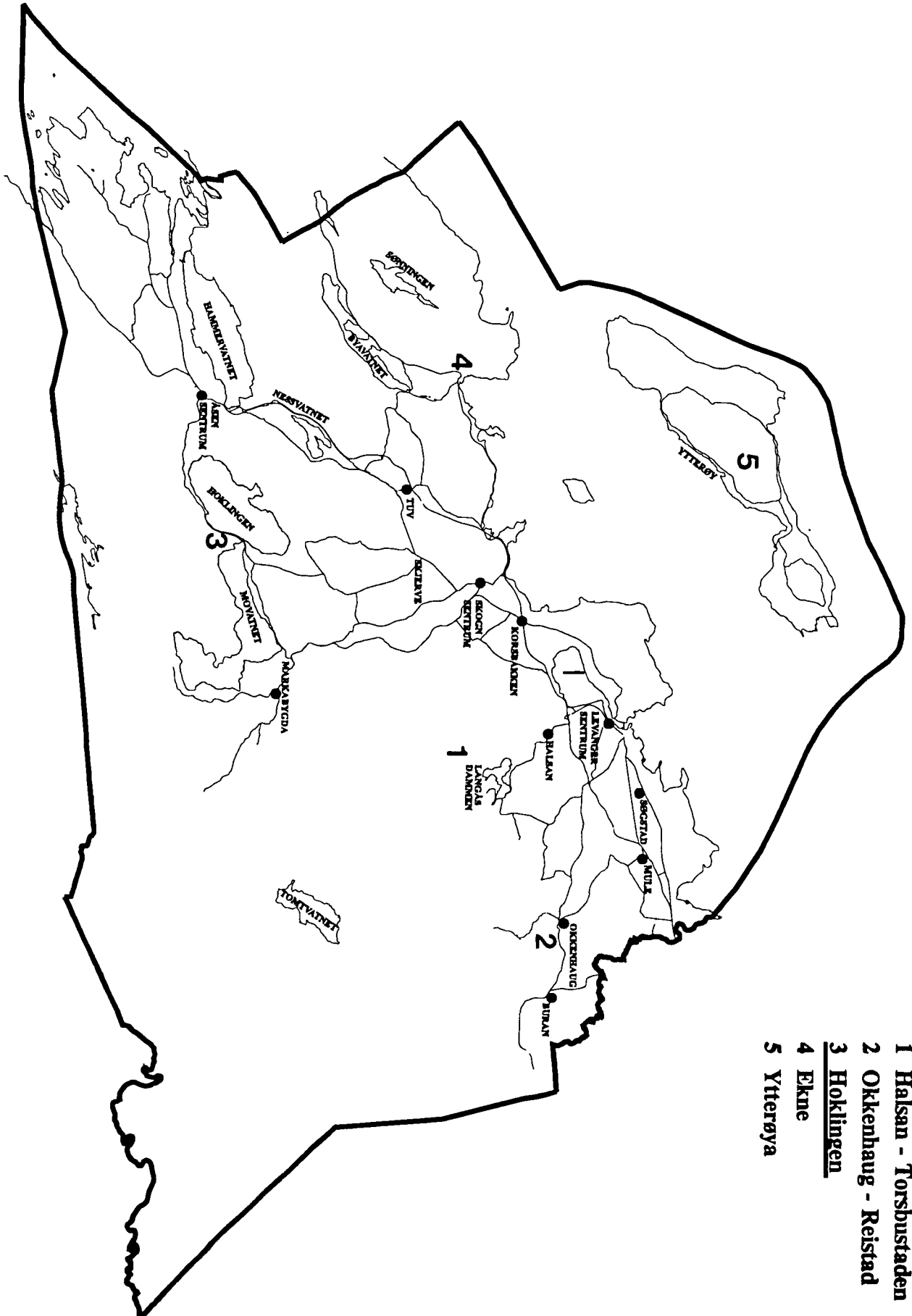
Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.

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

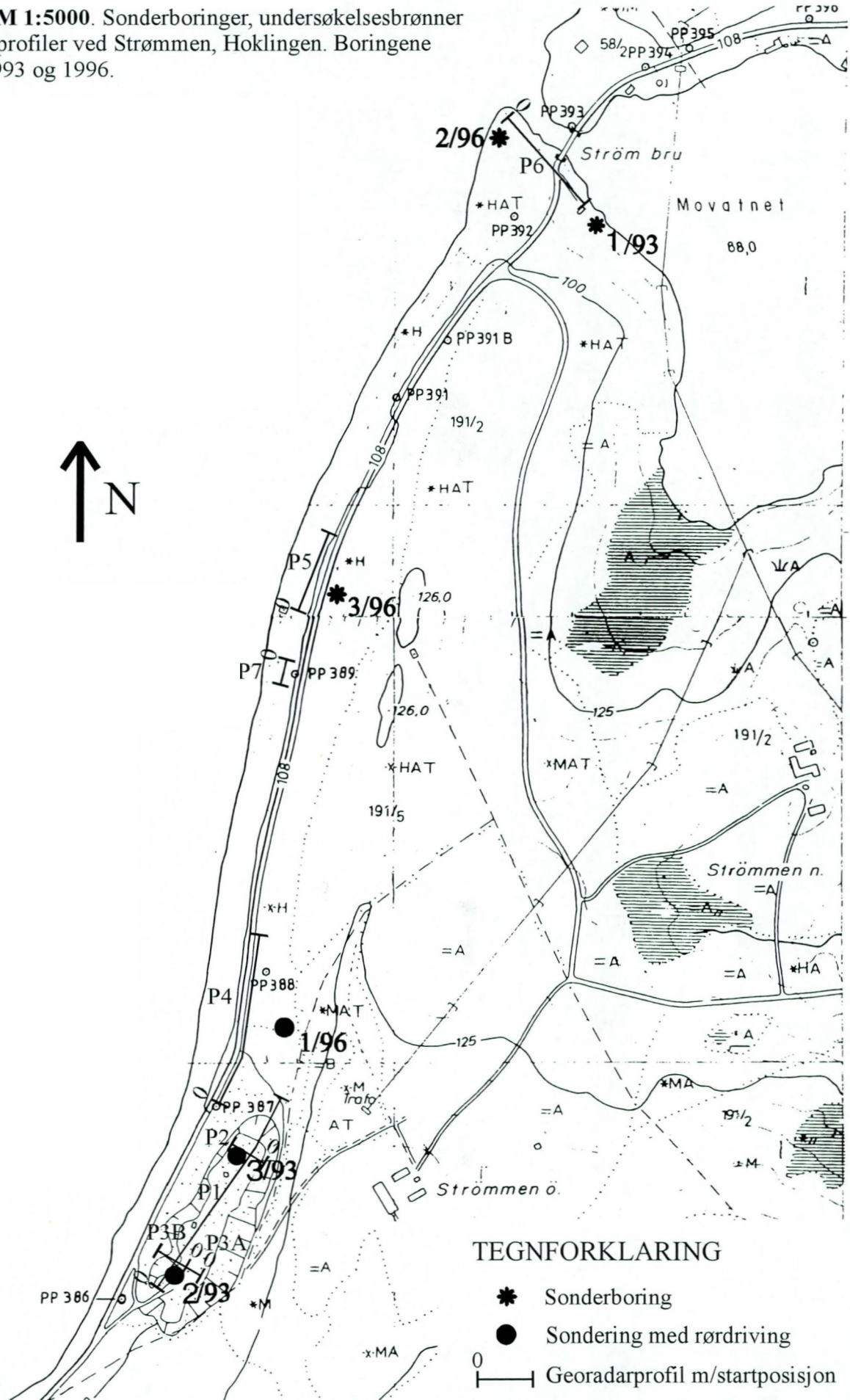
GiN-veileder nr. 3, 1990: Grunnvannsundersøkelser i løsmasser. Norges geologiske undersøkelse Miljøverndepartementet.

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

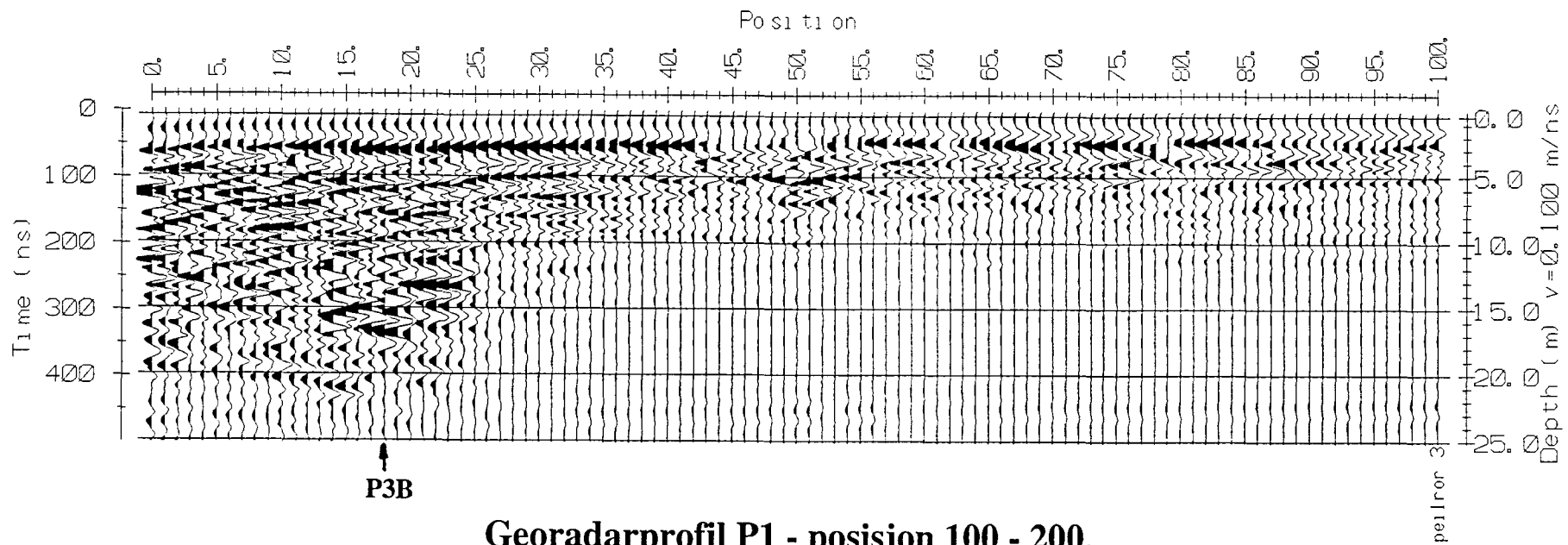
Oversiktskart Levanger kommune med påmerking av prioriterte områder omtalt i NGU Rapport 94.026. Område 3, Hoklingen, er omtalt i denne rapporten.



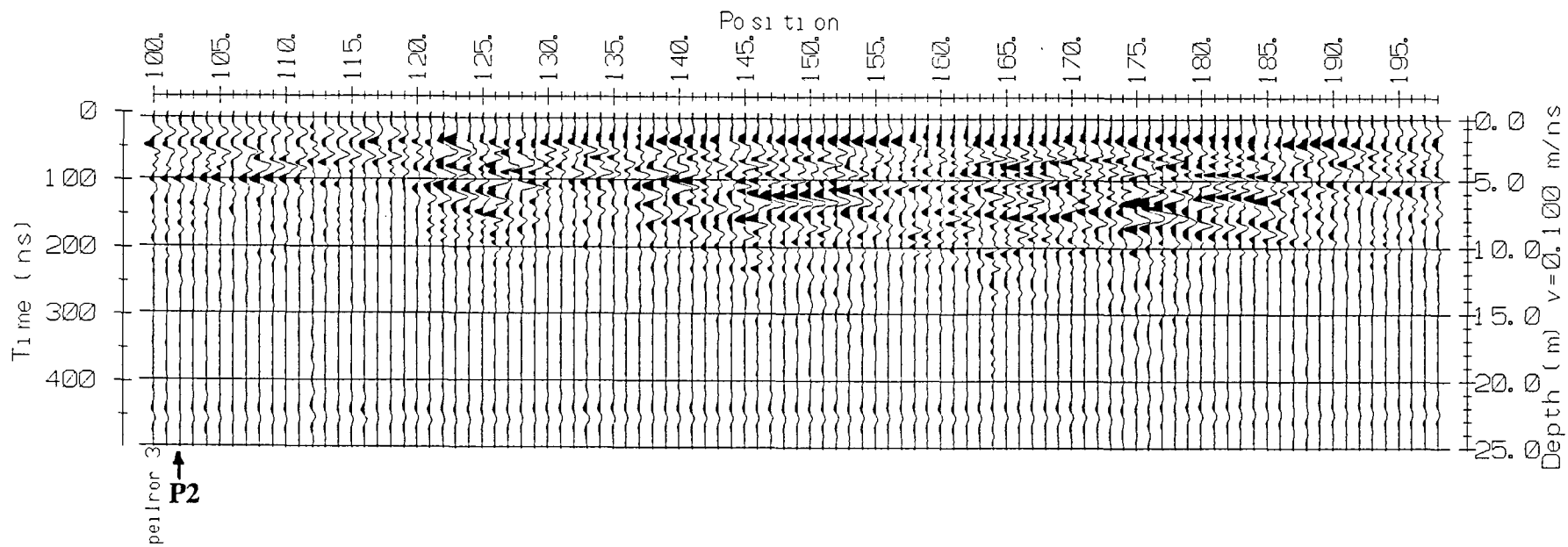
Detaljkart M 1:5000. Sonderboringer, undersøkelsesbrønner og georadarprofiler ved Strømmen, Hoklingen. Boringene er utført i 1993 og 1996.



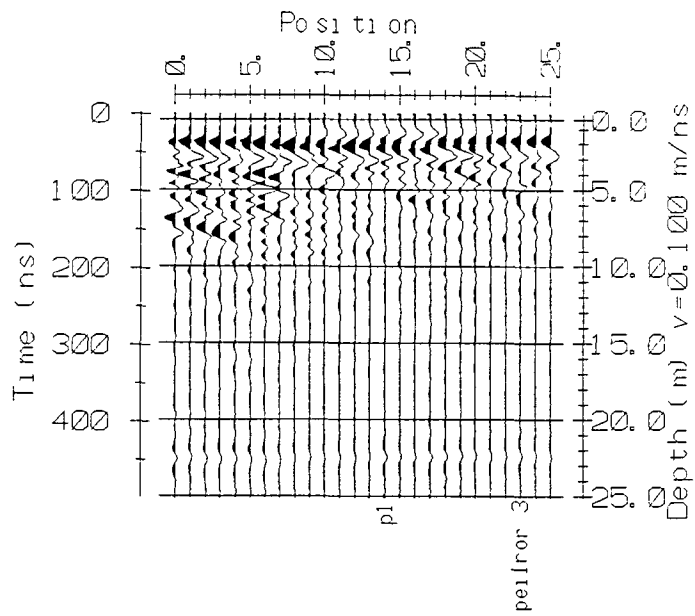
Georadarprofil P1 - posisjon 0 - 100.



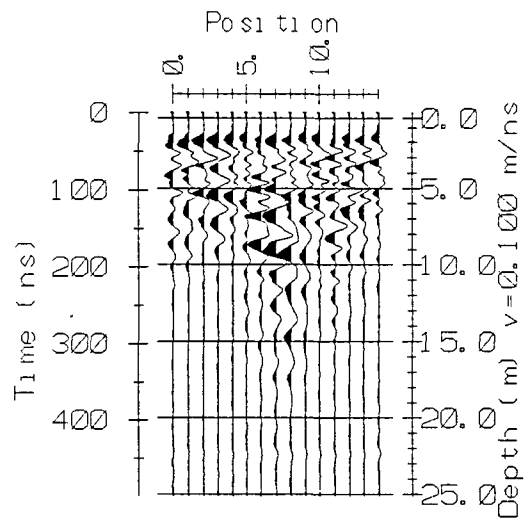
Georadarprofil P1 - posisjon 100 - 200.



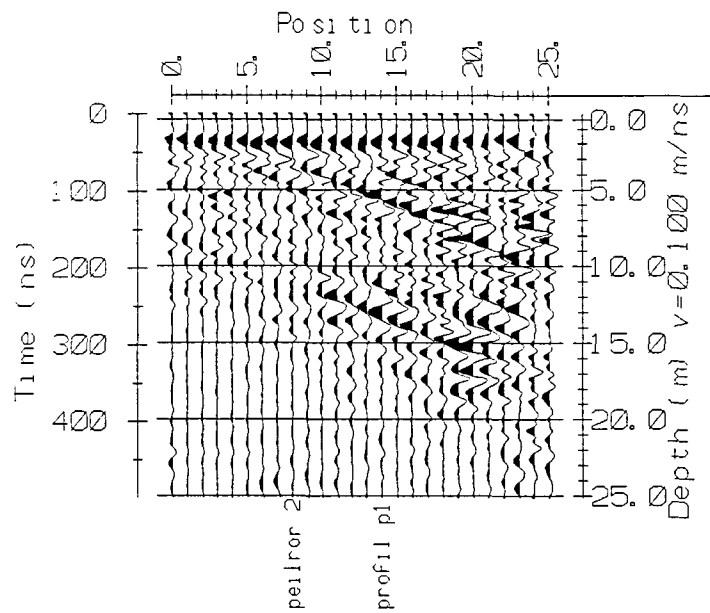
Georadarprofil P2.



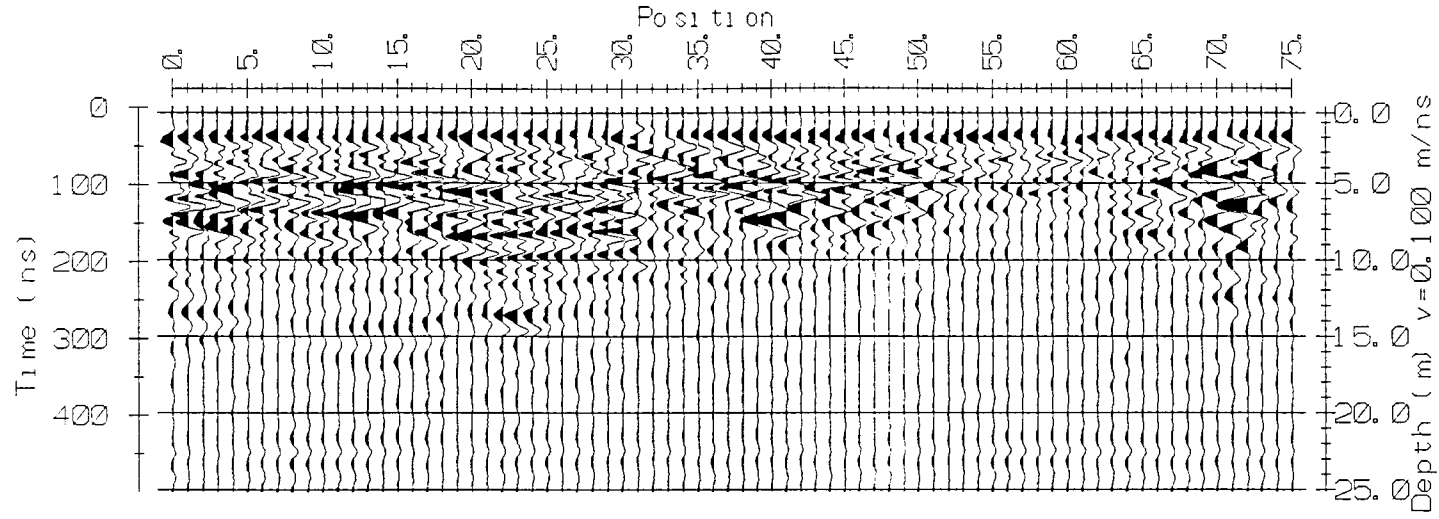
Georadarprofil P3A.



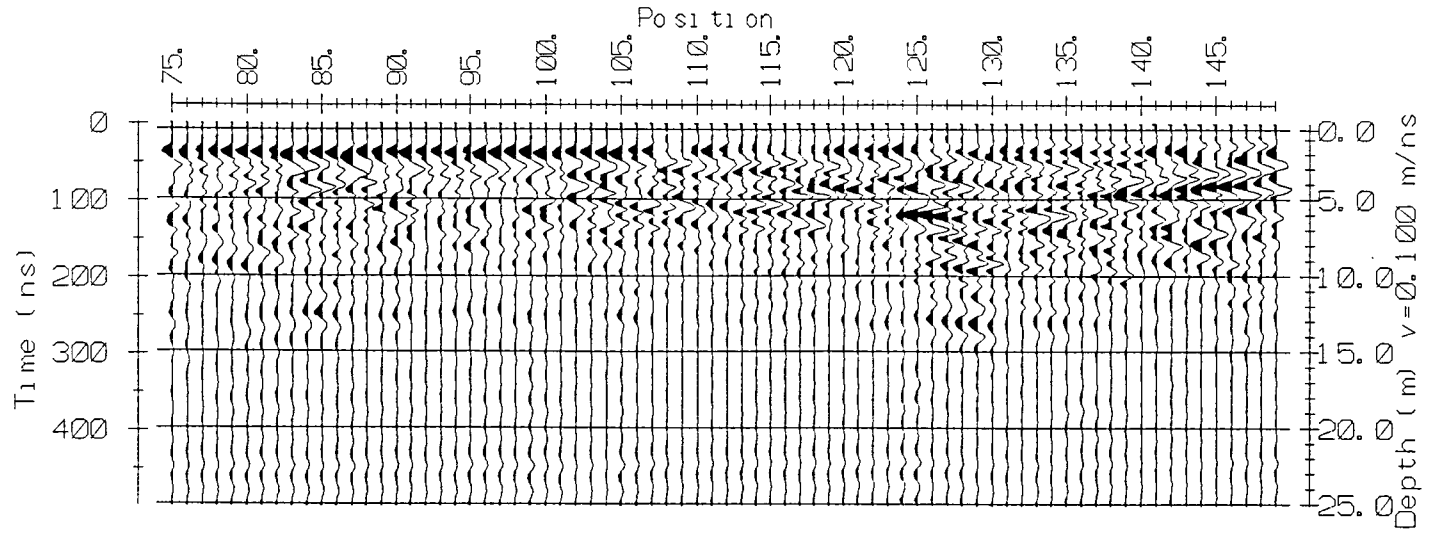
Georadarprofil P3B.



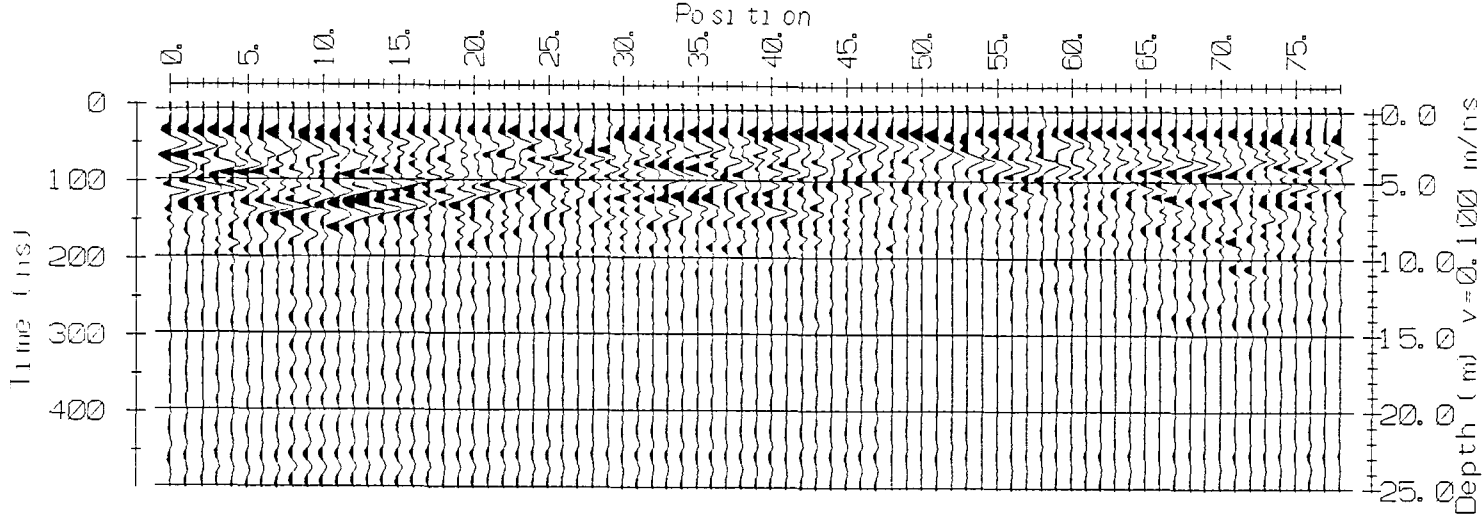
Georadarprofil P4 - posisjon 0 - 75.



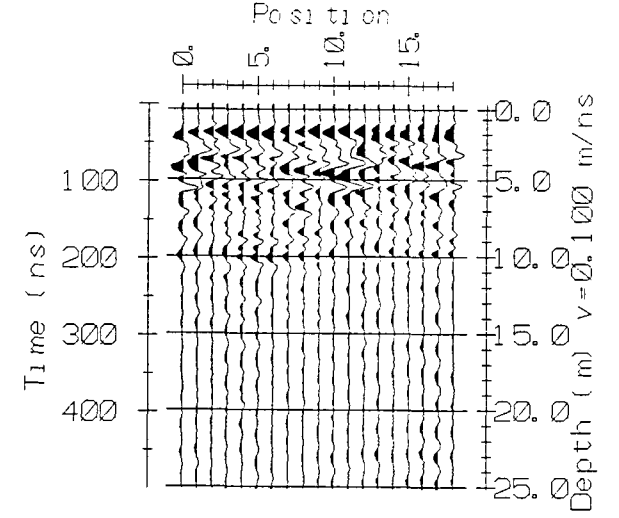
Georadarprofil P4 - posisjon 75 - 150.



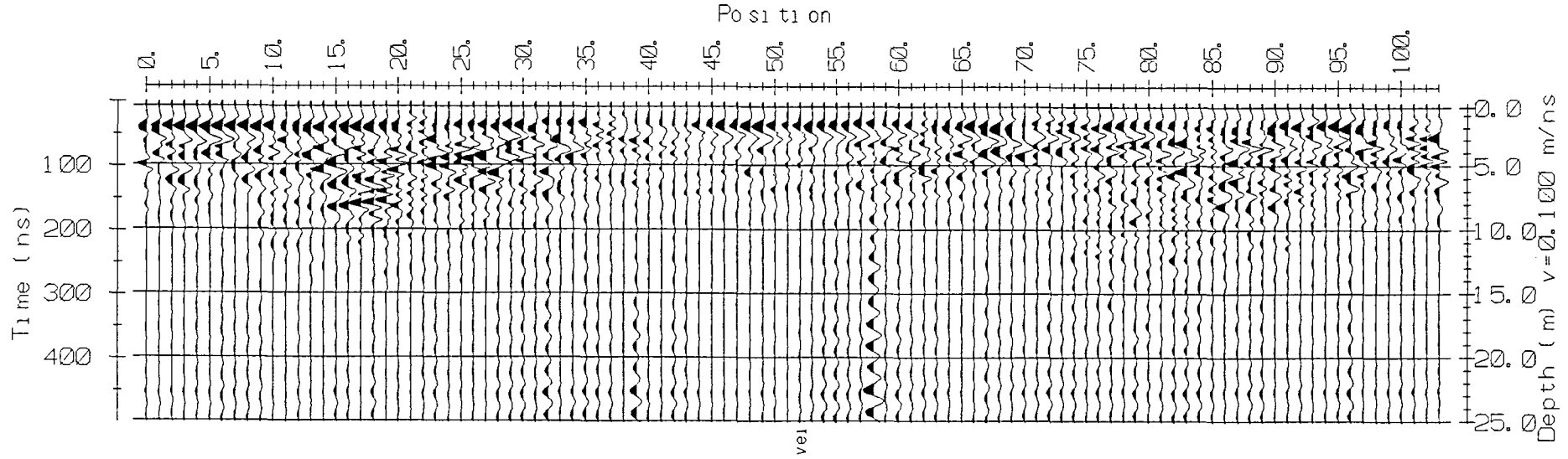
Georadarprofil P5.



Georadarprofil P7.



Georadarprofil P6.



GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Nordenden av massetak ved Strømmen, Hoklingen

UTFØRT DATO: 04.12.96

BORPUNKT NR: 1/96

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x

UNDERSØKELSESRØNN: x

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1622 II SONE: 32 V Ø-V: 606850 N-S: 7056168
Frosta

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 90 m

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 4,5 m

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,7	Grus og stein så sand		S	1	B				
	Sand med grove lag		S	1	B				
3,7	Grus og stein		S	1	B				
	Grus med sandlag		S	4	B				
5,7	Grus med sandlag		S	4	B				
	Grus med sandlag		S	2	B				
7,7	Grus med sandlag		S	1	B				Tett, spylevannet er grått
	Hardpakket sand		S	1	B				
9,7	Hardpakket gruslag		S	1	B			0,17	Helt grått vann. MP
	Sand		S	1	B				
11,7	Sand med grove korn		S	1	B				
	Sand med grove korn		S	1	B				
13,7	Sand med grove korn		S	1	B			0,33	Grått vann. VP
	Grusig		S	1	B				
15,7	Grus og stein		S	1	B				
	Grus og stein		S	1	B				
17,7	Grusig		S	1	B			0,42	Grått vann. VP
	Grus, grove lag		S	2	B				
19,7	Grus, grove lag		S	2	B	6,8		0,20	Grått vann. VP
	Sand, grus korn		S	4	G				
21,7	Sand		S	5	G			0,17	MP. Grått vann. Brukbar
	Sand, grus korn		S	3	G				gjennomgang, men får ikke
23,7	Sand, grus korn		S	3	G				ut noe vann
	Sand, grus korn		S	4	G				
25,7	Sand, gruslag		S	4	G				
	Grus		S	1-5	G				
27,7	Grusig		S	5	G				
	Grusig		S	6	G				
29,7	Grusig		S	6	G				
	Grusig		S	6	G				
31,7	Sand		S	7	G				
	Sand, gruslag		S	5	G				
33,7	Sand		S	4-6	G				
	Sand, gruslag		S	8	G				
35,7	Sand		S	8	G				
	Sand		S	8	G				
37,7	Sand, gruslag		S	5-7	G				
	Sand		S	6	G				
39,7	Sand, gruslag		S	6	G				

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: Hoklingen, ved Strøm bru

UTFØRT DATO: 06.12.96

BORPUNKT NR: 2/96

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x UNDERSØKELSESRØNN:

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1622 II SONE: 32 V Ø-V: N-S:
Frosta

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 85 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid for prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,7	Sand og blokker		DS		B				
3,7	Sand og finsand Sand og gruskorn				Lys B Lys B				
5,7	Sand og gruskorn Sand og gruskorn				G G				Mye finsand Mye finsand
7,7	Sand og gruskorn Sand og gruskorn				G G				Mye finsand Mye finsand
9,7	Sand og gruskorn Sand og gruskorn				G G				Mye finsand Mye finsand
11,7	Sand og gruskorn Sand og gruskorn				G G				Mye finsand Mye finsand
13,7	Sand og gruskorn Sand og gruskorn				G G				Mye finsand Mye finsand
15,7	Sand og gruskorn Sand med gruslag		DS DS	6 5	G G				Mye finsand, hardere Mye finsand, hardt
17,7	Sand med gruslag Sand/finsand og grus		DS DS	6 5	G G				Mye finsand, hardt Mye finsand, hardpakket
19,7	Hardpakket sand m/grus Hardpakket sand m/grus		S S	5 10	G G				Mye finsand, hardt Mye finsand, hardt, Blokk/fjell? fra 19,6 m
21,7									
23,7									
25,7									
27,7									
29,7									

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve

B: Brun

G: Grått
VP: Vannprøve

S: Svart

R: Rødt
L: Ledningsevne [μ S/cm]

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Lite massetak ved Hoklingen

UTFØRT DATO: 04.12.96

BORPUNKT NR: 3/96

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: x **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711): 1622 II **SONE:** 32 V **Ø-V:** **N-S:**
Frosta

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 100 m

BRØNN-/FILTERTYPE:

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

Dyp [m]	Materialtype	Borsynk [min/m]	Slag	Vann- trykk [kg]	Boreslam	Temp. [°C]	P.tid før prøve taking [min]	Vann- føring [l/s]	Merknad
1,7	Stein og sand		S		Lys B				
3,7	Sand, grusig Grus og sand		DS		Lys B Lys B				
5,7	Grus og sand Grus og sand, mest sand				Lys B Lys B				
7,7	Sand Sand, noe grusig		DS		Lys B Lys B				
9,7	Sand, hardpakket Sand, noe grusig		S S		Lys B Lys B				Hardt pakket, moreneaktig Blokk/stein mot slutten, "
11,7	Sand, noe grusig Sand, noe grusig		S S		Borte Borte				Hardt pakket, moreneaktig Vekslende, grovt mot slutten, "
13,7	Sand, noe grusig Sand, noe grusig		S S	2 5	Borte Borte				Vekslende, moreneaktig Hardt
15,7	Sand, noe grusig Sand, noe grusig		S S	5 5	Borte Borte				Hardt Hardt
17,7	Sand, noe grusig Sand, noe grusig		S S	5 5	Borte Borte				Noe løsere
19,7	Sand, noe grusig Mer grusig		S S	5	Borte Borte				
21,7	Mer grusig Mer grusig, sand		S S	10-12	Borte Borte				Tettere mot slutten
23,7	Sand, noe grusig Stein, grus og sand		S S	8-10 2-10	Borte Borte				
25,7	Sand, noe grusig Mer grusig		S S	10 2-5	Borte Borte				
27,7	Mer grusig Grusig		S S	6	Borte Borte				
29,7	Grusig Mer sand		S S	10-12	Borte Borte				
31,7	Sand med gruslag Meer grusig		S S	5-10 5	Borte Borte				
33,7	Vekslende sand og grus Vekslende sand og grus		S S	10 5-10	Borte Borte				
35,7	Vekslende sand og grus Sand med gruslag		S S	5 10-20	Borte				
37,7	Vekslende sand og grus Vekslende sand og grus		S S	10-12 5-10					
39,7	Vekslende sand og grus Vekslende sand og grus		S S	6-10 5-10					

S: Slag DS: Delvis slag
MP: Materialprøve VP: Vannprøve

B: Brunt

G: Grått

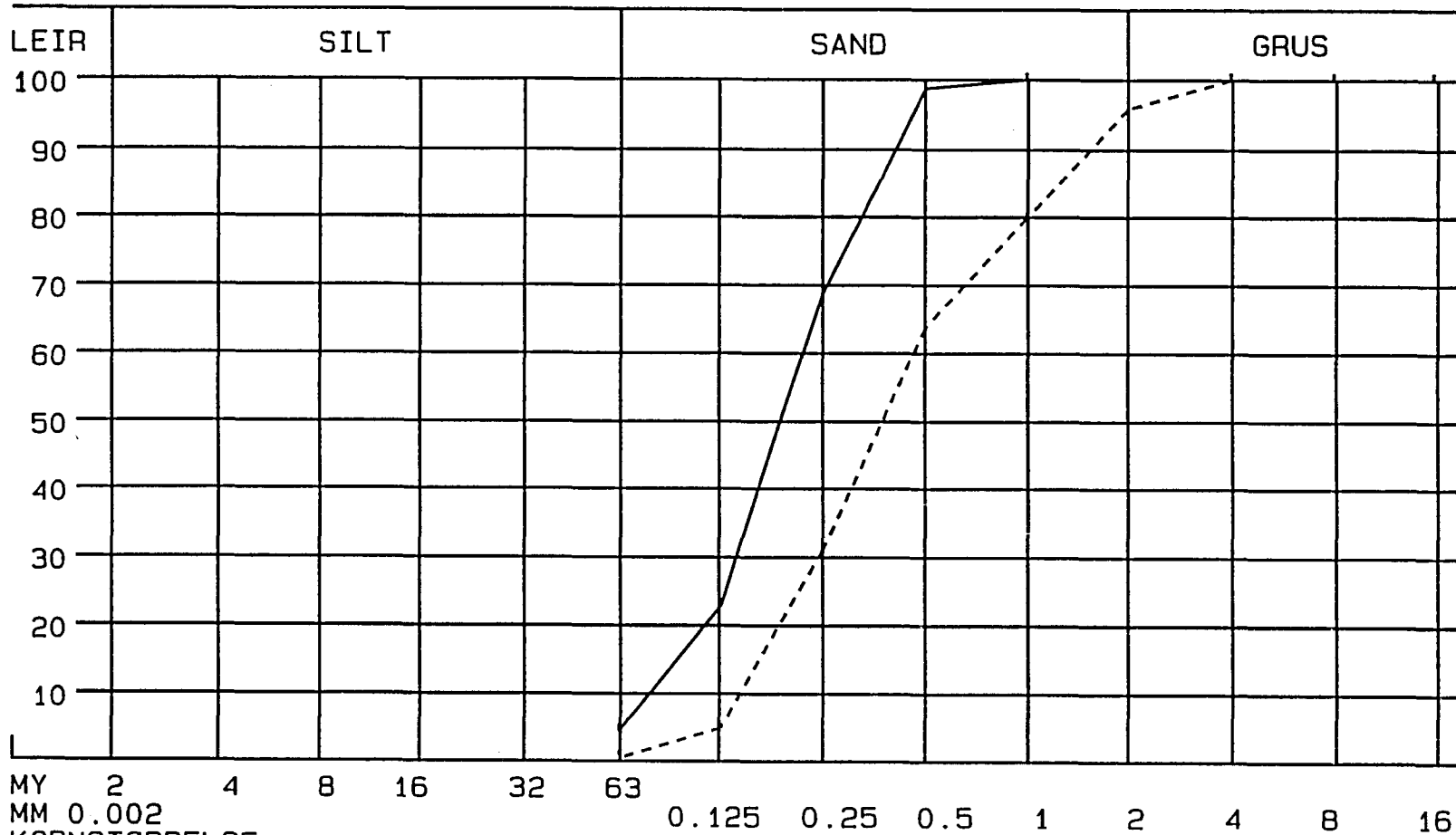
S: Svart

R: Rodt

L: Ledningsevne [µS/cm]

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 Frostad 16222



————— 960571
 - - - - - 960572

UTM X	UTM Y	Sted	Borchull	Dyp
0	0	Hoklingen	1	9,7 m
0	0	Hoklingen	1	21,7 m

VANNANALYSER

FYLKE: Nord-Trøndelag

KART (M711): 1622 II Frosta

KOMMUNE: Levanger

PRØVESTED: Hoklingen

OPPDRAKSNUMMER: 1996.0343

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	1/96 Hoklingen	1/96 Hoklingen	1/96 Hoklingen													
Dato	04.12.96	04.12.96	04.12.96													
Brønntype																
Prøvedyp m	12,5-13,5	16,5-17,5	18,5-19,5													
Brønndimensjon mm	32	32	32													
X-koordinat Sone: 32 V	606850	606850	606850													
Y-koordinat Sone: 32 V	7056168	7056168	7056168													
Fysisk/kjemisk											Veiledende verdi	Største tillatte konsentrasjon				
Surhetsgrad, felt/lab pH		8,19		8,12		8,11									7,5-8,5	6,5-8,5 ²
Ledningsevne, felt/lab µS/cm		296		409		371									< 400	
Temperatur °C															< 12	25
Alkalitet mmol/l		3,70		3,02		2,90			2,95						0,6-1,0 ²	
Fargetall mg Pt/l		6,4		7,3		5,2									< 1	20
Turbiditet F.T.U		415		26		18									< 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		0,072		0,058		0,068			<0,05							1,5
Klorid mg Cl/l		10,9		13,6		12,4			23,7						< 25	
Nitritt mg NO ₂ /l		<0,05		<0,05		<0,05			<0,50							0,16
Brom mg Br/l		<0,1		<0,1		<0,1			<0,1							
Nitrat mg NO ₃ /l		0,602		0,112		0,226			35,1							44
Fosfat mg PO ₄ /l		<0,2		<0,2		<0,2			<0,2							
Sulfat mg SO ₄ /l		46,1		60,1		42,1			73,2						< 25	100
Sum anioner+alkalitet meq/l		4,99		4,67		4,14		!Feil ved	5,73		!Feil ved					
Kationer																
Silisium mg Si/l		1,6		2,6		2,7										
Aluminium mg Al/l		<0,020		<0,020		<0,020									< 0,05	0,2
Jern mg Fe/l		0,031		<0,010		<0,010									< 0,05	0,2
Magnesium mg Mg/l		6,3		9,7		7,2			7,7							20
Kalsium mg Ca/l		42,1		66,1		58,7			95,6						15-25 ²	
Natrium mg Na/l		5,5		6,5		6,4			7,8						< 20	150
Kalium mg K/l		6,4		5,1		4,3			6,5						< 10	12
Mangan mg Mn/l		0,011		0,029		0,027									< 0,02	0,05
Kobber mg Cu/l		<0,005		<0,005		<0,005									< 0,1	0,3
Sink mg Zn/l		<0,002		<0,002		0,004									< 0,1	0,3
Bly mg Pb/l		<0,050		<0,050		<0,050										0,02
Nikkel mg Ni/l		<0,020		<0,020		<0,020										0,05
Kadmium mg Cd/l		<0,005		<0,005		<0,005										0,005
Krom mg Cr/l		<0,010		<0,010		<0,010										0,05
Sølv mg Ag/l		<0,010		<0,010		<0,010										0,01
Sum kationer ³ meq/l		3,03		4,52		3,92		!Feil ved	5,92		!Feil ved					
Ionebalanseavvik ⁴ %		-24,44		-1,63		-2,73		!Feil ved	1,63		!Feil ved					

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 = Σkationer - Σanioner / (Σkationer + Σanioner) · 100%

Vedlegg 5.9 fra NGU Rapport 94.026 VANNANALYSER, undersøkelsesbrønner

Fylke: Nord-Trøndelag

Kommune: Levanger

Kommunenummer:

Fjellbrønn Løsmassebrønn

Oppdragsnummer: 98/93

Kart (M711): 1622-2

Prøvested: Hoklingen

UTM-koord.: 60705 70646

Overflatevann Kilde

Analysert ved: NGU

Folkehelsas normer for drikkevann

Brønn-nummer		2	2	2	3		
Brønndimensjon		5/4"	5/4"	5/4"	5/4"		
Filterlengde	m	1.2	1.2	1.2	1.2		
Slissebredde	mm	2-3	2-3	2-3	2-3		
Dato		10.06.93	10.06.93	10.06.93	11.06.93		
Prøvedyp	m	5	9	15	15		
Vannføring	l/min	170	40	65	150		
Pumpeid	min	15	15	15	15	GOD	MENDRE GOD
Temperatur	°C	4.9	6.7	6.8	6.2	2-10	

Fargetall						< 15	15-25
Turbiditet	F.T.U.					< 0.5	0.5-1

Surhetsgrad	pH	7.0	6.8	7.4	7.9	7.5-8.5	6.5-9.0
Spesifikk ledningsevne	µS/m	214	204	271	536		
Alkalitet	mmol/l	1.88	1.77	2.49	2.95	0.6-1.0	

Oksygen (felt)	mg O ₂ /l	4.8	5.3	3.7		> ca 9	
----------------	----------------------	-----	-----	-----	--	--------	--

Klorid	mg Cl/l	9.5	8.6	9.4	23.7	< 100	100-200
Sulfat	mg SO ₄ /l	3.3	4.2	7.9	73.2	< 100	
Nitrat	mg NO ₃ /l	0.78	0.83	1.51	35.1	< 11	11-44
Nitrit	mg NO ₂ /l	< 0.25	< 0.25	< 0.25	< 0.50	< 0.016	0.016-0.16
Fluorid	mg F/l	0.13	0.08	< 0.05	< 0.05	< 1.5	
Fosfat	mg PO ₄ /l	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2		

Jern	mg Fe/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.1	0.1-0.2
Mangan	mg Mn/l	0.005	0.015	0.005	0.015	< 0.05	0.05-0.1
Natrium	mg Na/l	3.8	3.7	4.9	7.8	< 20	
Kalium	mg K/l	< 0.2	< 0.2	0.2	6.5		
Kalsium	mg Ca/l	38.0	36.7	50.4	95.6	15-25	
Magnesium	mg Mg/l	3.5	3.1	3.3	7.7	< 10	10-20
Aluminium	mg Al/l	< 0.02	< 0.02	0.02	< 0.02		
Silisium	mg Si/l	2.1	3.4	3.7	1.5		
Kobber	mg Cu/l	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.002	< 0.1	0.1-0.3
Bly	mg Pb/l	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.005	0.005-0.02
Sink	mg Zn/l	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.005	< 0.3	

Vedlegg 5.10 fra NGU Rapport 94.026 VANNANALYSER, undersøkelsesbrønner

Fylke: Nord-Trøndelag

Kart (M711): 1622-2

Kommune: Levanger

Prøvested: Hoklingen

Kommunennummer:

UTM-koord.: 60705 70564

Fjellbrønn Løsmassebrønn

Overflatevann Kilde

Oppdragsnummer: 98/93

Analysert ved: NGU

Brønn-nummer		3		
Brønndimensjon		5/4"		
Filterlengde	m	1.2		
Slissebredde	mm	2-3		
Dato		11.06.93		
Prøvedyp	m	17	Folkehelsas normer	
Vannføring	l/min	120		
Pumpetid	min	15	GOD	MINDRE GOD
Temperatur	°C	6.4	2-10	

Fargetall		< 15	15-25
Turbiditet	F.T.U.	< 0.5	0.5-1

Surhetsgrad	pH	8.0	7.5-8.5	6.5-9.0
Spesifikk ledningsevne	µS/cm	530		
Alkalitet	mmol/l	3.04	0.6-1.0	

Okaygen (felt)	mg O ₂ /l		> ca 9	
----------------	----------------------	--	--------	--

Klorid	mg Cl/l	24.2	< 100	100-200
Sulfat	mg SO ₄ /l	95.1	< 100	
Nitrat	mg NO ₃ /l	8.66	< 11	11-44
Nitritt	mg NO ₂ /l	< 0.50	< 0.016	0.016-0.16
Fluorid	mg F/l	< 0.05	< 1.5	
Fosfat	mg PO ₄ /l	< 0.2		

Jern	mg Fe/l	< 0.01	< 0.1	0.1-0.2
Mangan	mg Mn/l	0.010	< 0.05	0.05-0.1
Natrium	mg Na/l	7.2	< 20	
Kalium	mg K/l	8.2		
Kalsium	mg Ca/l	95.1	15-25	
Magnesium	mg Mg/l	8.2	< 10	10-20
Aluminium	mg Al/l	< 0.02		
Silisium	mg Si/l	1.2		
Kobber	mg Cu/l	< 0.002	< 0.1	0.1-0.3
Bly	mg Pb/l	< 0.05	< 0.005	0.005-0.02
Sink	mg Zn/l	< 0.005	< 0.3	