

NGU Rapport 97.098

Grunnvannsundersøkelser ved
Gjerde og i Høyheimsvik, Luster
kommune

| | | | | |
|---|---------------------|--|------------------------|-------------------------------------|
| Rapport nr.: 97.098 | | ISSN 0800-3416 | Gradering: Åpen | |
| Tittel: Grunnvannsundersøkelser ved Gjerde og i Høyheimsvik, Luster kommune | | | | |
| Forfatter: Bernt Olav Hilmo | | Oppdragsgiver: NGU, Luster kommune og Sogn og Fjordane fylkeskommune | | |
| Fylke: Sogn og Fjordane | | Kommune: Luster | | |
| Kartblad (M=1:250.000) Årdal | | Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1418 III Jostedalen og 1417 I Lustrafjorden | | |
| Forekomstens navn og koordinater: | | Sidetall: 30 | Pris: 50 | |
| Feltarbeid utført: aug. og sept. 1996 | | Rapportdato: 12.06.1997 | Prosjektnr.: 271314 | Ansvarlig: <i>Tor Erik Finne</i> |
| Sammendrag: Norges geologiske undersøkelse (NGU) har på forespørsel fra Luster kommune gjort grunnvannsundersøkelser ved Gjerde i Jostedalen og i Høyheimsvik ved Lustrafjorden. Ved Gjerde var problemstillingen å undersøke elveslettene langs Jostedøla og Krundøla med tanke på plassering av en ny løssmassebrønn. Ut fra dagens arealbruk og for å begrense framtidige arealrestriksjoner, ble området ved Storøya på østsida av Jostedøla prioritert for undersøkelsesboringer. Det ble påvist sand og grusmasser med gode forhold for grunnvannsuttak ned til ca. 20 m dyp. En rørbrønn vil kunne gi langt mer enn det oppgitte vannbehovet på 1,2 l/s. Den fysikalsk-kjemiske vannkvaliteten er brukbar, men grunnvannet bør luftes, pH-justeres og alkaliseres for å tilfredsstille kravene til god vannkvalitet. Et permanent grunnvannsuttak vil i liten grad komme i konflikt med dagens arealbruk av området. I Høyheimsvik var formålet å peke ut lokaliteter for fjellbrønner som skal forsyne et bustadfelt med et vannbehov på 1,1 l/s. Lokaliseringen av mulige borpunkt ble gjort på grunnlag av geologiske vurderinger, resultatet av tidligere boringer, unngå konflikt med eksisterende brønner, mulige forurensningskilder og framkommelighet med boreutstyr. Det er foreslått fem lokaliteter for fjellbrønner som er satt opp i prioritert rekkefølge. | | | | |
| Emneord: Hydrogeologi | Grunnvannsforsyning | | Sonderboring | |
| Løssmasse | Borebrønn | | Prøvetaking | |
| Grunnvannskvalitet | | | Fagrapport | |

FORORD

En god vannforsyning både med hensyn på kapasitet og kvalitet er grunnleggende og burde være en selvfølge i vårt land som har så mye lett tilgjengelig og lite forurenset ferskvann. Likevel har nesten 1 mill nordmenn for dårlig vannforsyning, mest på grunn av feil valg av vannkilde og mangelfullt renset vann. EU-normene og de nye norske drikkevannsforskriftene medfører behov for en bedring av drikkevannsforsyningen i mange områder. I en femårsperiode fra 1995-1999 vil ulike departement bevilge 80-100 mill. kr. hvert år til forbedring av vannforsyningen.

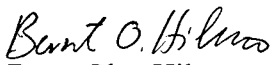
Etter initiativ fra Miljøverndepartementet gjennomførte Norges geologiske undersøkelse (NGU) i perioden 1989-1992 prosjektet *Grunnvann i Norge (GiN)*. Det overordnede mål for GiN-prosjektet var å skape grunnlag for økt bruk og bedre beskyttelse av grunnvannsressurser. En viktig del av prosjektet bestod i registrering av potensielle grunnvannsressurser i 301 av landets kommuner. Registreringen ble gjennomført dels ved feltarbeid (30 % av kommunene) og dels ved gjennomgang av eksisterende bakgrunnsmateriale. GiN-prosjektet viste muligheter for grunnvannsforsyning til over 800 forsyningssteder (over 600 000 p.e.).

NGU har på bakgrunn av de forannevnte momentene startet prosjektet «*Økt bruk av grunnvann*». Formålet er en sikker dokumentasjon av kvantitet og kvalitet av grunnvannsforekomster som kan nyttes til alminnelig drikkevannsforsyning. Bedre vannforsyning til næringsmiddel- og reiselivsbedrifter er også prioritert.

Prosjektet gjennomføres som et samarbeidsprosjekt mellom NGU, fylkeskommuner og kommuner. Prioriteringen av kommuner vil bli gjort i samarbeid med fylkeskommunene, mens prioriteringen av forsyningssteder vil bli foretatt i samråd med kommunene.

I samråd med fylkesmyndighetene i Sogn og Fjordane og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble kommunene Balestrand, Gloppen, Hyllestad, Luster, Lærdal og Naustdal valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat.

Prosjektet finansieres av Sogn- og Fjordane fylkeskommune (ca. 25 %), de enkelte kommuner (15-25 %) og NGU (50-60%). I tillegg har kommunene/vannverka bidratt med en egeninnsats i form av innhenting av bakgrunnsmateriale og teknisk tilrettelegging.


Bernt Olav Hilmo
Hovedprosjektleder

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | |
|--------------------------------------|----|
| KONKLUSJON | 5 |
| 1 INNLEDNING | 6 |
| 2 GJENNOMFØRING | 6 |
| 3 RESULTATER | 7 |
| 3.1 Gjerde | 7 |
| 3.1.1 Boringer | 7 |
| 3.1.2 Anbefalinger | 8 |
| 3.1.3 Forslag til klausulering | 8 |
| 3.2 Høyheimsvik | 9 |
| REFERANSER | 11 |

KARTBILAG

| | |
|--------------|--|
| Kartbilag 1 | Oversiktskart Gjerde, Luster kommune. M 1:50 000, utsnitt av kartblad 1418 III Jostedalen. |
| Kartbilag 2 | Oversiktskart Høyheimsvik, Luster kommune. M 1:50 000, utsnitt av kartblad 1417 I Lustrafjorden. |
| Kartbilag 3: | Kart i M 1:5000, med lokalisering av undersøkelsesboringer, forslag på plassering av produksjonsbrønn og forslag på klausuleringssoner på Storøy ved Gjerde. |
| Kartbilag 4: | Kart i M 1:5000, med forslag på borpunkter for fjellbrønner i Høyheimsvik. |

TEKSTBILAG

- 1 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

DATABILAG

| | |
|-------------------|--|
| Databilag 1.1-1.3 | Borprofiler |
| Databilag 2 | Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametere |
| Databilag 3 | Kornfordelingsanalyser |

KONKLUSJON

På forespørsel fra Luster kommune har Norges geologiske undersøkelse (NGU) foretatt grunnvannsundersøkelser ved Gjerde og i Høyheimsvik.

Ved Gjerde var problemstillingen å undersøke breelv- og elveavsetninger langs Jostedøla og Krundøla med tanke på plassering av en ny løssmassebrønn. Ut fra dagens arealbruk og for å begrense framtidige arealrestriksjoner, ble området ved Storøya på østsida av Jostedøla prioritert for undersøkelsesboringer. Sonderboringer påviste sand og grusmasser ned til minst 23 m dyp, og testpumper av undersøkelsesbrønner viste gode forhold for grunnvannsuttak ned til minst 16 m dyp. En rørbrønn vil kunne gi langt mer enn det oppgitte vannbehovet på 1,2 l/s. Den fysikalsk-kjemiske vannkvaliteten er god, men grunnvannet bør luftes, pH-justeres og alkaliseres for å tilfredsstille kravene til godt drikkevann. Et permanent grunnvannsuttak fra den foreslåtte rørbrønnen vil i liten grad komme i konflikt med dagens arealbruk av området.

I Høyheimsvik var formålet å peke ut egnede lokaliteter for fjellbrønner som skal forsyne et bustadfelt. Vannbehovet ble oppgitt til 1,1 l/s. På grunnlag av kapasiteter på eksisterende borebrønner (200-6000 l/time) må det forventes å bore 1-5 brønner for å dekke vannbehovet.

Lokaliseringen av borpunkt ble gjort på grunnlag av geologiske vurderinger av bergartstype, berggrunnens oppsprekking og sprekkeretninger, resultatet av tidligere boringer, unngå konflikt med eksisterende brønner, mulige forurensningskilder og framkommelighet med boreutstyr. Det er foreslått fem lokaliteter for fjellbrønner som er satt opp i prioritert rekkefølge.

1 INNLEDNING

Etter forespørsel fra Luster kommune har Norges geologiske undersøkelse (NGU) foretatt grunnvannsundersøkelser i områdene Gjerde og Høyheimsvik.

Gjerde

Gjennom prosjektet «Grunnvann i Norge» (GiN) ble det i 1990 utført en vurdering av grunnvannsmulighetene ved Gjerde (NGU Rapport 91.092) hvor det ble konkludert med muligheter for grunnvannsforsyning fra løsmasser fra elvesletter ved utløpet av Krundøla i Jostedøla. Det er senere gjort prøveboringer (Hallingdal Bergboring, 1992) og satt ned en produksjonsbrønn for prøvepumping. Vannanalysene fra prøvepumpingsperioden viser at grunnvannet er svakt surt, har lav ioneinnhold og relativt høyt kimentall. Det ble ikke påvist koliforme bakterier. Vannet ble vurdert som et elveinfiltrert grunnvann med relativt kort oppholdstid. Rundt brønnen er det mye dyrket mark, slik at et permanent uttak ville krevd omfattende restriksjoner på dyrkamarka (Urheim Andersen, 1993). På grunn av disse forholdene ønsket kommunen en videre kartlegging av grunnvannsforholdene for å finne en gunstigere brønnplassering med hensyn på vannkvalitet og forventede restriksjoner på arealet rundt brønnen.

Høyheimsvik

Høyheimsvik ble ikke vurdert i GiN-prosjektet, men det er gjort flere vurderinger av grunnvann i forbindelse med anbefalinger av fjellbrønner (Urheim Andersen, 1991 og Urheim Andersen, 1995). I brønnboringssarkivet er det registrert over 70 brønner med postadresse Høyheimsvik. I Høyheimsvik er problemstillingen å finne grunnvann til et boligområde. Det er allerede boret en fjellbrønn (se vedlegg 3) med stor nok kapasitet (min. 4000 l/t), men prøvepumpingen viste at vannet tidvis var forurenset av bakterier, trolig på grunn av avrenning fra gjødsellager/gjødslet dyrkamark eller innsiving av dårlig rensset avløpsvann. Dårlig bakteriologisk kvalitet er også et problem i andre private fjellbrønner i området. Dette kan skyldes at forurenset overflatevann renner ned i fjellsprekker uten særlig filtrering og/eller at de vannførende fjellsprekkene i området er såpass åpne at renseevnen blir for dårlig.

2 GJENNOMFØRING

Aktuelle lokaliteter for undersøkelsesboringer ved Gjerde ble valgt ut på grunnlag av feltbefaring og tidligere undersøkelser. Det ble lagt vekt på å finne lokaliteter som i størst mulig grad begrenser omfanget av restriksjoner på eksisterende arealbruk. Ut fra disse hensyn ble det foreslått 3 borer på østsida av Jostedøla, ved Storøya og 2 borer i et skogbevokst område ca. 200 m nord for eksisterende brønn på Flatejordøyane. I samråd med Luster kommune ble det bestemt å prioritere området på østsida av Jostedøla, slik at de planlagte boringene på Flatejordøyane bare ble gjennomført ved negativt resultat av de tre første boringene.

Undersøkelsesboringene ble gjort med Borros beltegående borerigg. Hvis sonderboringen indikerte egnede løsmasser for grunnvannsuttak, ble det satt ned en Ø32 mm testbrønn med en meter filter som ble pumpet i forskjellige nivå for kapasitetsvurderinger og prøvetaking av grunnvann og

løsmasser. Tekstbilag 1 gir en mer detaljert beskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

Aktuelle lokaliteter for fjellbrønner i Høyheimsvik ble vurdert ut fra berggrunnens oppsprekking, resultater av tidligere boringer, mulig konflikt med eksisterende brønner, mulige forurensningskilder og framkommelighet med borerigg og utstyr for hydraulisk trykking av borede brønner.

Feltbefaringer til både Gjerde og Høyheimsvik ble utført i august 1996, mens undersøkelsesboringene ved Gjerde ble gjort i september 1996. Bernt Olav Hilmo har vært ansvarlig for arbeidet. Andre involverte har vært:

Bjørn Frengstad (feltbefaring, løsmasseboring)

Bjørn Iversen (løsmasseboring)

Teknisk sjef Bjørn Davidsen og avd. ing. Torbjørn Tuften har vært kommunens kontaktpersoner og skaffet nødvendig bakgrunnsinformasjon (tidligere undersøkelser, opplysninger om eksisterende vannforsyning, kart etc.) og innhentet boretilletelser fra grunneiere.

3 RESULTATER

3.1 Gjerde

3.1.1 Boringer

Lokaliseringen av borpunktene er vist i kartbilag 3, mens databilag 1.1-1.3 viser borprofilene. I to av de tre borhullene ble det satt ned Ø32 mm undersøkelsesbrønner med en meter langt filter for testpumping og prøvetaking.

Borhull 1 som ble plassert lengst nord på elvesletta viste 6 m med morenelignende masser av stein, grus og sand over fjell. På grunn av liten løsmassetykkelse og lite egnede løsmasser er det små muligheter for større grunnvannsuttak på denne lokaliteten. Borhull 2 viste minst 23,5 m med lagdelt stein, grus og sand. Fra 16,5 m dyp ble massene noe mer finkornet. Testpumping på 7, 11, 15 og 19 m ga henholdsvis 1,7, 2,0, 2,5 og 0,3 l/s. Borhull 3 viste minst 19,5 m med lagdelt stein, grus og sand, og her ga testpumpingen 2,0 l/s på 11 m dyp og ca. 0,2 l/s på 15 og 17 m dyp. Den lave kapasiteten på de dypeste nivåene kan skyldes stor løftehøyde for pumpa (grunnvannsnivået lå 4,5 m under overflaten) og slitt pumpe. I begge undersøkelsesbrønnene ble det målt lavere grunnvannsstand jo dypere man kom med vanninntaket. Det er dermed en negativ hydraulisk gradient mot dypet noe som er forårsaket av at området er et innstrømningsområde for grunnvann. Dette bekreftes av at grunnvannsnivået ligger klart under elvenivået. Lengre nede på elvesletta vil forholdene trolig være motsatt, idet det der vil skje en utstrømning av grunnvann mot elva. Disse forholdene har lite å si for kapasiteten på en dyp rørbrønn.

Fysikalsk-kjemiske analyser av vannprøver fra 7, 11 og 15 m dyp i borhull 2 og fra 11 og 17 m dyp i borhull 3 viser at grunnvannet er av brukbar kvalitet (databilag 2). Bortsett fra pH-verdiene og enkelte turbiditetsverdier tilfredsstillende alle målte verdier kravene til drikkevann. Grunnvannet er svært ionefattig, svakt surt (pH 6,2-6,6) og det har svært lav alkalitet (0,04-0,15 mmol/l). Dette skyldes at grunnvannet hovedsaklig stammer fra infiltrert smeltevann fra Jostedal og at

berggrunnen i området består av granittisk gneis som er motstandsdyktig mot forvitring og dermed gir et lite tilskudd av ioner til grunnvannet. Prøven fra 7 m dyp i borhull 2 har i tillegg høyt fargetall til grunnvann å være (ca. 15), noe som indikerer et overflatenært grunnvann med relativt kort oppholdstid. Den høye turbiditeten til prøvene fra borhull 2, tatt på 7 og 11 m dyp skyldes slampartikler som trolig stammer fra et visst innhold av breslam i sedimentene. Ellers må man forvente at fargetall og turbiditet vil gå ned etter lengre tids pumping av en produksjonsbrønn med korrekt dimensjonert filter.

Konklusjonen for dette området er at Gjerdes vannbehov kan dekkes med grunnvann fra denne avsetningen.

3.1.2 Anbefalinger

På grunnlag av de utførte hydrogeologiske undersøkelsene, avstand til eksisterende ledningsnett, forurensningsfare og dagens arealbruk, foreslås det nedsetting av en rørbrønn mellom borhull 2 og 3 (kartbilag 3). Brønnfilteret plasseres på 13-16 m dyp og både brønnrør og brønnfilter må ha en diameter på min. 150 mm som tillater bruk av Ø95-100 mm dykkpumpe. Ut fra kornfordelingskurvene til masseprøver fra borhull 2 (se databilag 3) bør det benyttes 1,0 mm filteråpning. Resultatene fra testpumpingene indikerer at en slik brønn ha en maksimal kapasitet på min. 8 l/s.

I og med at det er gjort en langtids prøvepumping på andre siden av elva hvor det ble dokumentert stabil kapasitet og kvalitet, er det tilstrekkelig å prøvepumpe den nye brønnen i 2-3 måneder. Kapasiteten under prøvepumping bør være i samme størrelsesorden som maks. døgnforbruk, dvs. ca. 1,2 l/s. I prøvepumpingsperioden bør det tas vannprøver til fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser. Den fysikalsk-kjemiske vannkvaliteten etter en tids prøvepumping danner grunnlag for vurdering av nødvendig vannbehandling. Hvis grunnvannskjemien ikke endrer seg nevneverdig fra de analyserte grunnvannsprøvene, anbefales lufting, pH-heving og alkalisering av grunnvannet før det leveres forbruker. I dette tilfellet hvor grunnvannet i utgangspunktet har så lavt kalsiuminnhold, bør et kalksteinsfilter benyttes til alkalisering og pH-heving. Før et slikt filter planlegges bør det foretas målinger av grunnvannets innhold av CO₂.

3.1.3 Forslag til klausulering.

Området rundt det planlagte brønnstedet er ei skogbevokst elveslette. Et grunnvannsuttak vil **ikke** komme i konflikt med dagens arealbruk av området. For å beskytte vannkilden er det likevel nødvendig med en klausulering av området rundt brønnen. Til klausulering brukes en soneinndeling der det for hver sone er satt opp restriksjoner som avtar i omfang med høyere sonenummer (jfr GiN-veileder nr. 7).

- Sone 0: Brønnområdet
- Sone 1: Det nære tilsigsområdet. Grense for 60 døgns oppholdstid ved full pumpebelastning.
- Sone 2: Det fjerne tilsigsområdet. Hele infiltrasjonsområdet.
- Sone 3: Det ytre verneområdet. Omfatter arealer som vil kunne påvirke grunnvannets kvalitet.

Beregning av 60-døgns grensen kan gjøres ved hjelp av en såkalt "sylinder-metode":

$Q = 1,2 \text{ l/s}$ (antatt maks. døgnbehov)

$V_{60 \text{ døgn}} = 1,2 \text{ l/s} \cdot 60 \text{ døgn} = 6221 \text{ m}^3$

Ved $n_e = 20\%$ (effektiv porøsitet) trengs et magasinivolum V for å dekke 60-døgns-forbruket;

$V = 6221 \text{ m}^3 / 0,20 = 31.104 \text{ m}^3$, Vannmettet mektighet = 13 m (minimum)

\Rightarrow Nødvendig areal A ; $A = 31104 \text{ m}^3 / 13 \text{ m} = 2393 \text{ m}^2$

\Rightarrow 60-døgns-radius R ; $R = (A / \pi)^{0,5} = 28 \text{ m}$

Under vurderinger av grunnvannsforhold som følge av vassdragsregulering har GEFO påvist en naturlig grunnvannsstrøm mot sør på elvesletta (NVE, 1988). I Storøyområdet må en regne med en entydig innmating av grunnvann fra Jostedøla og inn i elvesletta gjennom hele året, mens lenger sør på elvesletta, der infiltrasjon fra Jostedøla har mindre betydning for grunnvannsnivået, må en regne med en utrenning av grunnvann fra elvesletta i sommerhalvåret.

Med den gode hydrauliske ledningsevnen i massene og et permanent uttak av grunnvann på bare 1 l/s vil strømningsbildet bare bli påvirket i en liten sone rundt brønnen. Innstrømningsområdet til brønnen vil hovedsaklig ligge på nordsida av brønnen, samt området mellom elva og brønnen. Ut fra disse betraktningene, beregningen av 60 døgns grense og andre naturlige grenser, er det i kartbilag 3 gitt forslag på klausuleringssoner. Når det gjelder begrensninger på arealbruken i de foreslåtte sonene henvises det til GiN-veileder nr. 7 og egne forskrifter fra Folkehelse. I dette tilfelle vil en inngjerding av selve brønnområdet (sone 0) bli den mest aktuelle endringen på arealbruken i forhold til dagens situasjon.

Det må bemerkes at en sikker bestemmelse av klausuleringssoner generelt krever omfattende målinger av grunnvannsnivået i peilebrønner både før og under en langtids prøvepumping. Dette gir grunnlag for sikrere vurderinger av grunnvannsstrømningen inn mot brønnen. I dette tilfellet hvor det planlagte vannuttaket er såpass lavt og hvor det ikke finnes potensielle forurensningskilder i nærheten, anses det gitte forslaget på klausuleringssoner å være truffet på et godt nok grunnlag.

3.2 Høyheimsvik

Vannbehovet er oppgitt til ca. 4000 l/time (1,1 l/s). Berggrunnen i området består av til dels godt oppsprukket gneis. Kapasiteten på ca. 25 brønner i selve Høyheimsvik varierer fra ca. 200 l/t til ca. 6000 l/t, og med en medianverdi på ca. 1000 l/t (NGU's brønnboringsregister). Ut fra dette må man derfor regne med å måtte bore 2-5 borhull for å dekke vannbehovet. Ved å rette boringene slik at de krysser flest mulig sprekker kan man regne med høyere kapasitet enn medianverdien for fjellbrønnene i området da flestparten av disse er vilkårlig plassert i forhold til sprekkesoner.

Med en såpass stor tetthet på fjellbrønnene er det en generell fare for at nye brønner vil influere på eksisterende brønner. Ved feltbefaringen ble det registrert en markert sprekkesone i området NV for Høyheim (se kartbilag 4). Problemet er at det allerede er boret minst tre fjellbrønner i denne sonen, slik at grunnvannsuttak fra ytterligere borhull kan innvirke på kapasiteten i de eksisterende brønnene. Kapasiteten på eksisterende fjellbrønner boret mot denne sonen er ikke markert høyere enn i området forøvrig, noe som tyder på at det er andre og mer lokale sprekker som gir høye kapasiteter.

Forslag på borpunkt for fjellbrønner er gitt ut fra følgende kriterier:

- Hydrogeologiske kriterier (boringen bør krysse flest mulig vannførende sprekker).
- Forurensningsfare fra avløp og dyrkamark.
- Minst mulig konflikt med eksisterende brønner.
- Framkommelighet med borerigg og utstyr for hydraulisk trykking.

I kartbilag 4 er det vist forslag på 5 borpunkt. Boringene er satt opp i prioritert rekkefølge. For å krysse flest mulig sprekker bør alle boringene skrås ca. 60° i den retning som står anført på kartet. Det må imidlertid bemerkes at ved sterkt oppkjust fjell er det en fordel med vertikale boringer for å hindre utrasninger i borhullet. Borpunkt 1 ligger ca. 50 m nord for eksisterende brønn. Brønnen er tenkt rettet mot en Ø-V-gående sprekkesone som ligger inn mot fjellsiden. Ut fra risikoen for forurensning er det en fordel å få plassert brønnen så langt mot øst som mulig.

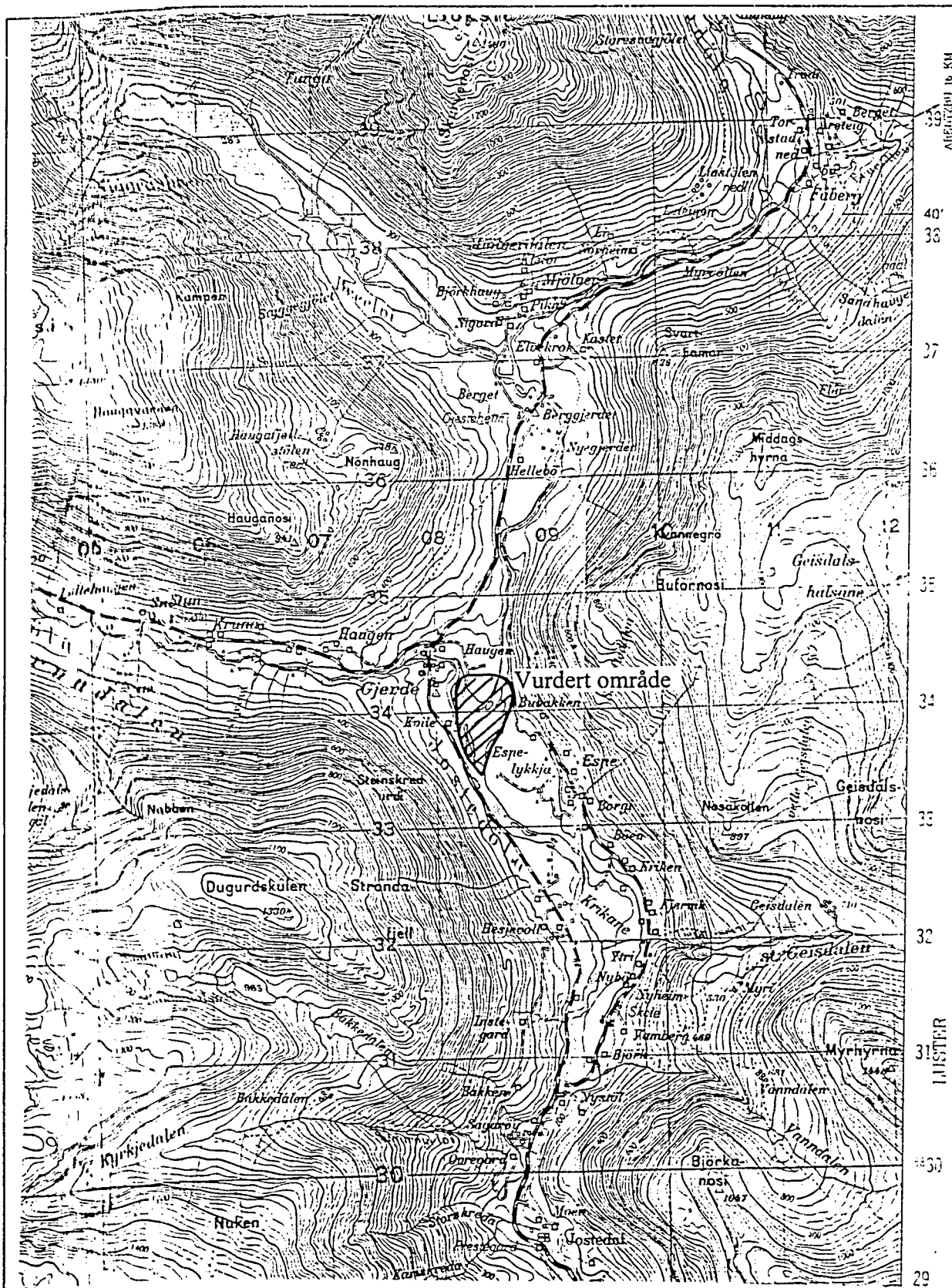
Selve boringene må gjøres av et brønnboringsfirma. Hvis brønnene ikke har tilstrekkelig kapasitet bør det utføres hydraulisk trykking i borhullene. Alle brønner som er aktuelle for vannforsyning bør i første omgang korttidstestes og prøvetas, men en sikker vurdering av kapasitet og kvalitet kan først gjøres på grunnlag av en langtids prøvepumping.

REFERANSER

- Eckholdt, E. 1992: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. GiN-veileder nr. 7. Norges geologiske undersøkelse.
- Hallingdal Bergboring, 1992: Grunnvannsundersøking. Gjerde i Jostedalen, Luster kommune.
- Henriksen, Helge, 1991: Grunnvann i Luster kommune. NGU Rapport 91.092.
- Hydrokonsult, 1980: Rammeplan. Vatn og avløp. Gjerde, Luster kommune. Sak 2130.
- Indre Sogn Interkommunale Servicekontor (ISIS), 1993: Vassforsyning Gjerde. Innleiande vurdering.
- Klakegg, O., Nordahl-Olsen, T., Sønstagaard, E. & AA, A.R. 1989 : Sogn og Fjordane fylke, kvartærgeologisk kart, M 1:250 000. Norges geologiske undersøkelse.
- Lutro, O. Og Tveten, E. 1987: Geologisk kart over Norge, berggrunnskart Årdal M 1:250 000, foreløpig utgave. Norges geologiske undersøkelse.
- Norges geologiske undersøkelse 1996: Statusrapport, grunnvannsundersøkelser ved Gjerde i Luster kommune.
- Norges geologiske undersøkelse 1996: Statusrapport, grunnvannsundersøkelser i Luster kommune.
- Norges vassdrag og energiverk, 1988: Grunnvannstander i Jostedalen. Oppdragsrapport 4-88.
- Norges vassdrag og energiverk, 1988: Endringer i grunnvannstand etter Jostedalsutbyggingen. Tabellsamling fra Grunnvannskontoret. Oppdragsrapport 1-88.
- Skjeseth, S. 1987: Jostedalsutbyggingen. Endring av grunnvannsforhold som følge av regulering. Virkning på brønner, vannanlegg og arealer. GEFO rapport 71.1426-003.
- Sosial- og helsedepartementet, 1995: Forskrifter om vannforsyning og drikkevann m.m.
- Urheim Andersen, 1991: Vurderinger av grunnvannsbrønn i Høyheimsvik Luster kommune.
- Urheim Andersen, 1991: Vedk. grunnvannsbrønn i Høyheimsvik. Brev til Luster kommune datert 12.02.1991.
- Urheim Andersen, 1991: Vurderinger av grunnvannsbrønner på Rønneid og Gjerde - Naudsynt vassbehandling. Brev til Luster kommune datert 07.03.1993.
- Urheim A/S, 1995: Vassforsyning for Høyheimsvik, Luster kommune.
- Aa, A.R. og Sønstegaard, E., 1987: Elvekrok BDE 085 086-20, kvartærgeologisk kart M 1:20 000, Norges geologiske undersøkelse.

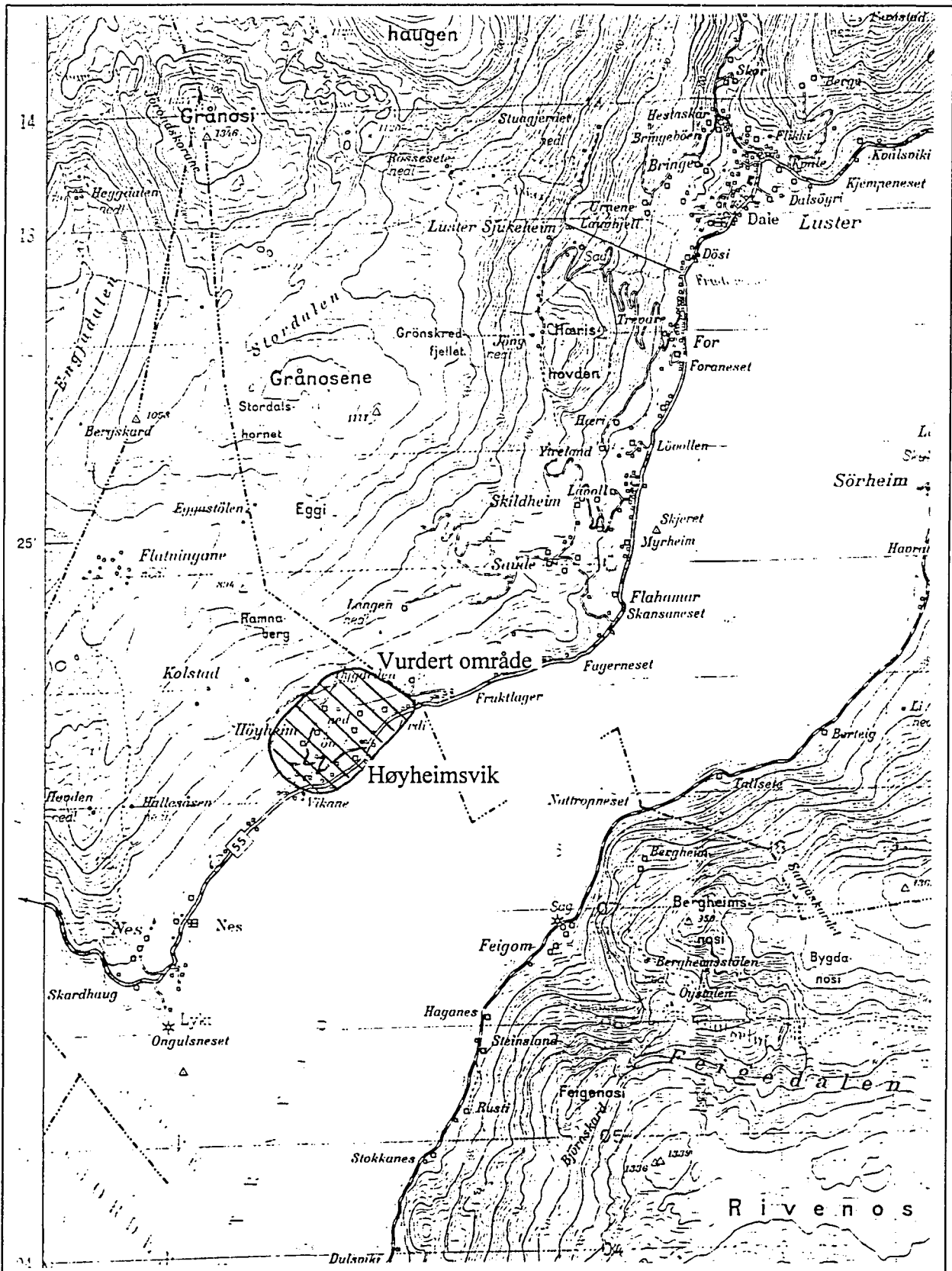
KARTBILAG

- Kartbilag 1 Oversiktskart Gjerde, Luster kommune. M 1:50 000, utsnitt av kartblad 1418 III Jostedalen.
- Kartbilag 2 Oversiktskart Høyheimsvik, Luster kommune. M 1:50 000, utsnitt av kartblad 1417 I Lustrafjorden.
- Kartbilag 3: Kart i M 1:5000, med lokalisering av undersøkelsesboringer, forslag på plassering av produksjonsbrønn og forslag på klausuleringssoner på Storøy ved Gjerde.
- Kartbilag 4: Kart i M 1:5000, med forslag på borpunkter for fjellbrønner i Høyheimsvik.



**OVERSIKTSKART, GJERDE,
LUSTER KOMMUNE**

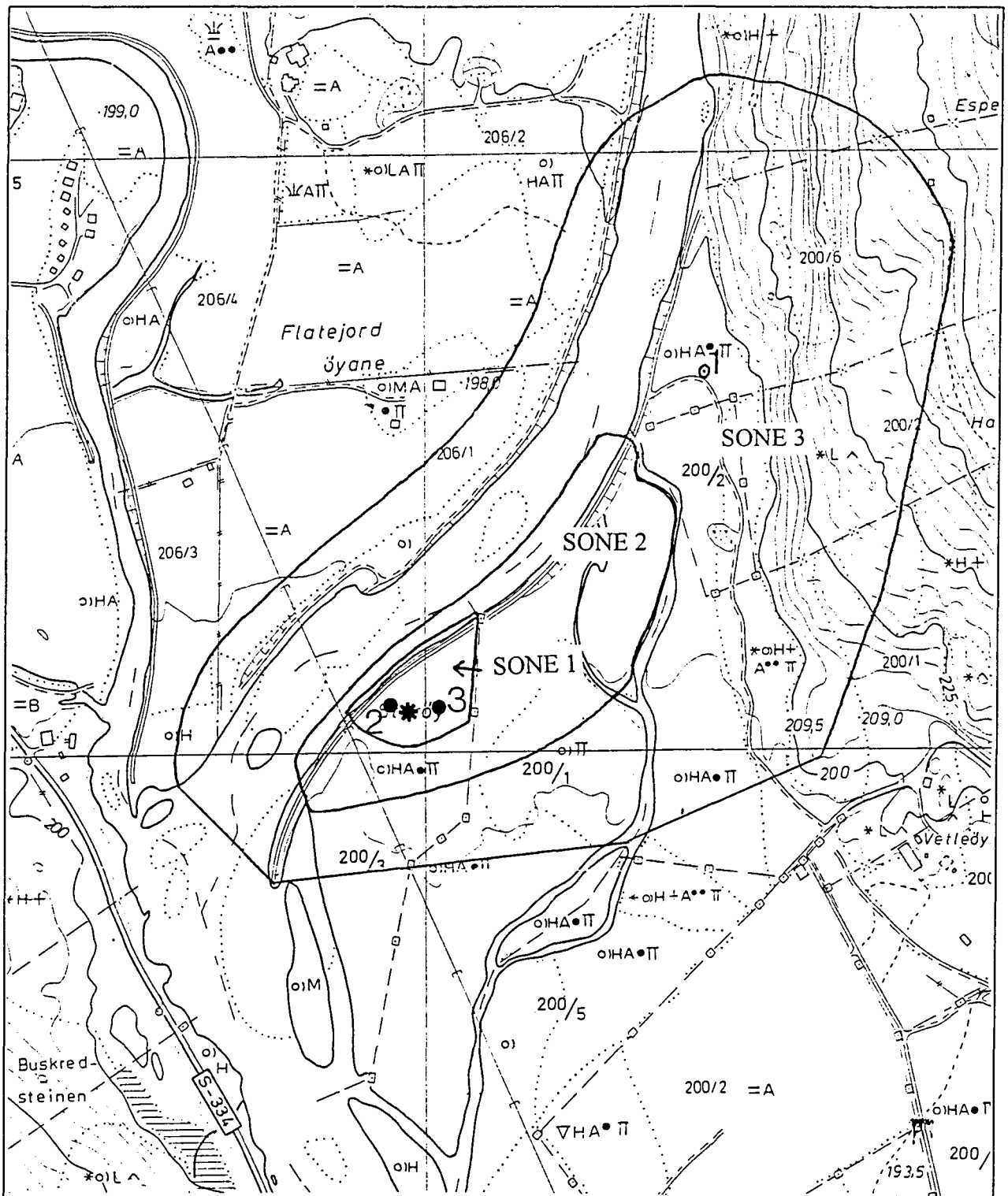
Målestokk 1: 50 000
Utsnitt av 1418 III Jostedalen



**OVERSIKTSKART, HØYHEIMSVIK
LUSTER KOMMUNE**

Målestokk 1: 50 000

Utsnitt av 1417 I Lustrafjorden

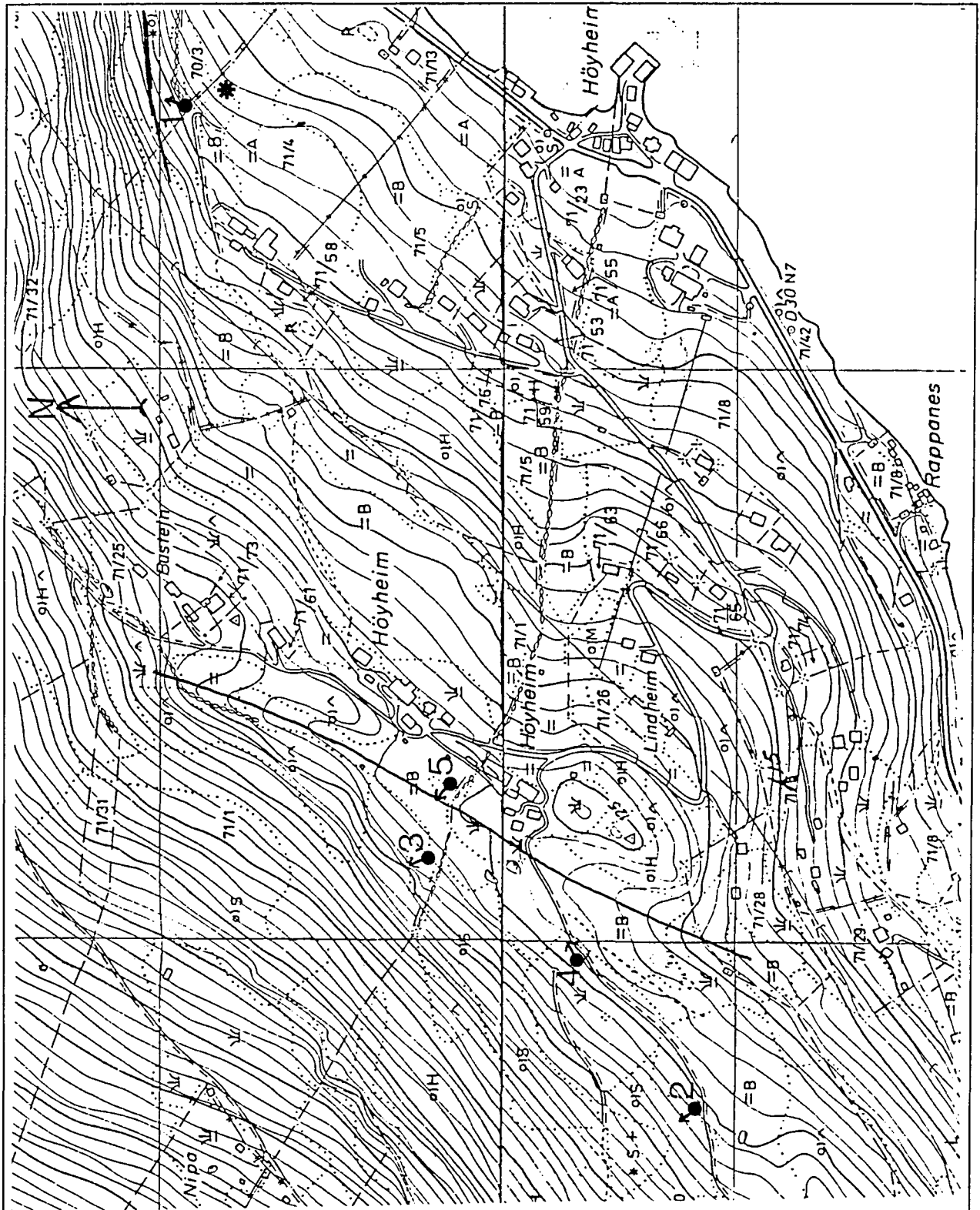


**GJERDE
LUSTER KOMMUNE**

Målestokk 1:5000

Tegnforklaring

- Sonderboring
- Sonderboring med testpumping
- * Forslag på plassering av produksjonsbrønn
- Forslag på soneinndeling



**HØYHEIMSVIK,
LUSTER KOMMUNE**

Målestokk 1:5000

Tegnforklaring

- Større sprekkesoner
- * Eksisterende fjellbrønn
- Forslag på nye brønnplasseringer

TEKSTBILAG

- 1 Metodebeskrivelse av hydrogeologiske og hydrokjemiske felt- og laboratoriemetoder.

HYDROGEOLOGISKE OG HYDROKJEMISKE FELT- OG LABORATORIEMETODER

1 SONDERBORINGER I LØSMASSER

a) Metodikk

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

c) Tolkning

Ut fra dataregistreringene og egne vurderinger gjør boreingeniøren en tolkning av massene for hver meter. Fargen på boreslammet sier i tillegg noe om det er oksyderende (brunt spylevann) eller reduserende forhold (grått spylevann) i magasinet. Hvis spylevannet forsvinner i grunnen, gir vanntrykket en indikasjon på massenes hydrauliske ledningsevne.

Ved sonderboring med håndholdt borutstyr vurderes løsmassetypen for hver meter ut fra borsynk, dreiemotstand og friksjonslyd ved dreining av sonderspissen.

2 TESTPUMPINGER

a) Metodikk

Hvis sonderboringen indikerer egnede masser for 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 pumpa gjentatte ganger. For å få pumpet opp vann med sugepumper må dybden til grunnvannsnivået ikke være større enn 6-7 m.

b) Dataregistreringer

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

c) Tolkning

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

3 SEDIMENTPRØVETAKING

Sedimentprøver kan tas av oppspylte/oppumpede masser i hvert nivå hvor det blir testpumpet. Vanligvis tas det oppumpede prøver, men i tilfeller med lav grunnvannsstand eller for liten prøvemengde ved pumping, tas det oppspylte prøver. Oppspylte prøver tas etter at brønnen er spylt ren for masser som er trengt inn under boring, mens oppumpede prøver tas like etter oppstart av testpumpingen. Disse sedimentprøvene er ikke helt representative for jordarten idet man mister korn større enn filteråpningen og de minste korna som ikke sedimenterer i 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 Nemecc 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 innrasing i 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 dykkpumpe og strømaggregat. Pumpa plasseres på min. 45 m dyp, eller ca. 2 m over bunnen hvis brønndypet er mindre enn 45 m. Kapasiteten kan måles på flere måter. En metode er å først lense borhullet (til pumpa suger luft) og så måle utpumpet vannmengde over en periode på 1-3 timer. Hvis brønnens kapasitet er så stor at pumpa ikke greier å lense hullet, kan kapasiteten beregnes ut fra senkningen av grunnvannsspeilet og pumperaten.

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 dampør 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 f.eks. 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 dampør 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. Opp-pumpet 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 sessongvariasjoner i nedbør og vannføring i nærliggende vassdrag som kan ha innvirkning på kapasitet og grunnvannskvalitet.

c) Tolkning

Pumperaten og senkningen av grunnvannsnivået under pumping gir grunnlag for beregning av hydrauliske parametere som igjen brukes til vurderinger av magasinets/brønnens totale kapasitet og utbredelsen av klausulerinssonene (se GiN-veileder nr. 7).

d) Langtids prøvepumping av fjellbrønner

Langtids prøvepumping av fjellbrønner skjer stort sett etter de samme prinsipper som prøvepumping av løsmassebrønner. Pumpeperioden bør være minst tre måneder. Pumpa bør dimensjoneres ut fra kapasiteten funnet ved testpumpingen og maksimal løftehøyde (i en driftsfase). Som oftest har man ingen eller svært få peilebrønner rundt pumpebrønnen. Dette gjør det vanskelig å beregne hydrauliske parametere og størrelsen på klausuleringssoner. Kapasiteten måles sikrest ved bruk av automatisk vannmåler på utløpsledningen fra pumpa etter at pumperaten er regulert slik at vannstanden i borehullet innstiller seg i et konstant nivå like over pumpa. Det er da likevekt mellom uttatt vannmengde og det maksimale tilsiget av grunnvann til brønnen. Utløpsledningen føres såpass langt bort fra brønnen at det ikke kan skje reinfiltrasjon av opp-pumpet vann langs brønnrøret eller i nærliggende fjellsprekker som står i hydraulisk kontakt med grunnvannsmagasinet.

Under pumpeperioden tas det vannprøver til både fysikalsk-kjemiske og bakteriologiske analyser minimum en gang pr. måned.

7 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.

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/lokaliteter 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 på vannprøver:

- | | |
|----------------|---------------|
| - 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 ± 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. Måleinstrumentet er et Radiometer PHM 84 Research pH-meter med en nedre bestemmelsesgrense på 0.03 mmol/l og en målenøyaktighet på ± 2.5 % for verdier over 2.0 mmol/l, ± 0.04 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 ± 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 ± 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 (Σ kationer = Σ anioner) Ionebalanseavviket er beregnet etter formelen:

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

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

| | | | |
|---|----|---|-----|
| Σ Anioner + Σ 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*.

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

DATABILAG

| | |
|-------------------|--|
| Databilag 1.1-1.3 | Borprofiler |
| Databilag 2 | Analyseresultater av fysikalsk-kjemiske parametere |
| Databilag 3 | Kornfordelingsanalyser |

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Gjerde, Luster

UTFØRT DATO: 21.09.96

BORPUNKT NR: 1

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X **UNDERSØKELSESRØNN:**

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 4087

N-S: 68342

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 198 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN:

MERKNAD:

| Dyp [m] | Materialtype | Borsynk [min/m] | Slag | Vann- trykk [kg] | Boreslam | Temp. [°C] | P.tid før prøve taking [min] | Vann- føring [l/s] | Merknad |
|------------|---------------------|--------------------|------|------------------------|----------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1,5 | stein, grus og sand | | S | | | | | | |
| | stein, grus og sand | 1,10 | S | 0-10 | G | | | | |
| 3,5 | stein, grus og sand | 2,20 | S | 0-10 | | | | | morenelignende masser |
| | stein, grus og sand | 2,00 | S | 0-15 | G | | | | |
| 5,5 | stein, grus og sand | 4,00 | S | 0-5 | G | | | | morene ? |
| | fjell fra 6,0 m | | | | | | | | |
| 7,5 | | | | | | | | | |
| 9,5 | | | | | | | | | |
| 11,5 | | | | | | | | | |
| 13,5 | | | | | | | | | |
| 15,5 | | | | | | | | | |
| 17,5 | | | | | | | | | |
| 19,5 | | | | | | | | | |
| 21,5 | | | | | | | | | |
| 23,5 | | | | | | | | | |
| 25,5 | | | | | | | | | |
| 27,5 | | | | | | | | | |
| 29,5 | | | | | | | | | |

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

P: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Gjerde, Luster

UTFØRT DATO: 21.09.96

BORPUNKT NR: 2

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 4084

N-S: 68339

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 196 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 4,0 m

MERKNAD: 16 m rør står igjen

| Dyp [m] | Materialtype | Borsynk [min/m] | Slag | Vann- trykk [kg] | Boreslam | Temp. [°C] | P.tid før prøve taking [min] | Vann- føring [l/s] | Merknad |
|------------|----------------------|--------------------|------|------------------------|----------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|---------|
| 1,5 | stein, grus og sand | | S | | | | | | |
| | stein, grus og sand | 1,30 | S | 0 | | | | | |
| 3,5 | stein, grus og sand | 1,25 | DS | 0 | | | | | |
| | stein, grus og sand | 2,10 | DS | 0-5 | | | | | |
| 5,5 | stein, grus og sand | 1,50 | S | 5-12 | | | | | |
| | sand og grus | 1,40 | DS | 0 | | | | | |
| 7,5 | sand og grus | 1,00 | S | 0 | | 4,6 | 15 | 1,7 | MP+VP |
| | sand og grus | 1,25 | DS | 0 | | | | | |
| 9,5 | sand og grus | 1,05 | DS | 0 | | | | | |
| | sand og grus | 1,35 | DS | 0 | | | | | |
| 11,5 | sand og grus + stein | 3,00 | S | 0 | | 3,8 | 15 | 2,0 | MP+VP |
| | sand og grus + stein | 1,50 | DS | 0 | | | | | |
| 13,5 | grus | 1,30 | DS | 0 | | | | | |
| | sand og grus | 1,10 | DS | 0 | | | | | |
| 15,5 | sand og grus | 0,40 | S | 0 | | 3,3 | 15 | 2,5 | MP+VP |
| | sand og grus | 0,45 | DS | 0 | | | | | |
| 17,5 | sand og grus | 1,20 | S | 5 | | | | | |
| | sand og grus | 1,10 | S | 4 | | | | | |
| 19,5 | grusig sand | 2,30 | S | 5-8 | | | | 0,2 | |
| | grusig sand | 0,55 | S | 4 | | | | | |
| 21,5 | grusig sand | 0,45 | S | 0 | | | | | |
| | grusig sand | 1,15 | S | 5 | | | | | |
| 23,5 | grusig sand | 0,55 | S | 5 | | | | | |
| 25,5 | | | | | | | | | |
| 27,5 | | | | | | | | | |
| 29,5 | | | | | | | | | |

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

P: Materialprøve

VP: Vannprøve

GRUNNVANNSUNDERSØKELSER I LØSMASSER

STED: Gjerde, Luster

UTFØRT DATO: 22.09.96

BORPUNKT NR: 3

BORUTSTYR: Borros borerigg

SONDERBORING: X

UNDERSØKELSEBRØNN: X

UTM-KOORDINATER:

KARTBLAD (M711):

SONE: 32 V

Ø-V: 4084

N-S: 68339

OVERFLATENS HØYDE OVER HAVET I BORPUNKTET: 196 moh

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

GRUNNVANNSTAND U/MARKOVERFLATEN: 4,0 m

MERKNAD: 12m rør står igjen

| Dyp [m] | Materialtype | Borsynk [min/m] | Slag | Vann- trykk [kg] | Boreslam | Temp. [°C] | P.tid før prøve taking [min] | Vann- føring [l/s] | Merknad |
|------------|--------------------------|--------------------|------|------------------------|----------|---------------|---------------------------------------|--------------------------|----------|
| 1,5 | stein, grus og sand | | S | | G/B | | | | |
| | stein, grus og sand | 1,45 | S | 0 | | | | | |
| 3,5 | stein, grus og sand | 1,25 | S | 0 | | | | | |
| | stein, grus og sand | 1,25 | S | 0 | | | | | |
| 5,5 | stein, grus og sand | 1,25 | S | 0 | | | | | |
| | stein, grus og sand | 1,20 | S | 0 | | | | | |
| 7,5 | stein, grus og sand | 2,10 | S | 0-10 | | | | | |
| | stor stein, grus og sand | 7,15 | S | 0-15 | | | | | |
| 9,5 | stein, grus og sand | 2,45 | S | 0-10 | | | | | |
| | sand og grus | 1,20 | S | 0-8 | | | | | |
| 11,5 | sand og grus | 1,20 | S | 0 | | 3,0 | 15 | 2,0 | VP |
| | sand og grus | 1,40 | S | 0 | | | | | |
| 13,5 | stor stein, grus og sand | 4,35 | S | 0-12 | | | | | |
| | sand og grus + stein | 2,00 | S | 0 | | | | | |
| 15,5 | sand og grus | 1,40 | S | 0-10 | | | | 0,3 | mye sand |
| | grusig sand | 1,05 | S | 0 | | | | | |
| 17,5 | grusig sand | 0,50 | S | 0-10 | | 5,0 | 15 | 0,3 | VP |
| | grusig sand | 0,40 | S | 0 | | | | | |
| 19,5 | grusig sand | 0,40 | S | 0 | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 21,5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 23,5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 25,5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 27,5 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| 29,5 | | | | | | | | | |

S: Slag

DS: Delvis slag

B: Brunt

G: Grått

S: Svart

R: Rødt

MP: Materialprøve

VP: Vannprøve

VANNANALYSER

FYLKE: Sogn og Fjordane

KART (M711): 1418-3 Jostedalen

KOMMUNE: Luster

PRØVESTED: Gjerde

OPPDRAKSNUMMER: 220/96

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

| Brønn-nr/sted | 2 Gjerde | 2 Gjerde | 2 Gjerde | 3 Gjerde | 3 Gjerde | | | | | | | | | Veiledende verdi | Største tillatte konsentrasjon |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-----|------|-----|------|--|--|--|----------------------|-----------------------------------|
| Dato | 21.09.96 | 21.09.96 | 21.09.96 | 22.09.96 | 22.09.96 | | | | | | | | | | |
| Brønntype | u.brønn | u.brønn | u.brønn | u.brønn | u.brønn | | | | | | | | | | |
| Kapasitet l/s | 1,7 | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 0,2 | | | | | | | | | | |
| Dyp m | 6,5-7,5 | 10,5-11,5 | 14,5-15,5 | 10,5-11,5 | 16,5-17,5 | | | | | | | | | | |
| Brønndimensjon mm | 32 | 32 | 32 | 32 | 32 | | | | | | | | | | |
| X-koordinat Sone: 32 | 4084 | 4084 | 4084 | 4084 | 4084 | | | | | | | | | | |
| Y-koordinat Sone: 32 | 68339 | 68339 | 68339 | 683385 | 683385 | | | | | | | | | | |
| Fysisk/kjemisk | | | | | | | | | | | | | | | |
| Surhetsgrad, felt/lab pH | | 6,42 | | 6,49 | | 6,60 | | 6,52 | | 6,23 | | | | 7,5-8,5 | 6,5-8,5 ² |
| Ledningsevne, felt/lab mS/m | 1,1 | 1,4 | 1,9 | 2,0 | 2,3 | 2,2 | 1,9 | 2,0 | 3,6 | 3,5 | | | | < 40 | |
| Temperatur °C | 4,6 | 3,8 | 3,3 | 3,0 | 5,0 | | | | | | | | | < 12 | 25 |
| Alkalitet mmol/l | 0,04 | 0,06 | 0,09 | 0,06 | 0,15 | | | | | | | | | 0,6-1,0 ² | |
| Fargetall mg Pt/l | 14,7 | 7,6 | 2,3 | < 1,4 | 4,8 | | | | | | | | | < 1 | 20 |
| Turbiditet F.T.U | 71 | 8,7 | 0,76 | 3,5 | 0,26 | | | | | | | | | < 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 | 0,12 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | | | | | | | | | | 1,5 |
| Klorid mg Cl/l | 0,37 | 0,50 | 1,09 | 0,88 | 1,69 | | | | | | | | | < 25 | |
| Nitritt mg NO ₂ /l | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | | | | | | | | | | 0,16 |
| Brom mg Br/l | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | < 0,1 | | | | | | | | | | |
| Nitrat mg NO ₃ /l | 0,60 | 0,76 | 1,09 | 0,86 | 2,07 | | | | | | | | | | 50 |
| Fosfat mg PO ₄ /l | < 0,2 | < 0,2 | < 0,02 | < 0,2 | < 0,2 | | | | | | | | | | |
| Sulfat mg SO ₄ /l | 1,86 | 3,57 | 3,02 | 3,29 | 3,25 | | | | | | | | | | 100 |
| Sum anioner+alkalitet meq/l | 0,105 | 0,14 | 0,20 | 0,17 | 0,30 | | | | | | | | | | |
| Kationer | | | | | | | | | | | | | | | |
| Silisium mg Si/l | 0,72 | 1,4 | 1,9 | 1,6 | 2,6 | | | | | | | | | | |
| Aluminium mg Al/l | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | | | | | | | | | < 0,05 | 0,2 |
| Jern mg Fe/l | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,16 | | | | | | | | | < 0,05 | 0,2 |
| Magnesium mg Mg/l | 0,06 | 0,13 | 0,17 | 0,12 | 0,33 | | | | | | | | | | 20 |
| Kalsium mg Ca/l | 1,0 | 1,7 | 2,3 | 1,8 | 3,4 | | | | | | | | | 15-25 ² | |
| Natrium mg Na/l | 0,47 | 0,97 | 1,1 | 0,93 | 1,4 | | | | | | | | | < 20 | 150 |
| Kalium mg K/l | < 0,5 | < 0,5 | 0,5 | < 0,5 | 1,2 | | | | | | | | | < 10 | 12 |
| Mangan mg Mn/l | 0,002 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,023 | | | | | | | | | < 0,02 | 0,05 |
| Kobber mg Cu/l | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | | | | | | | | | < 0,1 | 0,3 |
| Sink mg Zn/l | < 0,002 | < 0,002 | 0,002 | 0,004 | 0,004 | | | | | | | | | < 0,1 | 0,3 |
| Bly mg Pb/l | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | < 0,05 | | | | | | | | | | 0,02 |
| Nikkel mg Ni/l | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | < 0,02 | | | | | | | | | | 0,05 |
| Kadmium mg Cd/l | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | < 0,005 | | | | | | | | | | 0,005 |
| Krom mg Cr/l | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | | | | | | | | | 0,05 |
| Sølv mg Ag/l | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | < 0,01 | | | | | | | | | | 0,01 |
| Sum kationer ³ meq/l | 0,09 | 0,1507 | 0,1896 | 0,1531 | 0,2887 | | | | | | | | | | |
| Ionebalanseavvik ⁴ % | -8 | 4 | -3 | -5 | -2 | | | | | | | | | | |

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

2. Vannet bør ikke være aggressivt.

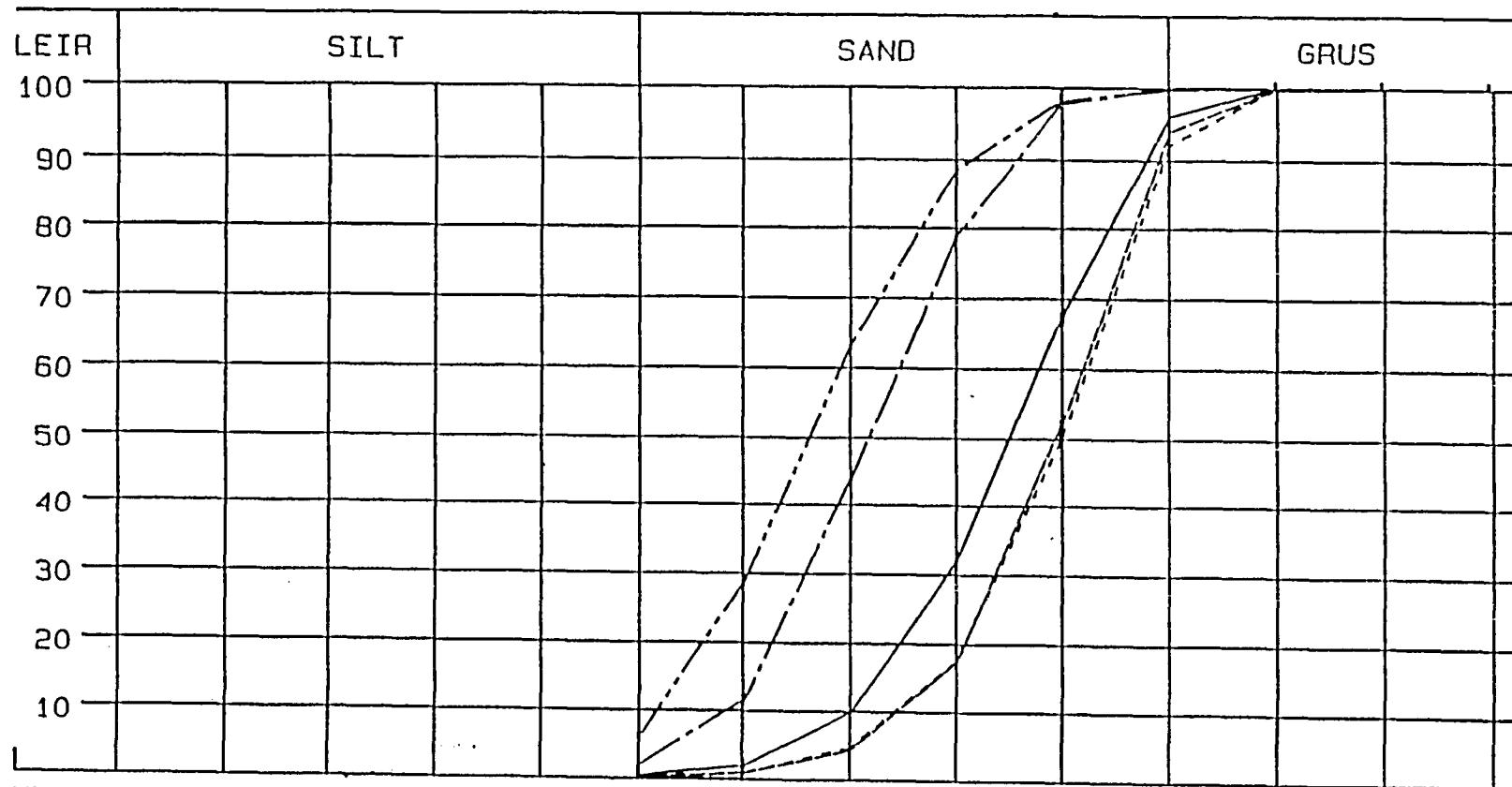
3. Sum kationer = Na + Ca + Mg + K.

4.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE

XXX XXX



| MY | 2 | 4 | 8 | 16 | 32 | 63 | 0.125 | 0.25 | 0.5 | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | |
|---------------|--------|------|-------|--------|----|-----------|-------|------|-----|---|---|---|---|----|--|
| MM | 0.002 | | | | | | | | | | | | | | |
| KORNSTØRRELSE | | | | | | | | | | | | | | | |
| ————— | 960509 | 4084 | 68339 | Gjerde | 2 | 6,5- 7,5 | | | | | | | | | |
| - - - - - | 960510 | 4084 | 68339 | Gjerde | 2 | 10,5-11,5 | | | | | | | | | |
| ————— | 960511 | 4084 | 68339 | Gjerde | 2 | 14,5-15,5 | | | | | | | | | |
| ————— | 960512 | | | | | | | | | | | | | | |
| - - - - - | 960513 | | | | | | | | | | | | | | |