

Rapport nr.: 2002.072		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser på Høggåsmoen, Stjørdal kommune				
Forfatter: Bernt Olav Hilmo, Torleif Lauritsen og Øystein Jæger		Oppdragsgiver: Stjørdal kommune og NGU		
Fylke: Nord-Trøndelag		Kommune: Stjørdal		
Kartblad (M=1:250.000) Trondheim		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1721 IV Flornes		
Forekomstens navn og koordinater: Høggåsmoen, WGS84, Sone 32, 616300 7041200		Sidetall: 30	Pris: kr.150,-	
Feltarbeid utført: Mai-oktober 2001		Rapportdato: 23.09.2002	Prosjektnr.: 271300	Ansvarlig:
Sammendrag:				
<p>Norges geologiske undersøkelse har på forespørsel fra Stjørdal kommune utført grunnvannsundersøkelser på Høggåsmoen i Forradal for å vurdere ny vannkilde til Moen vannverk. Vannverket, som har et vannbehov på ca. 0,6 l/s, tar i dag vann fra elva Forra.</p> <p>På østsida av en stor sand- og grusavsetning på Høggåsmoen er det registret flere kildeutslag. Formålet med grunnvannsundersøkelsene var i første omgang å utrede om disse kildeutslagene var egnet som vannkilde til Moen vannverk.</p> <p>Grunnvannsforholdene i avsetningen er undersøkt med feltbefaring, kartlegging, prøvetaking av kilder, georadarmålinger og undersøkelsesboringer.</p> <p>Undersøkelsene har vist at det er muligheter for grunnvannsuttak både fra en gravd brønn ved et kildeutslag og fra en rørbrønn. Uttak fra en rørbrønn krever pumpe og fremføring av strøm. Fordelen med en rørbrønn er at man får et dypere inntak som gir en mer stabil vannmengde og en bedre beskyttelse mot eventuelle forurensninger. Etablering av et grunnvannsuttak basert på en kilde blir trolig billigere, både med hensyn til utbygging og drift, men uttaket blir mer utsatt for eventuelle forurensninger og kan kreve en mer omfattende områdesikring.</p> <p>Rapporten omhandler også en grov kartlegging av sand- og grusressurser i tilknytning til eksisterende massetak på Høggåsmoen.</p>				
Emneord: Hydrogeologi	Grunnvann		Grunnvannsforsyning	
Grunnvannskilde	Løsmasser		Georadar	
Sonderboring	Grunnvannskvalitet		Fagrapport	

## **INNHold**

1.	INNLEDNING .....	4
2.	OMRÅDEBESKRIVELSE .....	4
3.	BESKRIVELSE AV KILDEUTSLAG .....	4
4.	GEORADARMÅLINGER .....	6
5.	UNDERSØKELSESBORINGER .....	7
6.	BESKRIVELSE AV GRUNNVANNSFOREKOMSTEN .....	8
7.	FORSLAG TIL BRØNNETABLERING .....	9
8.	SIKRING AV GRUNNVANNSKILDEN .....	11
8.1	Mulige forurensningskilder .....	11
8.2	Soneinndeling .....	11
8.3	Forslag til tiltak og restriksjoner i brønnområdet .....	12
9.	VURDERING AV GRUSRESSURSENE .....	13
10.	REFERANSER .....	13

## **FIGURER**

- 1 Prinsippskisse av kum for uttak av grunnvann fra kilde 1.
- 2 Forslag til dimensjonering av rørbrønn.

## **TEKSTBILAG**

- 1 Georadarmålinger, metodebeskrivelse.
- 2 Hydrogeologiske forundersøkelser, metodebeskrivelse.

## **DATABILAG**

- 1.1 Boreprofiler, undersøkelsesboringer, borehullene 1, 2 og 3.
- 1.2 Boreprofiler, undersøkelsesboringer, borehullene 4, 5 og 6.
- 2 Fysisk-kjemiske analyser av vann fra kildene 1, 2 og 3.
- 3 Fysisk-kjemiske analyser av grunnvann fra testpumping av undersøkelsesbrønner.
- 4 Analyser av vann fra kilde 1.
- 5 Stedfestingsdata for georadarprofiler, kilder og borehull.

## **KARTBILAG**

- 2002.072-01 Oversiktskart i M 1: 50 000 som viser beliggenheten av det undersøkte området.
- 02 Kart i M 1 : 5000 som viser lokaliseringen av grunnvannskilder, borepunkt, antatt grunnvannsstrømning og forslag til plassering av rørbrønn.
- 03 Kart i M 1 : 5000 som viser plasseringen av georadarprofil og borepunkt, samt en utskrift og tolkning av georadarprofilene.
- 04 Kart i M 1 : 5000 som viser antatt grunnvannsstrømning og forslag til klausuleringssone 1 og 2.
- 05 Kart i M 1 : 50 000 som viser forslag til klausuleringssone 3.

## 1. INNLEDNING

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på forespørsel fra Stjørdal kommune utført grunnvannsundersøkelser i Forradalen for å utrede en grunnvannsføremst på Høggåsmoen med tanke på ny vannkilde til Moen kommunale vannverk. Vannbehovet er angitt til 0,6 l/s.

Grunnvannsundersøkelsene har bestått av:

- Feltbefaring med kartlegging og registrering av kildeutslag.
- Prøvetaking og vannanalyser av et av kildeutslagene som er aktuelt for uttak av grunnvann.
- Kartlegging av grunnvannsføremsten ved hjelp av georadar og undersøkelsesboringer.

I tillegg ønsket grunneier, Meråker Brug A/S, å få en vurdering av grusressursene i området.

Feltarbeidet ble gjennomført i perioden mai – november 2001.

## 2. OMRÅDEBESKRIVELSE

Høggåsmoen ligger øverst i Østeråsdaalen, ca. 2,5 km sørvest for Moen i Forradal. Området ligger på et breelvdelta som er bygd opp til øvre marine grense i høyde ca. 190 m.o.h. (Sveian, 1996). Avsetningen har en utbredelse på ca. 0,3 km<sup>2</sup> (se kartbilag -01). Den er avsatt mot vest av en breelv som gikk langs Østeråsdaalen i en periode da Forradalen fremdeles var dekt av ismasser. Iskntakten lå i området Rundhaugen og like vest for Høggåshaugen. I vestskråningene mot Forradalen sees skrålag av sand og grus over marin silt og leire. Det er også observert leire i grøfter på østsida mot Østeråsdaalen. Toppflata på avsetningen representerer et vannskille, og det er observert kildeutslag både på østsida mot Østeråsdaalen og på vestsida mot Forradalen. På bakgrunn av dagens arealbruk, beliggenhet og antatt kapasitet, er kildene på østsida av avsetningen mest interessante med tanke på vannuttak.

## 3. BESKRIVELSE AV KILDEUTSLAG

Under feltbefaringen den 16.05.2001 ble det i skråningene mot Østeråsdaalen registrert mange kildeutslag. Beliggenheten er vist på kartbilag -02 og koordinatene er presentert i databilag 5. Nedenfor følger en kort beskrivelse av sju av kildene.

### Kilde 1 (nordøst for grustak og ca. 5 m sør for vei)

Kapasitet:	1,5-2,0 l/s
Temperatur:	3,7 °C
Elektrisk ledningsevne:	13,3 mS/m
Merknad:	Kilde aktuell for vannuttak. Prøvetatt.

#### Kilde 2 (i grustak)

Kapasitet:	2 – 3 l/s
Temperatur:	4,0 °C
Elektrisk ledningsevne:	7,4 mS/m
Merknad:	Kilden tørker ut ved langvarig frost eller tørke. Prøvetatt.

#### Kilde 3 (nord for vei og nedenfor fylling)

Kapasitet:	0,1 l/s
Temperatur:	4,5 °C
Elektrisk ledningsevne:	39,9 mS/m
Merknad:	Mye jernutfelling tyder på forurensning fra fyllingen. Prøvetatt.

#### Kilde 4 (øst for Rundhaugen)

Kapasitet:	0,1 l/s
Temperatur:	3,0 °C
Elektrisk ledningsevne:	5,9 mS/m
Merknad:	Lite kildeområde ved bekk i foten av skråning.

#### Kilde 5 (sørøst for Rundhaugen)

Kapasitet:	0,3 l/s
Temperatur:	4,1 °C
Elektrisk ledningsevne:	5,8 mS/m
Merknad:	Kilde ved bekk og i foten av skråning.

#### Kilde 6 (nord for vei)

Kapasitet:	0,3 l/s
Temperatur:	3,5 °C
Elektrisk ledningsevne:	13,5 mS/m
Merknad:	Liten kildebekk som samler opp flere små kilder i overgangen mot underliggende leire.

#### Kilde 7 (nord for vei og fylling)

Kapasitet:	0,5-1,0 l/s
Temperatur:	3,4 °C
Elektrisk ledningsevne:	8,4 mS/m
Merknad:	Kildehorisont, litt jernutfelling nærmest fyllingen.

Det ble tatt vannprøver av kildene 1, 2 og 3, og fysisk-kjemiske analyser av disse er vist i databilag 2. Grunnvannet i kildene 1 og 2 er av god kvalitet og alle målte parametere tilfredsstiller kravene i Drikkevannsforskriften, mens grunnvannet i kilde 3 har høyere ioneinnhold og har alt for høye konsentrasjoner av jern og mangan i forhold til kravene til drikkevann. Den store forskjellen i fysisk-kjemiske egenskaper må skyldes at grunnvannet i kilde 3 delvis renner igjennom en avfallsfylling før det slår ut i dagen. Fyllingen består trolig av avfall fra driften av grustaket; tomme oljefat, metallskrap etc. som inneholder stoffer som selv i små mengder kan forurense grunnvannet.

I perioden mai 2001 til mai 2002 ble det av NGU tatt 5 vannprøver fra kilde 1 som er analysert på fysisk-kjemiske parametere, mens kommunen har tatt ut 20 vannprøver som er analysert på fysiske og bakteriologiske parametere. Resultatet av disse analysene er vist i databilag 4. Grunnvannet i kilden har i hele perioden hatt en god og stabil fysisk-kjemisk kvalitet og alle målte parametere tilfredsstiller kravene i Drikkevannsforskriften. De små

svingningene i elektrisk ledningsevne (konduktivitet) som er registrert, skyldes variasjoner i grunnvannets oppholdstid. Tørre perioder og lange perioder med frost gir økt oppholdstid og følgelig en økning i grunnvannets ioneinnhold og konduktivitet. Det er påvist 1 koliform bakterie i to prøver, men dette skyldes trolig at disse to prøvene ble tatt i bekken nedenfor kildeutslaget. Ellers er den bakteriologiske kvaliteten god.

Det er ikke foretatt nøyaktige kapasitetsmålinger av kilde 1, men bekken som renner fra kildene 1 og 2 hadde ved målinger i mai 2001 en vannføring på ca. 5 l/s. Observasjoner gjennom sommeren og høsten 2001 tyder på at vannføringen i kilde 1 er relativt stabil, men dette burde vært dokumentert ved kapasitetsmålinger gjennom et helt år.

#### **4. GEORADARMÅLINGER**

For å utføre en tredimensjonal kartlegging av løsmasseavsetningen og grunnvannsmagasinet ble det målt profiler med georadar. Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av lagdeling, løsmassetykkelse, løsmasstype og grunnvannsnivå. En generell beskrivelse av målemetoden er gitt i tekstbilag 1.

Resultatene fra målingene ble også benyttet til å optimalisere plassering av etterfølgende boringer. Georadarmålingene ble utført langs profilene P1-P5, med en samlet lengde på ca. 900 m. Grunnvannsnivået, som kommer tydelig fram på alle profilene, ligger mellom 0 og 7 m under overflaten. På selve toppflata er det mellom 4 og 7 m ned til grunnvannsnivået, mens i grustaket og nedover mot kildene 1 og 2 er det mindre enn 1 m med sand og grus over grunnvannsspeilet. Fjelloverflaten sees tydelig i starten og slutten av profil 1, i slutten av profil 2, i hele profil 4 og sporadisk i resten av opptakene. Løsmassetykkelsen er mer enn 25 m både i profil 1 og 2.

Opptakene og profilenes beliggenhet er vist i kartbilag –03. Profilenes koordinater er presentert i databilag 5. Opptakene er vist med en opptakstid på 600 ns og 700 ns, som tilsvarer henholdsvis 156 m.o.h og 158 m.o.h. Målingene har ikke avdekket reflektorer nedenfor disse nivåene. Merknader nederst på opptakene angir kryssing av stier, profiler og lignende. Posisjonene som er angitt øverst på opptakene forteller hvilken vei profilene er målt. Profilenes startpunkt (0 m) er angitt på kartutsnittet.

For å få en så nøyaktig fremstilling av opptakene som mulig, er det foretatt terrengkorreksjoner av profilene. Terrenghøyden er hentet fra topografisk kart i målestokk 1:5000 med 5 meter koteavstand, og opptakene er forsynt med høydeakser som refererer til høyde over havoverflata. Høydeangivelsene i deler av profilene kan, p.g.a relativt stor koteavstand, være noe usikre, og grunnvannsreflektoren kan derfor stedvis være noe ujevn. Små variasjoner i grunnvannsnivået kan også skyldes hastighetsvariasjoner i overliggende masser.

##### **P1**

Profilen går langs vei med start nedenfor kilde 1 og ender på toppflata sørvest for grustaket. Opptaket er plottet fra sørvest mot nordøst (reversert). Grunnvannsspeilet trer tydelig fram på opptaket og kan følges fra ca. 5 meters dyp (nivå 188 m.o.h) i sørvest til ca. 0-1 meters dyp (nivå 178 m.o.h) i nordøst ved profilene P3 og P4. Utholdende, tilnærmet horisontale, reflektorer i området mellom posisjonene 35 og 185 indikerer lagdeling av sand/finsand. I

resten av opptaket antas løsmassene å bestå av dårligere sortert sand og grus. Fjelloverflata sees tydelig i starten og slutten av profilet, mens i resten av opptaket ligger fjellet for dypt (> 20 m) til at det lar seg detektere.

### P2

Profilet er målt på tvers av P1 langs vei og sti, vest og sør for grustaket. Grunnvannsspeilet ses på ca. 5 meters dyp (nivå 184 m.o.h) i starten av profilet (posisjon 0), og kan følges mer eller mindre sammenhengende opp mot ca. 3 meters dyp (nivå 190 m.o.h) nordøst for infiltrasjonsområdet i sørøst (posisjon 295). Løsmassene tolkes som sand og grus. Fjelloverflata kan antydes ved ca. 26-28 meters dyp mellom posisjonene 150-175. Herfra avtar dyp til fjell utover langs profilet. I enden av opptaket ses fjelloverflata ved ca. 7-10 meters dyp.

### P3

Profilet går fra profil 1 ved kilde 1 og mot vest. Opptaket er plottet fra øst mot vest (reversert). Mellom posisjonene 5 og 50 går profilet over fyllmasser. Her er det vanskelig å detektere grunnvannsspeil. Vest for fyllinga sees hellende grunnvannsspeil fra nivå 183 m.o.h til nivå 176 m.o.h. Løsmassene består trolig av sand og grus. Fjelloverflata ligger trolig for dyp til at den lar seg påvise i opptaket. Den kan kun erkjennes fra posisjon 0 (ved 13 meters dyp) til posisjon 7 (ved 18 meters dyp). Fyllinga ser ut til å være ca. 3 meter tykk.

### P4

Profilet er målt fra P1 ved kilde 1 og ca. 50 meter sørover. Grunnvannsspeil viser en klar helling fra nivå 179 m.o.h ved kilden til ca. 182 m.o.h ved profilets slutt. Fjelloverflata erkjennes mellom nivå 169 m.o.h og 173 m.o.h. Løsmassene tolkes som sand og grus.

### P5

Profilet går i retning nord-sør, mot sti øst for Bh 4. Grunnvannsspeil er vanskelig å detektere, men antas å ligge på nivå 186 m.o.h i nord og på nivå 189 m.o.h i sør. Ved nivå 186 m.o.h sees en tydelig reflektor som trolig representerer et skille mellom to avsetningssekvenser. Avsetningene tolkes som sand og grus. Bare bruddstykker av fjelloverflata kan erkjennes i opptaket.

## **5. UNDERSØKELSESBORINGER**

Det ble til sammen utført seks undersøkelsesboringer i området. Plasseringen av disse er vist i kartbilag -02 og koordinatene er presentert i databilag 5. Databilagene 1.1 og 1.2 viser boreprofilene. Dybden til fjell og grunnvannsnivå stemmer stort sett overens med tolkningen av georadaropptakene.

I borehull 1 ble det påvist ca. 7 m sand og grus over sand over fjell på ca. 11 m dyp. Det ble satt ned en testbrønn. Spyling av denne i nivå 4,7-5,7 m under bakken indikerte tette masser.

Borehull 2 viste stort sett en veksling mellom finsand og sand over fjell på 20 m dyp. Testpumper av en undersøkelsesbrønn i nivåene 6,7-7,7 og 10,7-11,7 samt 14,7-15,7 m ga vannmengder på henholdsvis 0,8 og 0,25 samt 0,7 l/s. Dette indikerer masser med middels vanngjennomgang.

Borehull 3 viste sand og grus til 8 m dyp, sand fra 8 til 13 m dyp og morene fra 13 til 15,5 m hvor det ble påvist fjell. Testpumping av en undersøkelsesbrønn i nivåene 4,7-5,7 og 8,7-9,7 m ga vannmengder på henholdsvis 1,0 og 1,25 l/s. Dette indikerer middels til god vanngjennomgang.

I borehull 4 ble det påvist en veksling mellom grusig sand, sand og finsand. Spyling av en nedsatt undersøkelsesbrønn indikerte middels vanngjennomgang i nivå 4,7-5,7 m og dårlig vanngjennomgang i nivå 8,7-9,7 m. Grunnvannsnivået ble målt til 4,2 m under bakken.

Borehull 5 viste 4,5 m med stein, grus og sand over finsand og hardpakket sand. Det ble boret til 18,7 m uten å treffe fjell. Grunnvannsnivået ble målt til 5,4 m under bakkenivå.

I borehull 6 ble det påvist stein, grus og sand til 3,7 m og deretter et lag med stein- og grusblandet finsand til ca. 7 m dyp. Fra 7 til ca. 17 m ble det påvist finsand og fra 17 m dyp var det klare indikasjoner på leire. Fjelloverflaten ble ikke påvist.

Det ble tatt ut vannprøver for analyse ved testpumpingene av undersøkelsesbrønn 2 i nivå 6,7-7,7 m og 14,7-15,7 m og av undersøkelsesbrønn 3 i nivå 4,7-5,7 m og 8,7-9,7 m.

Analyseresultatene er vist i databilag 3. Alle de fire vannprøvene er av meget god fysisk-kjemisk kvalitet i det alle målte parametere, med unntak av turbiditet (partikkelinnhold), tilfredsstillende kravene til drikkevann. Den relativt høye turbiditeten skyldes partikler i vannet som en følge av kort pumpetid (ca. 15 min.) og stor filteråpning. Ved lengre pumpetid og riktig dimensjonert filter vil turbiditeten bli vesentlig lavere. Det er en tendens til noe høyere innhold av løste mineraler, noe høyere pH-verdi og lavere fargetall i prøver fra borehull 2 enn i prøver fra borehull 3. Dette skyldes at grunnvannet fra borehull 2 har lengre oppholdstid i grunnen, og dermed er bedre filtrert og mer eksponert for kjemiske prosesser.

## **6. BESKRIVELSE AV GRUNNVANNSFOREKOMSTEN**

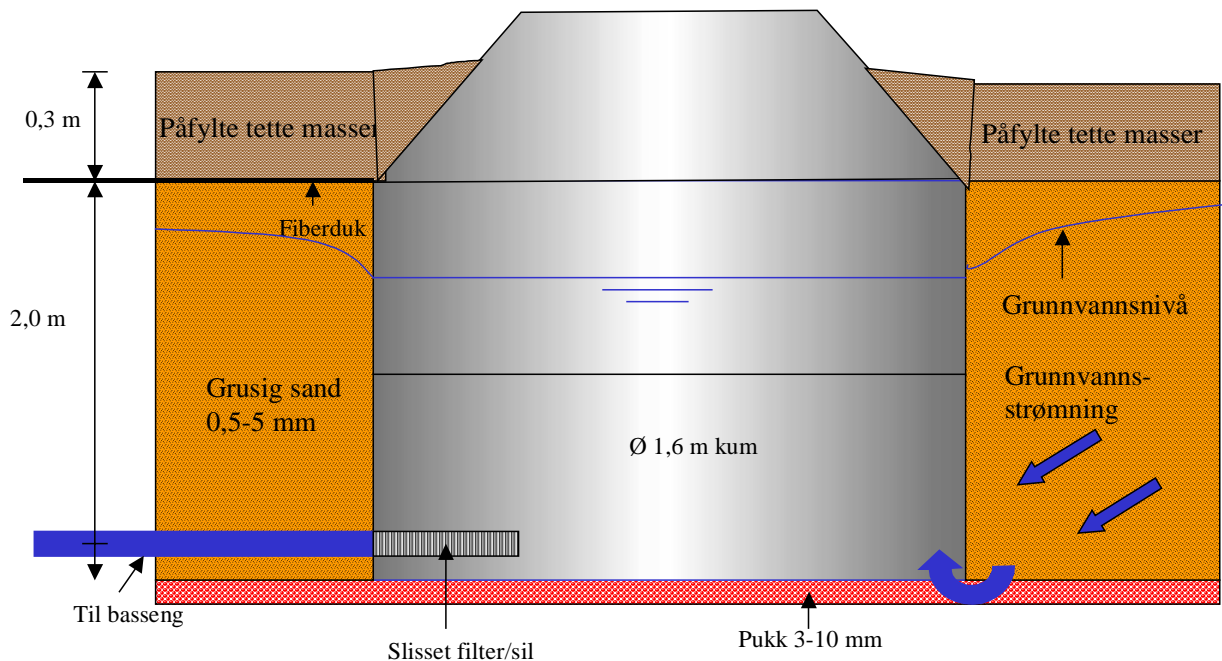
Sand- og grusavsetningen på Høggåsmoen har en utbredelse på ca. 0,3 km<sup>2</sup>. Dersom det antas en gjennomsnittlig tykkelse på vannmettet sand og grus på 5 m og en effektiv porøsitet på 15 %, vil grunnvannsforekomsten romme ca. 225 000 m<sup>3</sup> grunnvann. Til sammenligning vil et gjennomsnittlig vannforbruk på 0,6 l/s (vannverkets antatte vannbehov) kreve ca. 18 900 m<sup>3</sup> vann pr. år.

Nydannelsen av grunnvann skjer ved infiltrasjon av nedbør på selve avsetningen og ved infiltrasjon av bekker som renner ut på avsetningen. Med et totalt nedbørsfelt på 0,5 km<sup>2</sup>, en nedbørsmengde på 950 mm/år, en fordamping på 30 % og en avrenning på 10 % blir nydannelsen av grunnvann 285 000 m<sup>3</sup>/år eller 9 l/s. Dette grunnvannet slår ut i kilder både på øst- og vestsida av avsetningen. Ut fra topografi og kartlegging av grunnvannsnivået ved georadarmålingene og målinger i undersøkelsesbrønnene, er det i kartbilag -02 angitt antatt retning på grunnvannsstrømmen. Det kan antas at 2/3 av grunnvannet (ca. 6 l/s) strømmer mot øst og slår ut i kilder mot Østeråsdaalen. Selv om disse beregningene er basert på usikre data, viser de at den gjennomsnittlige vannføringen i kildene langt overstiger det angitte vannbehovet for vannverket (0,6 l/s).

## 7. FORSLAG TIL BRØNNETABLERING

På grunnlag av de utførte undersøkelsene av grunnvannsforekomsten er det to mulige brønnløsninger:

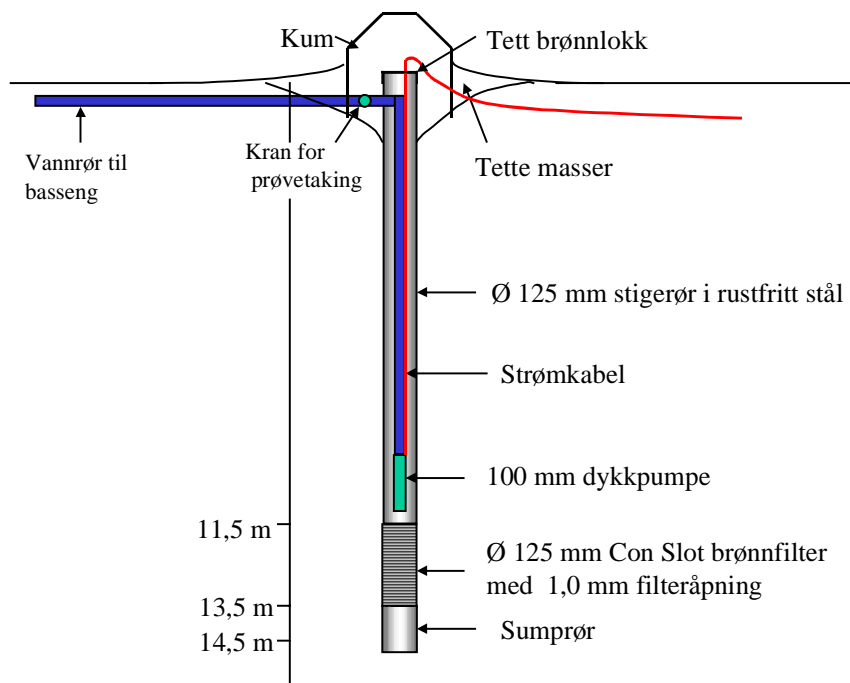
- 1) Uttak direkte fra kilde 1. Det graves ned en kum ved kilden som vist i figur 1. Kummen graves ned 2 m (hvis mulig) og plasseres oppå et lag av pukkk/singel. Rundt kummen bør det fylles filtermateriale bestående av grusig sand. Over sanda legges det tette masser med fall fra kummen. Det er meget viktig at overflatevann hindres fra å strømme inn i brønnen. Det kan med fordel graves en grunn drengrøft på oversida av brønnen for å lede bort overflatevann. Fordelen med en slik brønnløsning er at den ikke krever strøm til pumping. Det blir dermed en meget rimelig brønnetablering som vil medføre små driftsutgifter fordi vannkvaliteten er så god at grunnvannet trolig ikke behøver vannbehandling. Ulempen med løsningen er at kapasiteten av brønnen vil variere med nedbør og snøsmelting, og at vannkvaliteten er sårbar fordi uttaket av grunnvann ligger nær overflaten og dermed er dårligere beskyttet mot forurensning enn i en dypere rørbrønn.



Figur 1. Prinsippkisse av kum for oppsamling av grunnvann fra kilde 1.



- 2) Uttak av grunnvann fra nedboret rørbrønn (se figur 2). Brønnen plasseres like øst for massetaket og ved enden av georadarprofil P4. Denne plasseringen vil gi liten konflikt med fortsatt drift av massetaket forutsatt at videre uttak hovedsakelig styres mot vest. Dette alternativet vil kreve strøm til dykkpumpe i brønnen og vil derfor bli en litt dyrere løsning, med hensyn til både brønnetablering og drift. Fordelen med denne løsningen er at inntaket skjer mye dypere i grunnvannsmagasinet. Dette gir en mer stabil kapasitet og sikrere kvalitet fordi et dypt inntak via et brønnfilter er mindre sårbart for forurensning enn et grunt inntak fra en gravd brønn.



Figur 2. Forslag til dimensjonering av rørbrønn

## 8. SIKRING AV GRUNNVANNSKILDEN

### 8.1 Mulige forurensningskilder

Det aktuelle stedet for grunnvannsuttag ligger like ved et eksisterende massetak med sporadisk drift. Lekkasje av olje og drivstoff fra kjøretøy er derfor en potensiell forurensningskilde. I tillegg er det registrert en liten avfallsfylling like nord for massetaket. Fyllingen består trolig av avfall fra driften av grustaket (tomme oljefat, metallskrap etc.) og kan inneholde stoffer som selv i små mengder kan forurense grunnvannet. Avrenningen fra denne fyllingen går imidlertid mot øst, dvs. nedstrøms en eventuell produksjonsbrønn.

### 8.2 Soneinndeling

Vannets oppholdstid i umettet og mettet sone har stor betydning for 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.

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.

- Sone 0: Brønnområdet
- Sone 1: Det nære tilsigsområdet. Grense for 60 døgns oppholdstid ved et uttak tilsvarende dimensjonerende vannforbruk.
- Sone 2: Det fjerne tilsigsområde. Hele infiltrasjonsområdet.
- Sone 3: Det ytre verneområde. Omfatter arealer som vil kunne influere på grunnvannets kvalitet.

Utbredelsen av sone 1 bestemmes i hovedsak av grensen for 60 døgns oppholdstid på grunnvannet, dvs. sonen skal omfatte det arealet hvor grunnvannet bruker mindre enn 60 døgn på å nå brønnen med et grunnvannsuttag som tilsvarer maksimalt døgnforbruk. Denne grensen er vanskelig å beregne. Den sikreste måten er å benytte sporforsøk der man måler tiden det tar fra man tilsetter et sporbart stoff i en peilebrønn til det kan spores i pumpebrønnen. Dette er ikke gjort ved denne undersøkelsen, slik at man må benytte andre metoder. Sone 1 bestemmes derfor ut fra grunnvannets naturlige strømningsretning og –hastighet. Det tas utgangspunkt i et permanent uttak direkte fra kilde 1.

Hastigheten på grunnvannsstrømmen ( $V$ ) mot kilden beregnes ut fra følgende formel:

$$V = k \times i / n_{\text{eff}}$$

" $k$ " er hydraulisk ledningsevne som i dette tilfellet kan settes til  $3 \times 10^{-4}$  m/s.

" $i$ " er hydraulisk gradient som ut fra grunnvannsspeilets helning inn mot brønnstedet kan settes til 1,5 % dvs. 0,015

" $n_{\text{eff}}$ " er effektiv porøsitet som kan settes til 15 %.

Dette gir en hastighet på  $3 \times 10^{-4} \text{ m/s} \times 0,015/0,15 = 3 \times 10^{-5} \text{ m/s} = 2,6 \text{ m/døgn}$   
Utbredelsen på 60 døgnsgrensen blir dermed maksimalt  $2,6 \text{ m/døgn} \times 60 \text{ døgn} = 155 \text{ m}$ .  
Utbredelsen blir mindre i retninger med en vinkel på grunnvannets strømningsretning.  
I kartbilag -04 er det gitt forslag til utbredelsen av sone 1. Dersom det velges uttak fra rørbrønn må utbredelsen av sone 1 bestemmes på grunnlag av resultatene av en langtids prøvepumping med måling av grunnvannsnivå i omkringliggende peilebrønner.

Utbredelsen av sone 2, resten av infiltrasjonsområdet, bestemmes ut fra grunnvannets antatte strømningsmønster (se kartbilag -02). I tillegg er det tatt hensyn til veier og andre naturlige skillelinjer. Forslag til sonегrense er vist i kartbilag -04.

Sone 3, det ytre verneområdet, omfatter hele nedbørsfeltet til kildeutslaget, dvs. også høydedragene sør for Høggåsmoen. Forslag til sonегrense er vist i kartbilag -05.

### **8.3 Forslag til tiltak og restriksjoner i brønnområdet**

Sone 0:

Brønnområdet må inngjerdes. Det foreslås at inngjerdingen omfatter et område på min. 10 x 10 m rundt planlagt brønn. Det viktigste tiltaket er god tetting langs inntakskummen for å hindre innsig av overflatevann (se fig. 1).

Sone 1:

Det er størst fare for forurensning knyttet til drift i massetaket. Det bør derfor ikke tillates uttak av løsmasser innen sone 1. Ellers er det ikke behov for arealrestriksjoner i forhold til eksisterende arealbruk. Det bør ikke tillates igangsetting av annen forurensende aktivitet som for eksempel veibygging eller lagring av oljeprodukter.

Sone 2:

I sone 2 kan det tillates uttak av løsmasser, men det bør stå igjen en sone på minst 2 m over grunnvannsspeilet. Det bør heller ikke tillates lagring av olje eller drivstoff i denne sonen. Ellers er det ikke behov for restriksjoner i forhold til dagens arealbruk. Det bør ikke tillates igangsetting av aktivitet som medfører fare for større forurensninger.

Sone 3

Ingen restriksjoner unntatt for aktivitet som kan medføre stor fare for forurensning av grunn og grunnvann, f.eks. søppelplasser, større oljelager og lignende.

\*\*\*

Vi gjør for ordens skyld oppmerksom på at en endelig godkjenning av vannverket, inklusiv soneinndeling med arealrestriksjoner rundt grunnvannsbrønnen, må foretas av helserådet i kommunen.

## 9. VURDERING AV GRUSRESSURSENE

Georadarmålingene og undersøkelsesboringene gir indikasjoner om hvor store grusressurser som finnes i avsetningen. På hele flata sør og vest for eksisterende massetak ligger grunnvannsnivået mellom 4 og 7 m under bakken. De største mektigheter av tørre sand og grusmasser finnes i området vest for dagens massetak (i starten av georadarprofil P2) og i sørenden av georadarprofil P5 (se kartbilag -01). Sonderboringene viser materiale som veksler mellom grusig sand og finsand, men det er en klar tendens til mer finstoffdominert materiale mot dypet. I borehullene 5 og 6 er det 4-5 m grove masser over finsand.

Grusforekomsten har som tidligere nevnt en utbredelse på ca. 0,3 km<sup>2</sup>. På bakgrunn av løsmassefordelingen mot dypet og grunnvannsnivået er det gjennomsnittlig 3 – 4 m uttakbar sand og grus i det aktuelle området. Avsetningen rommer dermed drøyt 1 mill. m<sup>3</sup> utnyttbar sand og grus, men ca. 30 % av arealet består av dyrket mark, vei eller bebyggelse.

For å unngå konflikt med et eventuelt grunnvannsuttak bør videre uttak av sand og grus skje mot vest, dvs. på motsatt side av veien i forhold til dagens uttak.

Ettersom det i denne omgang ikke ble prøvetatt representative grusprøver under boringen, har vi ikke vurdert kvaliteten av massene til ulike bruksformål.

## 10. REFERANSER

Helsedepartementet, 2002: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).

Sveian, H., 1996 : Digitalt kvartærgeologisk kart over Nord-Trøndelag med utsnitt av Stjørdal kommune.

## **GEORADAR - METODEBESKRIVELSE**

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

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

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

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

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

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

hvor  $\varepsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\varepsilon_r$ -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  $\varepsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

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

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

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

## **HYDROGEOLOGISKE UNDERSØKELSESMETODER I LØSMASSER VED NGU**

### **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.

#### 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).

#### 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.

### **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 Ø36 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 4-5 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 vanngiversevne 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. Alle sonderboringer og undersøkelsesbrønner blir lagt inn i NGU's brønndatabase.

### 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 gjennomstrømningsprøvetaker.

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

## **4 VANNPRØVETAKING**

Under grunnvannsundersøkelser tas det vannprøver til fysikalsk-kjemiske analyser 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.



## 5 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, NO<sub>3</sub>), CO<sub>2</sub>-innhold og O<sub>2</sub>-innhold blir bestemt ved bruk av fargespektrometri, mens til feltmålinger av pH, Eh og ledningsevne brukes sensoriske metoder.

Den største fordel 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.

## 6 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 på vannprøver:

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

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,  $\pm 0.004$  mS/m i måleområdet 0.004-0.2 mS/m og  $\pm 0.003$  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  $\pm 0.05$  pH.

Bestemmelse av alkalitet blir gjort etter NS 4754. 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,  $\pm 0.004$  mmol/l i måleområdet 0.2-2 mmol/l og  $\pm 0.03$  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. Måleinstrumentet er et Hach 2100 A Turbidimeter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.05 FTU og en analyseusikkerhet på  $\pm$

0.04 FTU i måleområde 0.05-1.0,  $\pm 0.4$  FTU i måleområde 1.0-10,  $\pm 4$  FTU i område 10-100 og  $\pm 40$  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 målnøyaktighet som tilfredsstiller de krav som stilles i Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Helsedepartementet, 2002).

**Tabell 1: 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 %
Å	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 2: Nedre bestemmelsesgrense for analyserte anioner**

ION	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
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 analysen 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

Helsedepartementet, 2002: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften).

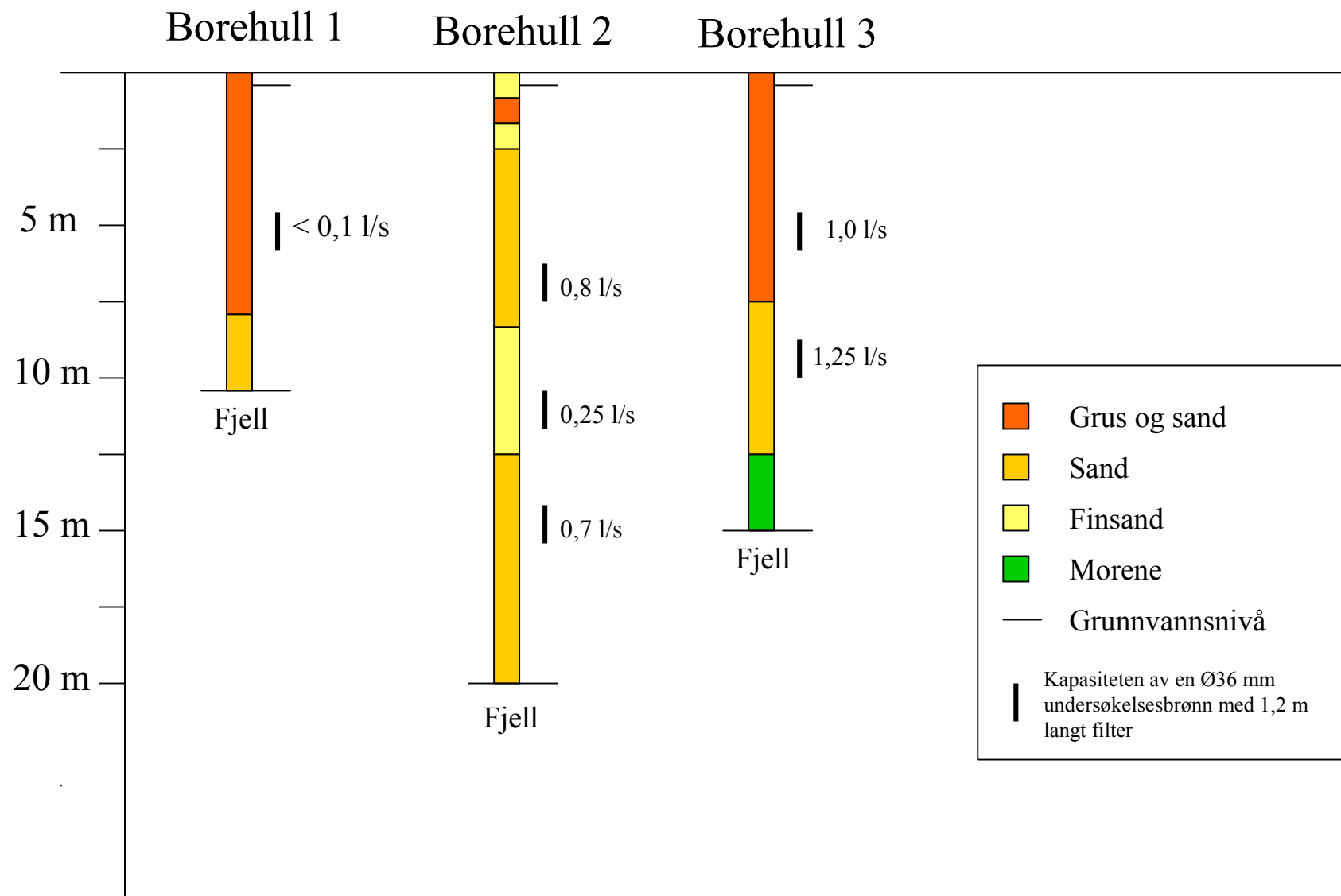
Bjerkli, K., 1994: NGU-SD 0.1 Kvalitetshåndbok for NGU-LAB. *Norges geologiske undersøkelse*.

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

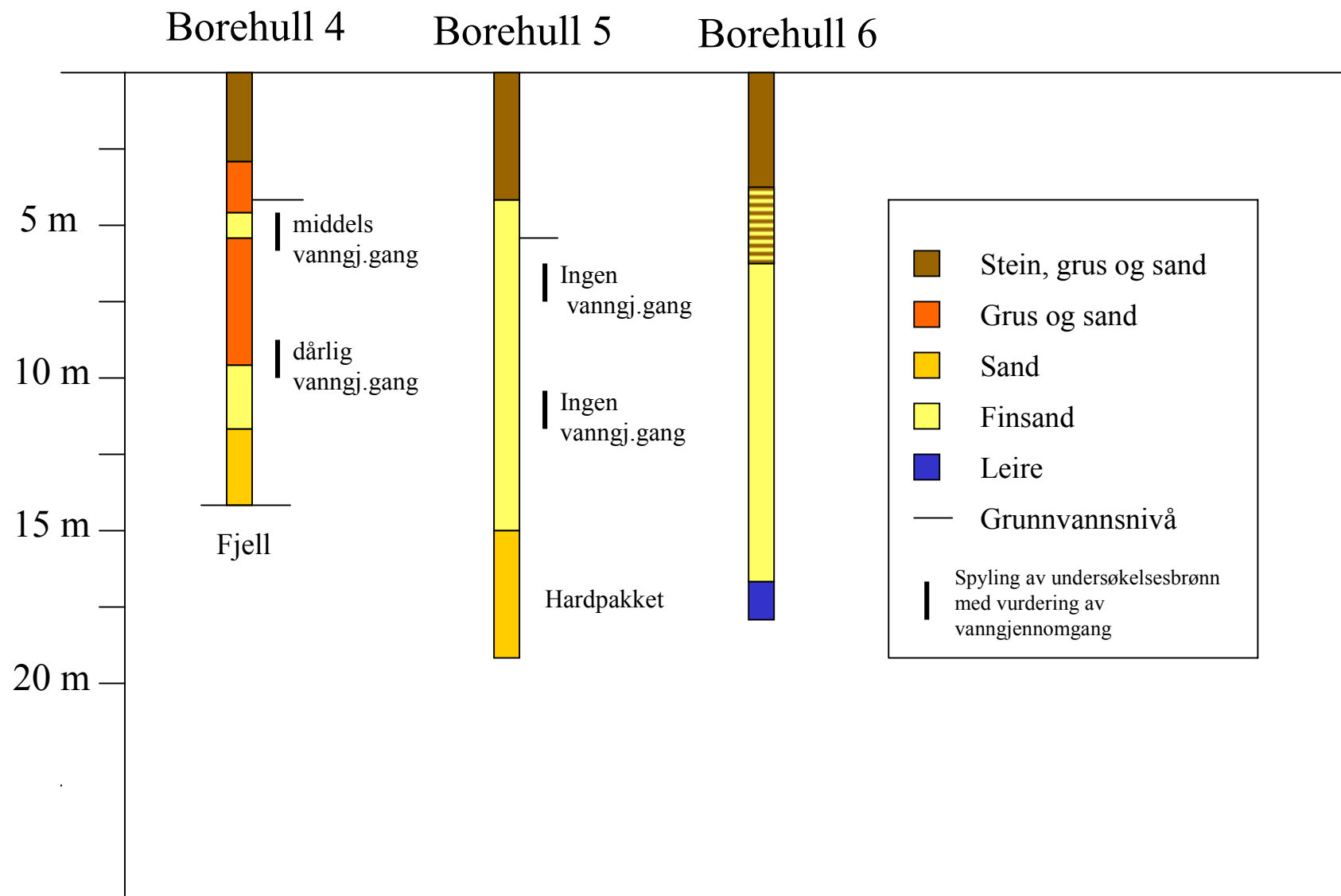
GiN-veileder nr. 6, 1990: Grunnvatn i fjell til spreidd busetnad. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

GiN-veileder nr. 7, 1990: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. *Norges geologiske undersøkelse, Miljøverndepartementet*.

# Boreprofiler, undersøkelsesboringer



# Boreprofiler, undersøkelsesboringer



**VANNANALYSER**
**FYLKE:** Nord-Trøndelag

**KART (M711):** 1721 I Flornes

**KOMMUNE:** Stjørdal

**PRØVESTED:** Høggåsmoen

**OPPDRAKSNUMMER:** 2001.0201

**ANALYSERT VED:** Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	Kilde 1	Kilde 2	Kilde 3								Grenseverdi <sup>1</sup>	
Dato	16.05.01	16.05.01	16.05.01									
Brønntype	Kilde	Kilde	Kilde									
Prøvedyp m	0	0	0									
Brønndimensjon mm												
X-koordinat Sone: 32	0616341	0616319	0616304									
Y-koordinat Sone: 32	7041215	7041169	7041249									
<b>Fysisk/kjemisk</b>												
Surhetsrad, felt/lab nH		7,11		6,76		7,32					6,5-9,5	
Ledningsevne, felt/lab mS/m	13,3	8,62	7,4	7,4	39,9	29,2					250	
Temperatur °C		3,7		4,0		4,5						
Alkalitet mmol/l		0,62		0,52		2,74						
Fargetall mg Pt/l		2,0		2,4		43,4					20	
Turbiditet F.T.U		0,13		0,22		9,4					0,4	
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l												
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l												
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV												
<b>Anioner</b>												
Fluorid mg F/l		< 0,05		< 0,05		< 0,05					1,5	
Klorid mg Cl/l		4,40		4,75		5,77					200 <sup>2</sup>	
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l		< 0,05		< 0,05		< 0,05					0,16	
Brom mg Br/l		< 0,1		< 0,1		< 0,1						
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l		0,70		0,83		0,20					44	
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l		< 0,2		< 0,2		< 0,2						
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l		3,21		1,88		8,60					100	
Sum anioner+alkalitet meq/l		0,83		0,72		3,10						
<b>Kationer</b>												
Silisium mg Si/l		1,58		1,29		3,33						
Aluminium mg Al/l		< 0,02		< 0,02		< 0,02					0,2	
Jern mg Fe/l		< 0,01		0,015		<b>1,91</b>					0,2	
Magnesium mg Mg/l		2,26		2,09		4,88						
Kalsium mg Ca/l		10,3		8,36		47,9						
Natrium mg Na/l		2,56		2,52		3,68					200	
Kalium mg K/l		0,82		< 0,5		2,44						
Mangan mg Mn/l		< 0,001		0,001		<b>0,877</b>					0,05	
Kobber mg Cu/l		< 0,005		0,011		0,008					0,1	
Sink mg Zn/l		0,031		0,016		0,047						
Bly mg Pb/l		< 0,05		< 0,05		< 0,05					0,01	
Nikkel mg Ni/l		< 0,02		< 0,02		< 0,02					0,02	
Kadmium mg Cd/l		< 0,005		< 0,005		< 0,005					0,005	
Krom mg Cr/l		< 0,01		< 0,01		< 0,01					0,05	
Sølv mg Ag/l		< 0,01		< 0,01		< 0,01						
Sum kationer meq/l		0,83		0,71		3,02						
Ionebalanseavvik <sup>3</sup> %		0		-0,7		-1,3						

<sup>1</sup> Helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (2002).

<sup>2</sup> Vannet skal ikke være korrosivt.

<sup>3</sup> Ionebalanseavvik = (Σkationer-Σanioner)/(Σkationer+Σanioner)·100%

 Sum kationer = Na + Ca + Mg + K. Sum anioner = F + Cl + NO<sub>3</sub> + PO<sub>4</sub> + SO<sub>4</sub> + CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>

**VANNANALYSER**
**FYLKE:** Nord-Trøndelag

**KART (M711):** 1721 I Flornes

**KOMMUNE:** Stjørdal

**PRØVESTED:** Forradal

**OPPDRAKSNUMMER:** 2001.0473

**ANALYSERT VED:** Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	Borehull 2	Borehull 2	Borehull 3	Borehull 3									Grenseverdi <sup>1</sup>
Dato	01.11.01	01.11.01	01.11.01	01.11.01									
Brønntype	u.brønn	u.brønn	u.brønn	u.brønn									
Prøvedyp m	6,7-7,7	14,7-15,7	5,7-5,7	8,7-9,7									
Brønndimensjon mm	36	36	36	36									
X-koordinat Sone: 32	0616255	0616255	0616299	0616299									
Y-koordinat Sone: 32	7041182	7041182	7041172	7041172									
<b>Fysisk/kjemisk</b>													
Surhetsrad, felt/lab nH	7,08	7,37	6,64	6,81									6,5-9,5
Ledningsevne, felt/lab mS/m	10,8	10,4	17,2	16,8	7,5	7,3	8,0	8,0					250
Temperatur °C	5,4	4,9	5,4	4,7									
Alkalitet mmol/l	0,82	1,49	0,49	0,56									
Fargetall mg Pt/l	< 1,4	< 1,4	4,38	3,98									20
Turbiditet F.T.U	5,5	0,52	6,6	5,2									0,4
Oppløst oksygen mg O <sub>2</sub> /l													
Fritt karbondioksid mg CO <sub>2</sub> /l													
Redoks.potensial, E <sub>h</sub> mV													
<b>Anioner</b>													
Fluorid mg F/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05									1,5
Klorid mg Cl/l	4,46	4,17	4,63	4,93									200 <sup>2</sup>
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05									0,16
Brom mg Br/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1									
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	0,69	0,68	1,35	1,02									44
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2									
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	3,05	4,58	2,23	2,10									100
Sum anioner+alkalitet meq/l	1,03	1,73	0,70	0,77									
<b>Kationer</b>													
Silisium mg Si/l	1,50	1,58	1,30	1,46									
Aluminium mg Al/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02									0,2
Jern mg Fe/l	0,045	< 0,01	0,036	0,039									0,2
Magnesium mg Mg/l	3,26	4,55	2,03	2,25									
Kalsium mg Ca/l	12,0	23,9	7,9	8,9									
Natrium mg Na/l	2,92	2,92	2,77	2,82									200
Kalium mg K/l	0,92	0,94	< 0,5	0,64									
Mangan mg Mn/l	0,012	0,008	0,007	0,003									0,05
Kobber mg Cu/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005									0,1
Sink mg Zn/l	0,033	0,022	0,021	0,016									
Bly mg Pb/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05									0,01
Nikkel mg Ni/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02									0,02
Kadmium mg Cd/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005									0,005
Krom mg Cr/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01									0,05
Sølv mg Ag/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01									
Sum kationer meq/l	1,02	1,72	0,70	0,77									
Ionebalanseavvik <sup>3</sup> %	-0,5	-0,3	0,0	0,0									

<sup>1</sup> Helsedepartement: Forskrift om vannforsyning og drikkevann (2002).

<sup>2</sup> Vannet skal ikke være korrosivt

<sup>3</sup> Ionebalanseavvik = (Σkationer - Σanioner) / (Σkationer + Σanioner) · 100%

 Sum kationer = Na + Ca + Mg + K. Sum anioner = F + Cl + NO<sub>3</sub> + PO<sub>4</sub> + SO<sub>4</sub> + CO<sub>3</sub> + HCO<sub>3</sub>

**Kjemiske, fysiske og bakteriologiske analyser av grunnvann fra kilde K1.**

Dato	kap	temp	ledn. (felt)	ledn. (lab)	alkal.	pH (lab)	turb.	farge
	l/s	C	mS/m	mS/m	mmol		F.T.U.	
16.05.2001	1.5	3.70	13.30	8.62	0.62	7.11	0.13	2.00
21.06.2001	1		10.70	10.50	0.82	6.96	0.12	1.60
18.09.2001	1.5	5.90	11.10	11.00	0.88	7.18	0.14	< 1,4
02.11.2001	1	5.60	10.70	10.50	0.82	7.10	0.11	2.00
12.05.2002				11.90	0.95	7.04	0.10	< 1,4
Grenseverdi			250	250		6,5-9,5	4	20

Dato	Si	Al	Fe	Mg	Ca	Na	K	Mn	Cu	Zn	Ni	Ag	Cr	Pb	Cd
	mg/l	ug/l	ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l
16.05.2001	1.58	< 20	< 10	2.26	10.30	2.56	0.82	< 1	< 5	31.30	< 20	< 10	< 10	< 50	< 5
21.06.2001	1.85	< 20	< 10	3.10	13.20	2.89	< 0,5	< 1	< 5	33.80	< 20	< 10	< 10	< 50	< 5
18.09.2001	1.94	< 20	< 10	3.07	13.80	2.99	0.55	< 1	< 5	< 2	< 20	< 10	< 10	< 50	< 5
02.11.2001	1.74	< 20	< 10	2.89	13.10	3.06	0.77	< 1	< 5	< 2	< 20	< 10	< 10	< 50	< 5
12.05.2002	2.27	< 20	< 10	3.38	15.70	2.99	< 0,5	< 1	< 5	< 2	< 20	< 10	< 10	< 50	< 5
Grenseverdi		200	200			200		50	100		20		50	10	5

Dato	F	Cl	NO2	NO3	Br	PO4	SO4	tot. P
	ug/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
16.05.2001	< 50	4.40	< 0,05	0.70	< 0,1	< 0,2	3.21	< 0,1
21.06.2001	< 50	3.78	< 0,05	0.69	< 0,1	< 0,2	4.65	< 0,1
18.09.2001	< 50	3.99	< 0,05	0.77	< 0,1	< 0,2	3.94	< 0,1
02.11.2001	< 50	4.22	< 0,05	0.83	< 0,1	< 0,2	3.86	< 0,1
12.05.2002	50	4.95	< 0,05	0.75	< 0,1	< 0,2	4.32	< 0,1
Grenseverdi	1500	200	0,16	44			100	

Analysert ved NGU-laboratorium.

De oppgitte grenseverdiene referer til Drikkevannsforskriften (2002).

Dato	pH	ledn. (l)	turb.	farge	Kimtall 22 C	K.bakt.	T.k.bakt
		mS/m	F.T.U.		/ml	/100 ml	/100 ml
31.05.2001	6.6	9.1	< 0,10	< 2	2	< 1	< 1
13.06.2001	6.5	9.6	< 0,10	3	3	< 1	< 1
20.09.2001	6.7	11.2	< 0,10	< 2	17	< 1	< 1
02.10.2001	6.7	11	< 0,10	< 2	19	< 1	< 1
18.10.2001	6.7	10.7	< 0,10	< 2	13	< 1	< 1
30.10.2001	6.6	10.8	< 0,10	< 2	17	< 1	< 1
29.11.2001	6.7	12.9	< 0,10	< 2	41	< 1	< 1
17.12.2001	6.7	13.2	< 0,10	< 2	9	< 1	< 1
03.01.2002	6.8	13.2	< 0,10	< 2	17	< 1	< 1
15.01.2002	6.8	11.2	0.11	< 2	19	1	< 1
31.01.2002	6.8	11.7	< 0,10	< 2	121	1	< 1
14.02.2002	6.7	11.3	< 0,10	< 2	19	< 1	< 1
26.02.2002	6.7	11.1	< 0,10	< 2	5	< 1	< 1
13.03.2002	7	10.9	< 0,10	< 2	4	< 1	< 1
04.04.2002	6.7	10.5	< 0,10	< 2	6	< 1	< 1
18.04.2002	6.7	11.1	< 0,10	< 2	2	< 1	< 1
02.05.2002	6.7	12	< 0,10	< 2	5	< 1	< 1
14.05.2002	6.7	11.8	< 0,10	3	< 1	< 1	< 1
30.05.2002					< 1	< 1	< 1
13.06.2002	6.8	10.8	< 0,10	< 2			
Grenseverdi	6,5-9,5	250	4	20	100	0	0

Analysert ved Næringsmiddeltilsynet i Sør-Innhherred (K.bakt. og T.k.bakt = koliforme og termostabile koliforme bakterier)

De oppgitte grenseverdiene referer til Drikkevannsforskriften (2002).



### Stedfestingsdata for georadarprofil

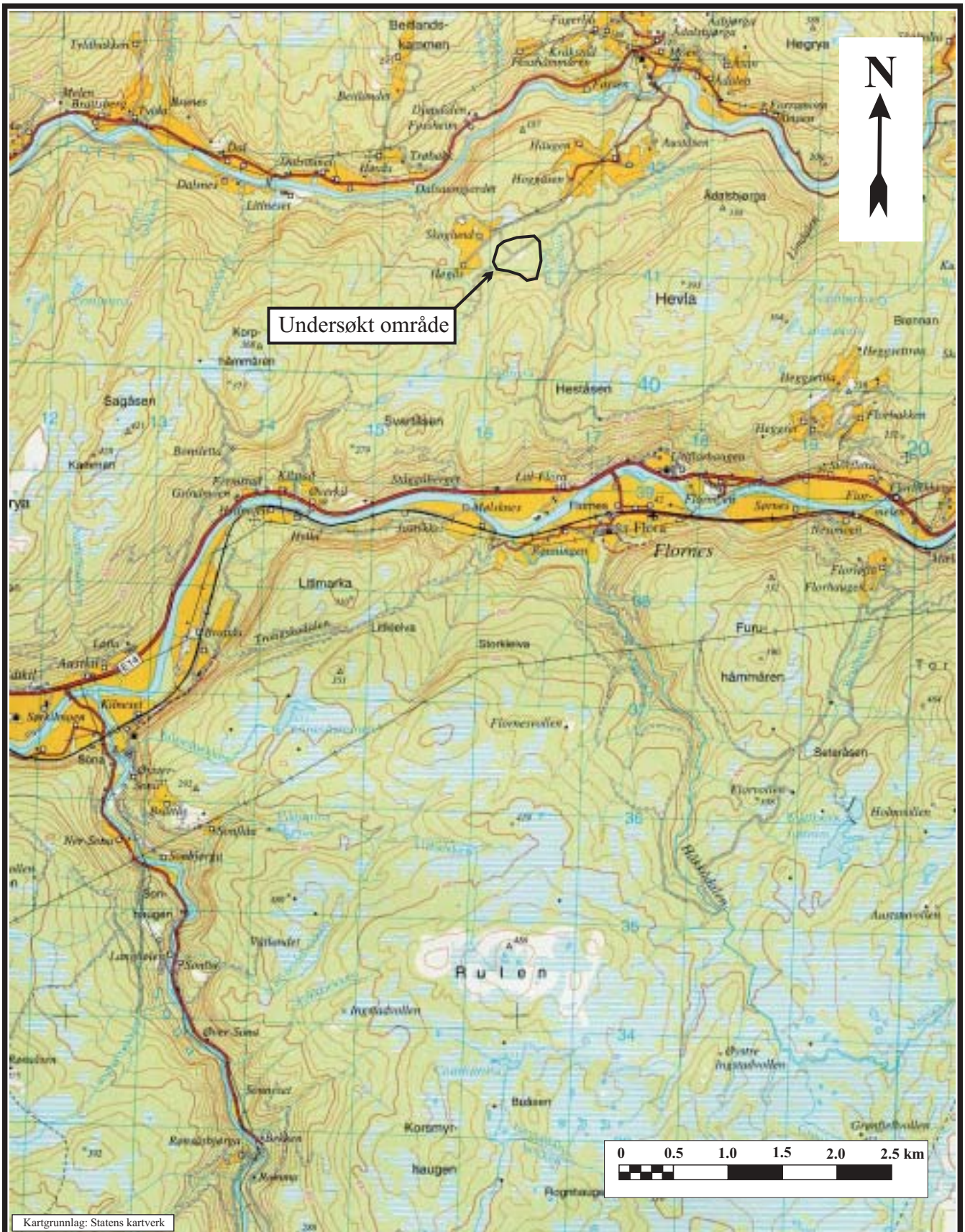
Profil		NGO1948 (Akse 3)		UTM (Sone 32, WGS84)		Målemetode
		Ø	N	Ø	N	
P1	Start	30827	610697	616363	7041250	GPS
P1	Slutt	30575	610520	616116	7041067	GPS
P2	Start	30607	610663	616144	7041210	GPS
P2	Slutt	30831	610399	616375	7040953	GPS
P3	Start	30789	610673	616326	7041225	GPS
P3	Slutt	30693	610691	616229	7041241	GPS
P4	Start	30796	610674	616333	7041226	GPS
P4	Slutt	30809	610629	616347	7041182	Fra øk. kart 1:5000
P5	Start	30823	610562	616363	7041115	Fra øk. kart 1:5000
P5	Slutt	30830	610488	616372	7041042	GPS

### Stedfestingsdata for kildene

Kilde	NGO1948 (Akse 3)		UTM (Sone 32, WGS84)		Målemetode
	Ø	N	Ø	N	
1	30804	610662	616341	7041215	GPS
2	30781	610617	616319	7041169	GPS
3	30768	610697	616304	7041249	GPS
4	30998	610606	616536	7041164	Fra øk. kart 1:5000
5	31026	610563	616566	7041122	Fra øk. kart 1:5000
6	30813	610821	616346	7041374	Fra øk. kart 1:5000
7	30746	610695	616282	7041246	Fra øk. kart 1:5000

### Stedfestingsdata for borehullene

Borehull	NGO1948 (Akse 3)		UTM (Sone 32, WGS84)		Målemetode
	Ø	N	Ø	N	
1	30769	610646	616307	7041198	GPS
2	30717	610632	616255	7041182	GPS
3	30761	610620	616299	7041172	GPS
4	30783	610484	616325	7041036	GPS
5	30604	610533	616145	7041080	GPS
6	30589	610644	616127	7041191	GPS



Kartgrunnlag: Statens kartverk

NGU/STJØRDAL KOMMUNE

Oversiktskart

# HØGGÅSMOEN

STJØRDAL KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT T.L. 21.06.2001

TEGN T.L. 12.07.2001

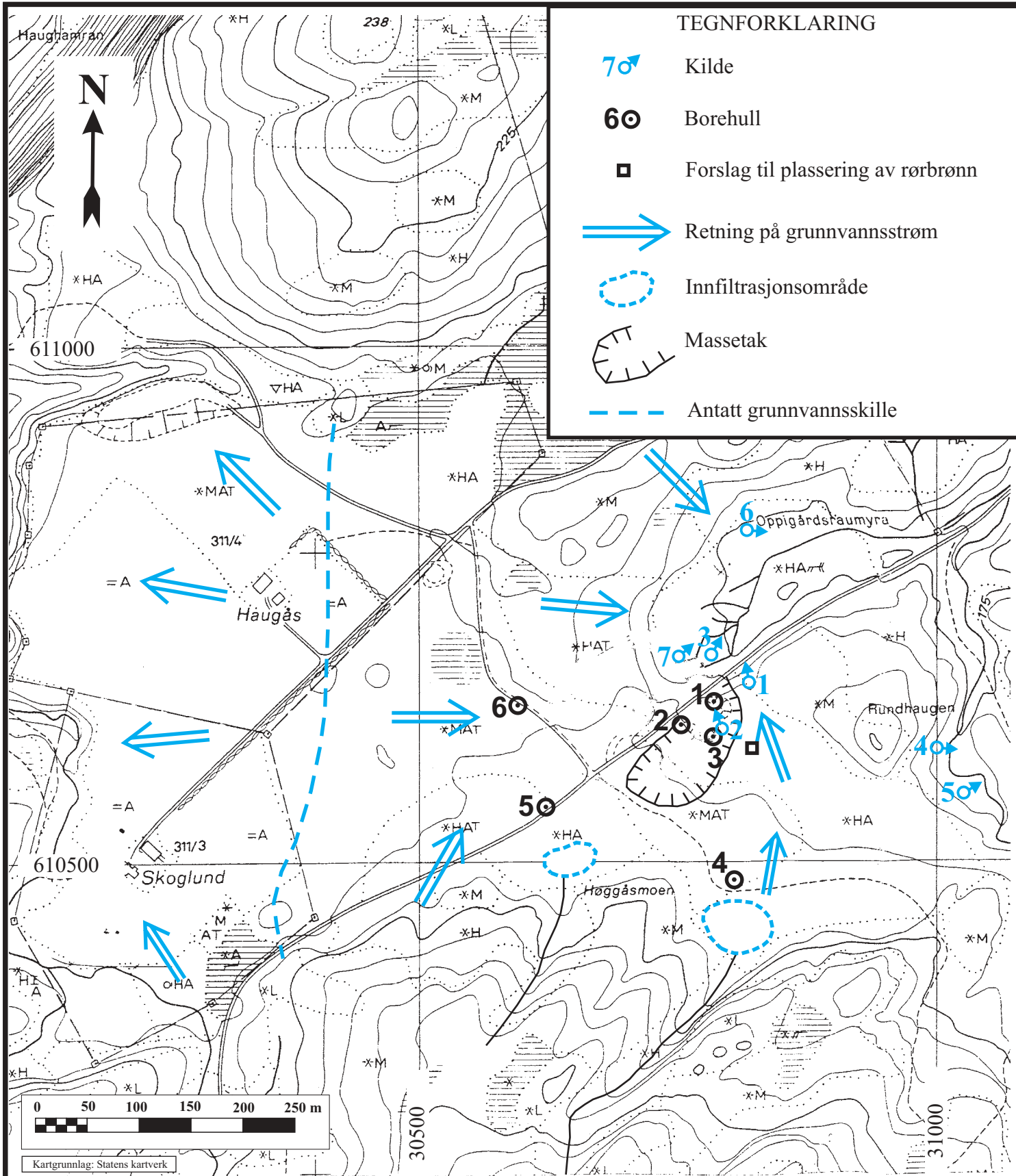
TRAC

KFR

KARTBILAG NR  
2002.072-01

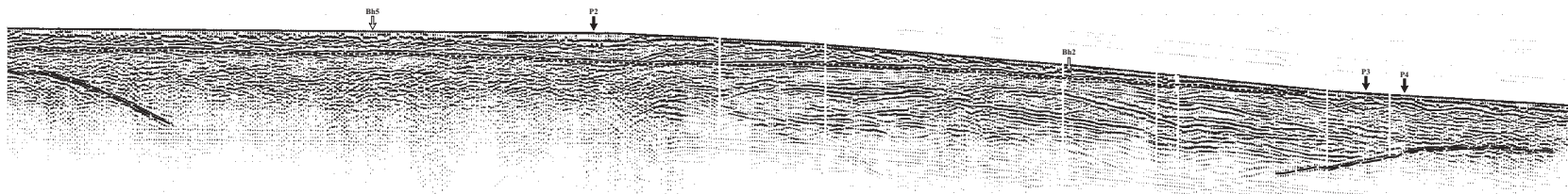
KARTBLAD NR  
1721 IV



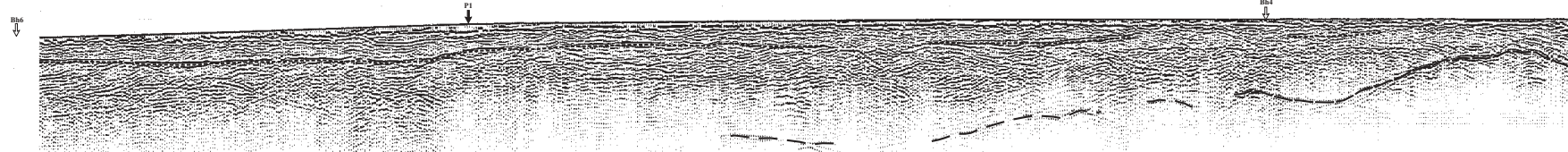


NGU/STJØRDAL KOMMUNE Grunnvannskilder, borepunkt og antatt grunnvannsstrømning <b>HØGGÅSMOEN</b> STJØRDAL KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG	MÅLESTOKK 1 : 5000	MÅLT B.O.H.	Mai 2001
		TEGN T.L.	Des. 2001
		TRAC	
		KFR	
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBILAG NR 2002.072-02	KARTBLAD NR 1721 IV	

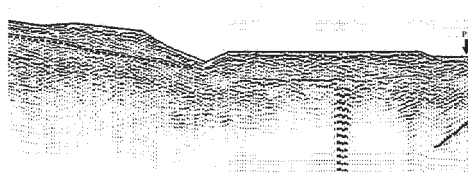
PROFIL 1



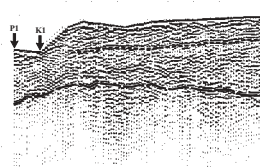
PROFIL 2



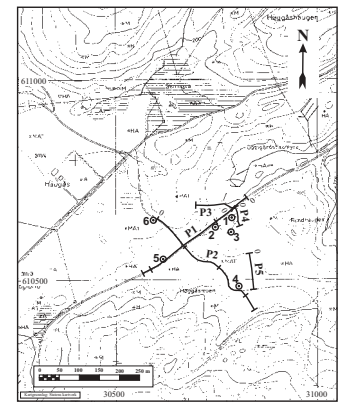
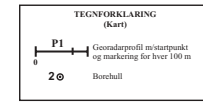
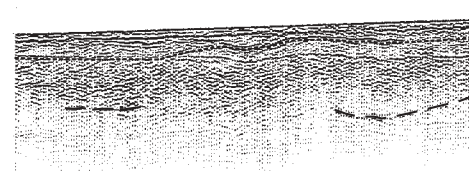
PROFIL 3



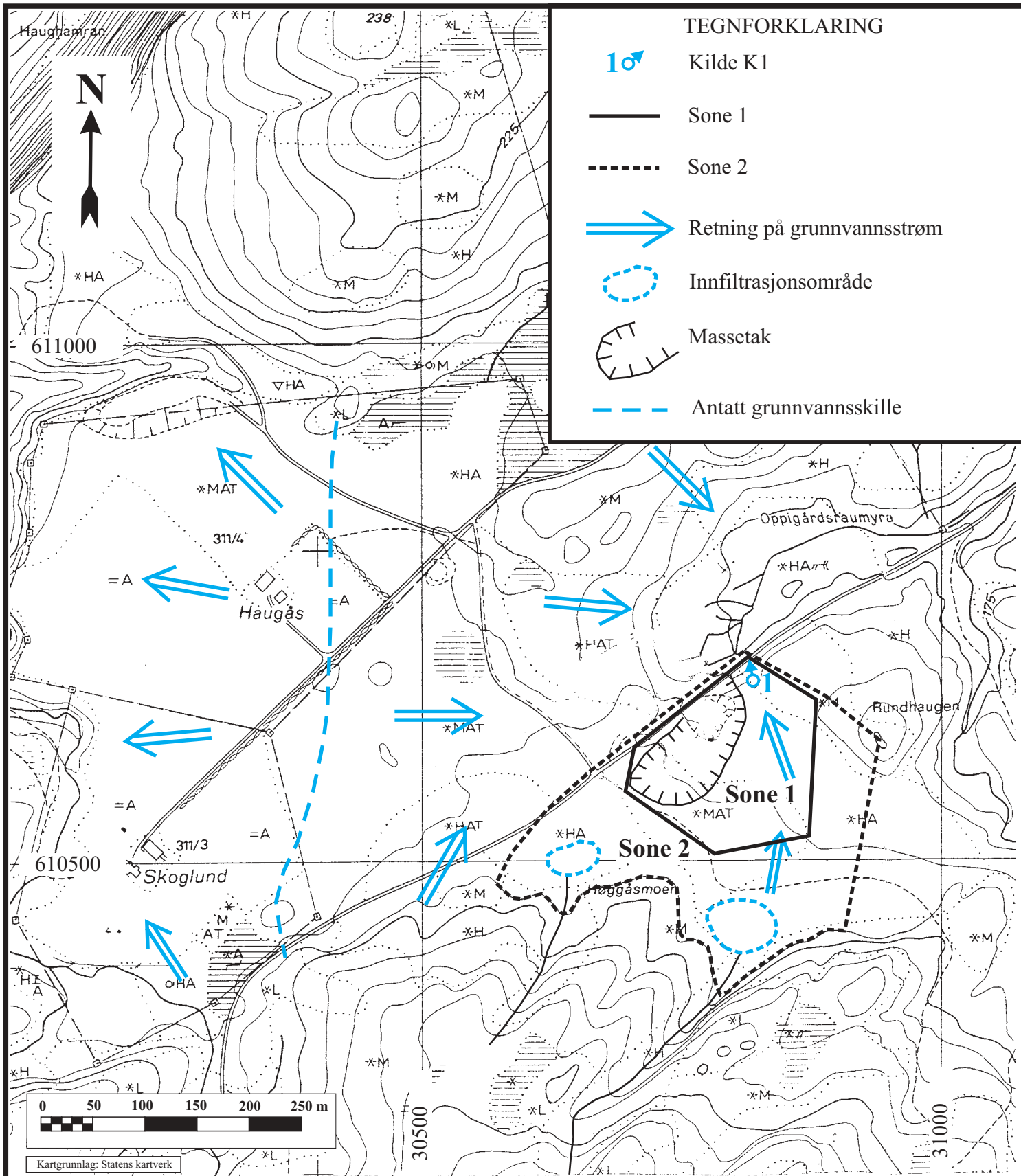
PROFIL 4



PROFIL 5



NGUSTADAL KOMMUNE GEORADAROPPTAK P1, P2, P3, P4 og P5 <b>HOGGASMOEN</b> STJORDAL KOMMUNE, NORD-TRONDELAG		MÅLSTYKKE (Kart) 1:5000 KJR	MÅL T.L. 31.06.2000 TIDEN T.L. 30.07.2000 TRAC KJR
NORDES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	KARTBLAG NR. 2002.072-03	KARTBLAD NR. 1721 IV	



NGU/STJØRDAL KOMMUNE

Grunnvannskilde K1, antatt grunnvannsstrømning og forslag til utbredelse av sone 1 og 2.

## HØGGÅSMOEN

STJØRDAL KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

MÅLESTOKK

1 : 5000

MÅLT B.O.H.

TEGN T.L.

TRAC

KFR

Mai 2001

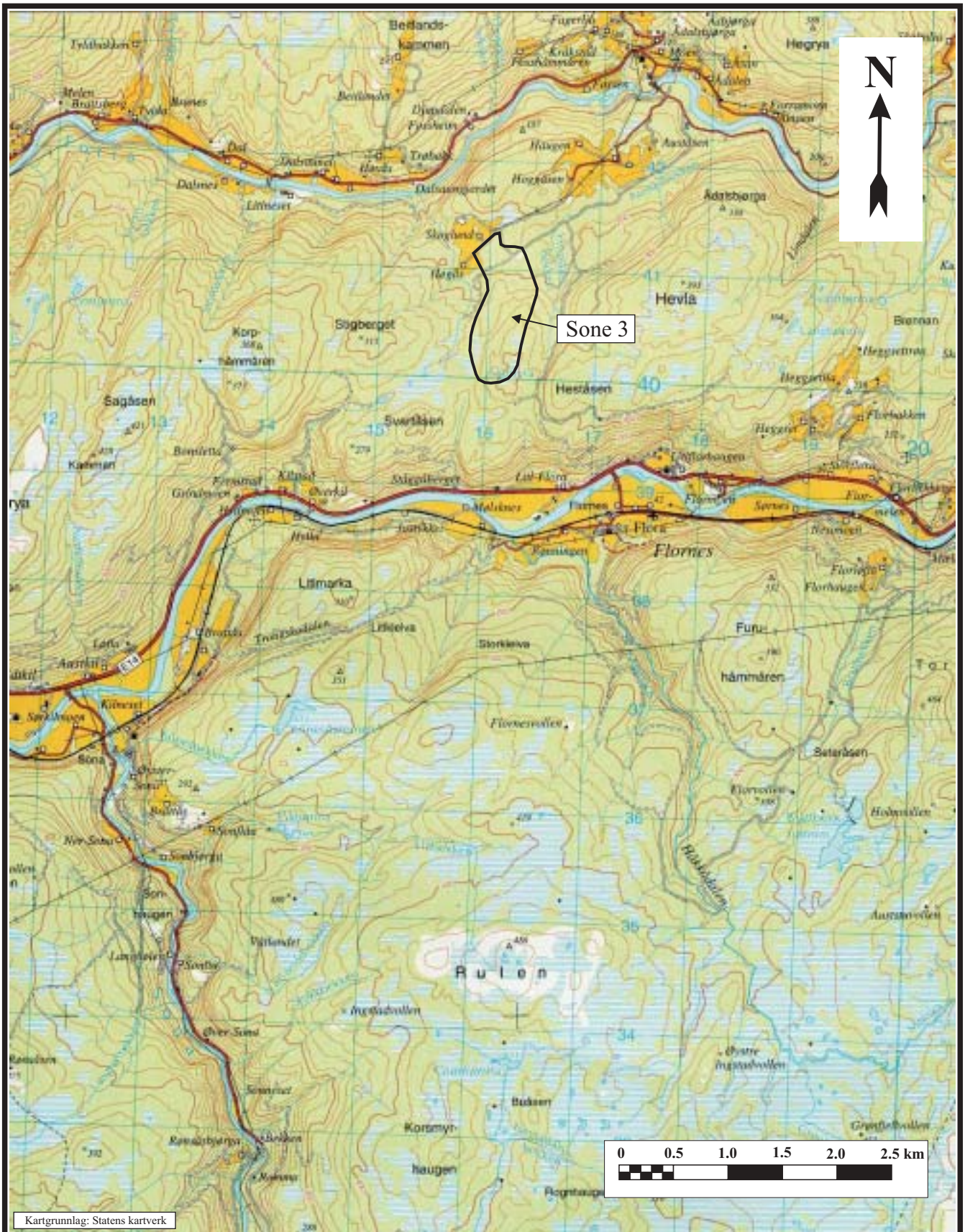
Des. 2001

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

KARTBILAG NR  
2002.072-04

KARTBLAD NR  
1721 IV





Kartgrunnlag: Statens kartverk

NGU/STJØRDAL KOMMUNE

Kart som viser utbredelsen av sone 3

# HØGGÅSMOEN

STJØRDAL KOMMUNE, NORD-TRØNDELAG

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT T.L. 21.06.2001

TEGN T.L. 12.07.2001

TRAC

KFR

KARTBILAG NR  
2002.072-05

KARTBLAD NR  
1721 IV