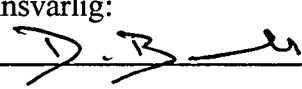


NGU Rapport 97.059

Grunnvannsundersøkelser på Auestad,
Grødal and og Skretting i Hå kommune,
Rogaland fylke.

Rapport nr.: 97.059		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser på Auestad, Grødaland og Skretting i Hå kommune, Rogaland fylke.				
Forfatter: Gaute Storrø		Oppdragsgiver: Hå kommune, Rogaland fylke, NGU		
Fylke: Rogaland		Kommune: Hå kommune		
Kartblad (M=1:250.000) Stavanger		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1212-3 Nærbø		
Forekomstens navn og koordinater: Auestad 65009-3069 Grødaland 65042- 3020 Skretting 65012- 3082		Sidetall: 24 Pris: kr 45,- Kartbilag: 0		
Feltarbeid utført: Oktober 1996	Rapportdato: 01.05.97	Prosjektnr.: 2713.11	Ansvarlig: 	
Sammendrag:				
<p>I forbindelse med NGU's deltagelse i «Prosjekt Vannforsyning» (PROVA) ble det i oktober 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i Hå kommune, Rogaland fylke, i brønner i lokalitetene Auestad, Grødaland og Skretting. Prosjektets målsetting var å klarlegge kvantitet og kvalitet av dyptliggende grunnvann i Jærenområdet med tanke på utnyttelse i kommunal/regional drikkevannsforsyning samt å legge grunnlag for en vitenskapelig dokumentasjon av løsmassestratigrafi, hydrogeologi og dannelseshistorie for den særegne kvartærgeologiske provinsen som Jæren-regionen representerer.</p> <p>Det konkluderes med at de gjennomførte undersøkelser gir positive indikasjoner med tanke på utnyttelse av grunnvann for kommunal/regional vannforsyning i lokalitetene Grødaland og Skretting. For Grødaland er det i første rekke massene i dyp 13-42 m under terrengoverflaten som synes aktuelle for nærmere klarlegging av kapasitet og grunnvannskvalitet. Ved Skretting er det påvist relativt god vanngiverevne for masser ned til 12 m's dyp. Kapasitet og grunnvannskvalitet i løsmassene langs et nord-syd-gående profil fra Håland til Oppstad bør klarlegges nærmere.</p> <p>For de undersøkte lokalitetene er det, med bakgrunn i målinger i felt, faglig skjønn og erfaringer, angitt estimer for totalkapasitet i enkeltbrønner av størrelsesorden 10-20 l/s. Sikker verifisering av totalkapasiteter og vannkvalitet kan kun gjøres gjennom oppfølgende boringer og langtids testpumper.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Sedimentologi		Vannforsyning
Prøvepumping		Kjemiske analyser		Fagrapport

INNHALDSFORTEGNELSE

0 SAMMENDRAG.....	4
1 INNLEDNING.....	6
1.1 BAKGRUNN	6
1.2 MÅLSETTING.....	6
1.3 PRØVETAKING.....	7
2 LOKALITETSBEKRIVELSER.....	8
2.1 AUESTAD	8
2.2 GRØDALAND.....	9
2.3 SKRETTING	10
3 RESULTATER.....	11
3.1 VANNMENGDEVURDERINGER	11
3.1.1 Grunnvannsnydannelse	11
3.1.2 Auestad-området	12
3.1.3 Grødaland-området.....	12
3.1.4 Skretting-området.....	13
3.2 VANNKVALITETSVURDERINGER.....	13
3.2.1 Auestad-området	14
3.2.2 Grødaland-området.....	14
3.2.3 Skretting-området.....	15
4 KONKLUSJON.....	16
5 FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER.....	17
6 REFERANSER.....	18

FIGURER

- 1 Oversiktskart for Varhaugområdet, Hå kommune - Rogaland fylke
- 2 Løsmassestratigrafi og brønntutforming for Auestad-lokaliteten
- 3 Løsmassestratigrafi og brønntutforming for Grødaland-lokaliteten
- 4 Løsmassestratigrafi og brønntutforming for Skretting-lokaliteten
- 5 Stratigrafisk profil Høgemork - Skretting grustak - Tjemsland

TABELLER

- 1 Kjemiske analyser for grunnvannsprøver fra Auestad-lokaliteten
- 2 Kjemiske analyser for grunnvannsprøver fra Grødaland-lokaliteten
- 3 Kjemiske analyser for grunnvannsprøver fra Skretting-lokaliteten

VEDLEGG

- 1 Pesticidanalyser

FORORD

En god vannforsyning med hensyn til 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 rensed 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 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.).

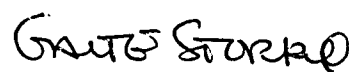
NGU har på bakgrunn av de forannevnte momentene startet prosjektet «Økt bruk av grunnvann». Formålet er en sikker dokumentasjon av kvantitet og kvalitet av grunnvannsforekomster som kan nyttes til allminnelig drikkevannsforsyning. Bedre vannforsyning til næringsmiddel- og reiselivsbedrifter er også prioritert.

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 Rogaland og ut fra kommunenes interesse for prosjektet ble kommunene Bjerkreim, Gjesdal, Hjelmeland, Hå, Sauda og Suldal valgt for grunnvannsundersøkelser i 1996. Arbeidet i de enkelte kommuner er planlagt i samarbeid med teknisk etat.

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


Bernt Olav Hilmo
hovedprosjektleder


Gaute Storrø
forsker

0 SAMMENDRAG

I forbindelse med NGU's deltagelse i «Prosjekt Vannforsyning» (PROVA) ble det i oktober 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i Hå kommune, Rogaland fylke, i brønner i lokalitetene Auestad, Grødaland og Skretting. Prosjektets målsetting var å klarlegge kvantitet og kvalitet av dyptliggende grunnvann i Jærenområdet med tanke på utnyttelse i kommunal/regional drikkevannsforsyning samt å legge grunnlag for en vitenskapelig dokumentasjon av løsmassestratigrafi, hydrogeologi og dannelseshistorie for den særegne kvartærgeologiske provinsen som Jæren-regionen representerer.

Grunnvannsmagasinerne i det undersøkte området må i stor grad betraktes som selvmatende, d.v.s. grunnvannsnydannelsen skjer i hovedsak ved infiltrasjon av nedbør. Volumet av grunnvannsnyddannelse innenfor nedslagsfeltet er kalkulert til 30 millioner m³/år (1000 l/s).

Det øverste grunnvannsmagasinet ved Auestad viser meget lav produksjonskapasitet og må i denne sammenheng betraktes som uinteressant for grunnvannsuttak. Spesifikk kapasitet for den brønnen som er anlagt i det dypeste grunnvannsmagasinet ved Auestad er målt til 0.24 l/s pr m vannstandssenkning. Total kapasitet for den samme brønnen er da 1-2 l/s. Dersom løsmasser med samme vanngiverevne fortsetter til større dyp (40-50 m) **kan** derfor denne lokaliteten være interessant for kommersiell utnyttelse, med **estimerte** uttak av størrelsesorden 5-15 l/s fra en enkeltbrønn.

I Grødalandbrønnen ble den høyeste spesifikke kapasiteten målt i de sanddominerte massene i nivå 0-10 m under terreng (0.5 l/s pr m vannstandssenkning). Relativt høye kapasitetstall ble også målt i den 30 m mektige løsmassesekvensen i nivå 13-42 m under terreng (0.2-0.3 l/s pr m vannstandssenkning). Dersom de målte kapasiteter er representative for hele denne 30 m tykke «moreneenheten» så kan dette laget alene bidra med vannmengder av **størrelsesorden** 10 l/s. Totalkapasitet for en enkeltbrønn boret til ca 40 m's dyp **kan** da være av størrelsesorden 15 l/s.

Spesifikk kapasitet for Skretting-brønnen er målt til 0.7 l/s pr m vannstandssenkning. Total kapasitet for den samme brønnen er da 5 l/s. Brønnen er relativt grunn og boringene indikerer at godt vanngivende masser kan fortsette til større dyp. Uttak av størrelsesorden 10-20 l/s fra en enkeltbrønn **kan** derfor være realistisk i dette området slik at en ved uttak fra flere brønner **kan** nå opp mot det behovet som ble skissert av Hå kommune i GiN-programmet (40 l/s).

Det er ikke funnet noen spor av pesticider i de analysene som er utført på vannprøvene fra de 3 lokalitetene. Alle de innsamlede vannprøver har tungmetallinnhold som ligger langt lavere enn de veiledende verdier som er angitt i drikkevannsforskriftene. Jern og mangan er da ikke medregnet under betegnelsen tungmetaller.

Det overflatenære grunnvannet ved Auestad-lokaliteten er sterkt anrikt på sjøsalter (Na, Cl, SO₄) trolig som følge av utvasking fra lokalt skjellsanddeponi. Nitrat-verdiene er høye som følge av jordbruksaktiviteten. Trolig som følge av drenering av grunnvann langs brønnrøret observeres også en sjøsalt- og nitratforurensing i nedre magasin. Denne forurensningen reduseres betydelig under pumping fra nedre magasin og de reelle tallene for Na, Cl, SO₄ og NO₃ i dette magasinet er trolig vesentlig lavere enn de verdier som fremkommer i analysene.

De fleste prøvene fra Grødalandsbrønnen viser verdier for kalsium, natrium, jern, mangan, totalt ioneinnhold, turbiditet og alkalitet som er høyere enn de veiledende verdiene i drikkevannsforskriften. Klorid ligger for alle prøver på samme nivå som veiledende verdi. Ut fra et drikkevannssynspunkt må de relativt høye jern- og manganverdiene betraktes som den mest negative faktoren idet dette kan innebære bruksmessige ulemper. Høy kalsiumverdi og alkalitet kan medføre bruksproblemer (kalkutfelling), men betraktes samtidig som et helsemessig fortrinn. Høye natriumverdier er uønsket ut fra et helsemessig synspunkt. Natriumverdiene ligger likevel lavere enn maksimalverdien som er anført i drikkevannsforskriften. Grødalandsprøvene viser meget lave nitratverdier sammenlignet med prøvene fra Auestad, Skretting og bakgrunnsprøvene fra «Varhaug-øst».

Grunnvannet ved Skretting har en helt annen kjemisk karakter enn vannet ved Auestad og Grødalands, med moderate tall for kalsium, natrium, klorid og alkalitet. På samme måte som for Grødalands er tallene for jern, mangan, turbiditet og farge relativt høye. Skretting-prøven viser store likhetstrekk med bakgrunnsprøvene som er hentet fra grunne gårdsbrønner og kilder i områdene øst for Varhaug. Dette indikerer at Skretting-grunnvannet ikke er et dypt, modent grunnvann med lang oppholdstid i grunnen. Et forhold som kompliserer bildet er at det rett ved brønnlokaliteten foregår infiltrasjon av vann i forbindelse med vasking av masser i grustaket. Dette infiltrasjonsvannet vil ganske klart blandes med det «ekte» grunnvannet og gi en fortykning. Omfanget av denne fortykningen er usikker slik at det er uvisst i hvilken grad Skretting-vannprøven gir en god dokumentasjon av grunnvannskvaliteten i området.

Med forbehold om den usikkerhet som er anført for Skretting-prøvens representativitet så viser grunnvannet fra denne lokaliteten den beste overensstemmelse med drikkevannsforskriften av samtlige prøver.

Det konkluderes med at de gjennomførte undersøkelser gir positive indikasjoner med tanke på utnyttelse av grunnvann for kommunal/regional vannforsyning i lokalitetene Grødalands og Skretting. For Grødalands er det i første rekke massene i dyp 13-42 m under terrengoverflaten som synes aktuelle for nærmere klarlegging av kapasitet og grunnvannskvalitet. Ved Skretting er det påvist relativt god vanngiverevne for masser ned til 12 m's dyp. Kapasitet og grunnvannskvalitet i løsmassene langs et nord-syd-gående profil fra Håland til Oppstad bør klarlegges nærmere.

For de undersøkte lokalitetene er det, med bakgrunn i målinger i felt, faglig skjønn og erfaringer, angitt **estimer** for **total**kapasitet i enkeltbrønner av størrelsesorden 10-20 l/s. Sikker verifisering av totalkapasiteter og vannkvalitet kan kun gjøres gjennom oppfølgende boringer og langtids testpumper.

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I forbindelse med NGU's deltagelse i «Prosjekt Vannforsyning» (PROVA), som er et nasjonalt prosjekt for kvalitetsforbedring innen drikkevannsektoren administrert av Folkehelse (SIFF), ble det i 1996 gjennomført grunnvannsundersøkelser i Hå kommune, Rogaland fylke. Undersøkelsene var en videreføring av kvartærstratigrafiske og hydrogeologiske studier som har pågått gjennom flere år i regi av Universitetet i Bergen, Universitetet i Tromsø, UNIS og NGU med delfinansiering fra Hå kommune, Rogaland fylke, PROVA og Interkommunalt vann- og avløpselskap for Rogaland (IVAR). En betydelig del av de kvartærstratigrafiske studiene er finansiert av Norges Forskningsråd (NFR), Enterprise Oil Norge LTD og Norske Agip A/S gjennom prosjektet «Scientific borings at Jæren» (SBJ).

De resultater som presenteres i denne rapport er knyttet til kapasitetstesting og vannprøvetaking som ble utført i brønner i lokalitetene Auestad, Grødaland og Skretting i oktober 1996. Sluttkonklusjonene er imidlertid basert på alle relevante data som er samlet inn gjennom de tidligere utførte kvartærstratigrafiske og hydrogeologiske studier. De aktuelle rapporter og publikasjoner er referert i egen litteraturliste.

1.2 Målsetting

Prosjektet har en todelt målsetting rettet både mot anvendte og forskningsrelaterte aspekter:

1. Klarlegge kvantitet og kvalitet av dyptliggende (submorene) grunnvann i Jærenområdet generelt, og søndre del av Låg-Jæren spesielt, med tanke på utnyttelse i kommunal/regional drikkevannsforsyning.

2. Vitenskapelig dokumentasjon og tolkning av løsmassestratigrafi, hydrogeologi og dannelseshistorie for den særegne kvartærgeologiske provinsen som Jæren-regionen representerer.

For å kvantifisere målene under punkt 1 er det tatt utgangspunkt i et vannbehov av samme størrelsesorden som totalbehovet for Hå kommune (40 l/s). Som kvalitative retningslinjer er de veiledende verdiene i de reviderte drikkevannsnormene (1995) benyttet. Utfra den høye jordbruksbelastningen innen Jærregionen er det særlig fokusert på jordbruksrelaterte forurensningsstoffer, bl.a. pesticider, samt en kartlegging av grunnvannets alder/oppholdstid i grunnen v.h.a. isotopanalyser.

1.3 Prøvetaking

Alle vannprøver er tatt ved hjelp av Grundfos Jetsub dykkpumpe. Før prøvetaking ble det rensesumpet i minimum én time i hver lokalitet. Den vannkjemiske utviklingen (oksygen, pH, ledningsevne, temperatur) under rensesumpingen ble overvåket kontinuerlig i «online» lukket system, for å påse at stabile forhold ble oppnådd. Prøvene ble splittet opp og behandlet på følgende måte i felt:

Uorganiske analyser (NGU Trondheim):

- 100 ml plastflaske, filtrert (0.45 µm) og syrekonservert (suprapure HNO₃) for ICAP og AAS
- 100 ml plastflaske, filtrert (0.45 µm) for IC
- 500 ml plastflaske, ubehandlet for alkalitet, pH og ledningsevne

Isotopanalyser (IFE Kjeller):

- 100 ml plastflaske, ubehandlet for ¹⁸O og ²H
- 1000 ml brun glassflaske, tørket 2 døgn i tørkeskap og deretter lukket for ³H

Pesticidanalyser (Planteforsk NLH-Ås):

- 500 ml plastflasker, ubehandlet

For samtlige prøver ble følgende parametre i tillegg målt i felt: pH, temperatur, ledningsevne, oksygen og karbonsyre (CO₂ (aq) + H₂CO₃ (aq)).

2 LOKALITETSBEKRIVELSER

Boringene i de 3 lokalitetene som var gjenstand for hydrogeologiske undersøkelser i oktober 1996, ble opprinnelig utført for uttak av sedimentprøver for kvartærstratigrafiske studier. Utvelgelsen av borlokaliteter ble derfor naturlig nok gjort utfra kvartærgeologiske vurderinger og ikke med tanke på optimale forhold for kartlegging av grunnvannsrelaterte problemstillinger. De gjennomførte grunnvannsundersøkelser gir likevel en rekke viktige opplysninger om uttakspotensialet og grunnvannskvaliteten i undersøkelsesområdet og gir et godt grunnlag for utvelgelse av områder for videreføring av prosjektet. Undersøkelsene viser også at det er en nær sammenheng mellom kvartærstratigrafien og hydrogeologien slik at undersøkelser innen begge disse fagdisipliner bør videreføres for å nå fram til det endelige målet; en endelig verifisering av kvantitet og kvalitet av dypt grunnvann på Låg-Jæren med tanke på kommersiell utnyttelse innen kommunal/regional vannforsyning.

I alle borlokaliteter er brønnene utformet i Ø110 mm PVC med 1 m lange filter med slisseåpning 0.8 mm. I det følgende gis en kortfattet beskrivelse av de kvartærstratigrafiske og hydrogeologiske forhold i de 3 lokalitetene.

2.1 Auestad

Lokaliteten ligger ca 4 km øst for kystlinjen på kotehøyde ca 80 moh, inn mot foten av brattskrånningen opp mot Høg-Jæren (figur 1). Borpunktet ligger i flatt terreng rett ved et gammelt skolehus og området er i det alt vesentlige dyrket mark.

Sedimentprofil og brønnutforminger for lokaliteten er vist i figur 2. Det 35 m dype profilet er delt inn i 5 stratigrafiske enheter hvorav enhet 1, 2, 4 og 5 utfra rene sedimentologiske vurderinger antas å representere det største potentialet for grunnvannsuttak. Boringen ble stoppet ved stor steinblokk på 35 m's dyp slik at den videre stratigrafien er ukjent. Seismiske målinger antyder at dyp til fjell er 50-60 m.

De sedimentologiske forholdene gjør at det eksisterer to grunnvannsmagasin i Auestad-lokaliteten. Det øvre magasinet har grunnvannsspeil ca 2 m under terrengoverflaten og bunnen av magasinet antas å være sammenfallende med toppen av stratigrafisk enhet 3 (ca 10 m under bakkenivå). Brønn A2 er plassert i dette overflatenære magasinet med filter i nivå 6-7 m under terrengnivå.

Det dypeste magasinet hadde pr 17.10.96 et grunnvannsspeil på nivå 22.6 m under terrengoverflaten. Dette vannspeilet antas å definere toppen av «basismagasinet» i området, d.v.s. løsmassene antas å være vannmettet fra dette nivået ned til fjelloverflaten. Brønn A1 er plassert i dette magasinet med filter i nivå 20-21 og 29-30 m under terrengnivå. Det øverste filternivået var tørt på undersøkelsestidspunktet.

Under prøvepumpingen fra det dypeste magasinet ble det gjort målinger for å registrere eventuelle endringer i vannstand i øvre magasin. Slike endringer ble ikke observert og det konkluderes med at det ikke er noen direkte hydraulisk kontakt mellom de to magasinene.

2.2 Grødaland

Lokaliteten ligger ca 100 m øst for kystlinjen på kotehøyde 4-5 moh (figur 1). Rett øst for borpunktet går det en 10-15 m høy brattskrent fra strandflaten opp til store flate områder med dyrket mark.

Sedimentprofil og brønnutforminger for lokaliteten er vist i figur 3. Det 125 m dype profilet er delt inn i 6 stratigrafiske enheter hvorav enhet 1, 3 og 4 utfra rene sedimentologiske vurderinger antas å representere det største potensialet for grunnvannsuttak. Også innenfor enhet 2, trolig i første rekke underenhet 2.2 og 2.4, kan det finnes sedimenter med bra vanngiverevne. Enhet 2 består ellers hovedsakelig av finkornige silt/leir-sedimenter av marin opprinnelse. Boringen ble stoppet ved antatt fjell på 125 m's dyp.

Det gjøres oppmerksom på at enhetene 1 og 3 av presentasjonstekniske årsaker ikke er tegnet ut med full mektighet i figur 3. Disse enhetene er h.h.v. 40 og 30 m tykke d.v.s. tilnærmet av samme mektighet som enhet 2.

Grunnvannsspeilet ligger 1 m under terrengnivået. Brønnen er utformet med filter i 7 ulike nivåer. Ved kapasitetstesting/vannprøvetakingen ble det benyttet «dobbeltpacker-teknologi», d.v.s. en pumpe ble senket ned til det aktuelle filternivået med 2 oppblåsbare gummimansjetter plassert h.h.v. over og under pumpen. Samtidig ble det benyttet 3 trykksensorer, plassert h.h.v. over, mellom og under gummimansjettene, for registrering av endringer i vannstand/trykk. Denne tekniske løsningen gav, i tillegg muligheten for nivåbestemt kapasitetstesting og vannprøvetaking, muligheter for å måle det statiske trykket på ulike dyp i magasinet samt å kontrollere den hydrauliske kontakten mellom de ulike filternivåene. Målingene viser at i alle filternivåer som ligger dypere enn 10 m under terrengoverflaten er trykket 0,5 - 1,5 m høyere enn det hydrostatiske trykket.

Utfra de trykkendringer som ble registrert på de ulike sensorer under testpumpingen konkluderes det med at det er god hydraulisk kontakt mellom de to filternivåene innen enhet 4 (4-5 og 8-9 m). Det samme kan sies om de to filternivåene innen enhet 3 (26-27 og 42-32 m). Den hydrauliske kontakten mellom enhet 3 og enhet 4 synes imidlertid å være meget begrenset. De to filtrene innen enhet 2 (58-59 og 68-69 m) viser ingen innbyrdes hydraulisk kontakt og heller ingen kontakt mot enhet 3 og 4.

Ved installasjon av Grødalandbrønnen ble hulrommet mellom brønnrør og foringsrør forsøkt fylt opp med filtersand etter hvert som foringsrøret ble trukket opp. Filtersanden blandet seg imidlertid med, og forsvant delvis ut i, den omkringliggende massen og gav ikke den tiltenkte filtereffekt (O. Soldal - UiB, pers. meddelelse). Utfra disse opplysningene samt de måleresultater som framkom under brønntesting syns det derfor ikke å være noen kunstig forhøyet hydraulisk kontakt gjennom løsmassene langs utsiden av brønnrøret.

Ved en tidligere brønntesting ble det observert at det nederste filternivået (119-122 m) var fullstendig gjenfylt av finkornig materiale (O. Soldal - UiB, pers. meddelelse). Kapasitetstesting/vannprøvetakingen i nivå 68-69 m ble av praktiske årsaker utført uten trykk i nedre gummimansjett. Filteret i nivå 119-122 m antas imidlertid å være såvidt gjentettet at vanntilførsel gjennom dette ikke har innvirkning på kapasitetstesten/vannprøven fra nivå 68-69 m.

2.3 Skretting

Lokaliteten ligger ca 5 km øst for kystlinjen på kotehøyde ca 100 moh, ved foten av brattskrånningen opp mot Høg-Jæren (figur 1). Borpunktet ligger i et stort grustak og 10-15 m av den opprinnelige sedimentpakken er fjernet ved borlokaliteten.

Grunnvannsspeilet lå på undersøkelsestidspunktet 1,7 m under massetaksålen. Brønnen er utformet med filter i nivå 9-10 og 11-12 m under terreng (figur 4).

Sedimentprofil og brønnutforminger for lokaliteten er vist i figur 4. Løsmassene i det 28 m dype profilet er relativt homogene med grove sand/grus-masser ned til ca 12 m under massetaksålen (enhet 3) og derunder en ny morenesekvens (enhet 2). Under morenen observeres finstoffrike masser av marin opprinnelse med høyt innhold av stein (enhet 1). Boringen ble stoppet på nivå 18 m under massetaksålen slik at den videre stratigrafien og dypet til fjell er ukjent.

I forbindelse med en pågående hovedfagsoppgave (Vikesland, 1997) ved Universitetet i Bergen er det samlet inn vannprøver fra et 30-tall naturlige kildeframspring og grunne gårdsbrønner i området Håland - Oppstad. Ved nærmere studie av disse lokalitetene finner en at en rekke av kildene/brønnene ligger på kotehøyde ca 100-120 m.o.h. langs en nord-sør-gående linje fra Håland til Oppstad. Dette samsvarer godt med det som kan forventes å være den vestlige begrensningen av sand/grus-massene som observeres i Skretting-grustaket. Under befarung i april 1997 ble det av lokal kjentmann påvist flere nye store naturlige kildeframspring ved Skrettingland og Primstad. Disse har tidligere vært benyttet som hovedvannkilde for hele Varhaugområdet inklusive meieriet. Disse kildene ligger også langs den foran omtalte kildehorisonten. Dette fører til en geologisk modell for Håland - Skretting-Oppstad- området som vist i figur 5. Denne modellen samsvarer med det som er presentert i Stalsberg (1995).

3 RESULTATER

3.1 Vannmengdevurderinger

Under feltarbeidet som ble gjennomført i oktober 1996 ble det utført relativt omfattende kapasitetstester på brønnene i de 3 lokalitetene Auestad, Grødaland og Skretting. Det ble gjennomført konvensjonelle synke- og stigetester med konstant vannuttak, med kontinuerlig registrering av pumperate og endringer i grunnvannstand v.h.a. datalogger. Dette er tester som benyttes for å bestemme massenes «vann-gjennomstrømnings-kapasitet» (transmissivitet) og lagringskapasitet (storativitet). I tillegg ble det gjennomført enkelte tester med trinnvis økning i pumperaten for å bestemme de enkelte brønners spesifikke kapasitet (vannmengde pr meter vannstandssenkning). I denne rapporten er det kun gitt sluttkonklusjoner fra disse testene uten detaljert presentasjon av innsamlede data og datatolkninger.

Det understrekes at de tall som i avsnitt 3.1.2 - 3.1.4 er angitt for **total**kapasiteter er **estimer** basert på målinger i felt, faglig skjønn og erfaringer. Sikker verifisering av totalkapasiteter kan kun gjøres gjennom oppfølgende boringer og langtids testpumping.

Kapasitetstestene gir opplysninger om vanngiverevnen for løsmassene og brønnene i de enkelte lokaliteter, men den regionale fornyelsen av grunnvann innen brønnenes tilsigsområde vil over lengre tid være den bestemmende faktor for maksimalt gjennomsnittsuttak fra brønnene. I det følgende er det derfor gitt en vurdering av grunnvannsnydannelsen i Varhaug-området.

3.1.1 Grunnvannsnydannelse

Innen den nordlige del av Låg-Jæren (Klepp-Bryne) finnes flere større innsjøer (Frøylandsvatnet, Orrevatnet) og elver (Figgjo, Hååna) som trolig i betydelig grad bidrar til infiltrasjon og grunnvannsnydannelse. Grunnvannsmagasiner i dette området kan derfor betegnes som infiltrasjonsmagasin.

Innen den sørlige del av Låg-Jæren (Varhaug-Vigrestad) finnes det meget få innsjøer eller større elver. Grunnvannsmagasiner i dette området må derfor i hovedsak betraktes som selvmatende, d.v.s. magasin hvor grunnvannsnydannelsen i stor grad skjer ved infiltrasjon av nedbør. Utfra topografiske kart strekker nedslagsfeltet for grunnvannsmagasin i Varhaug-området seg fra vestsiden av Storamose og ca 10 km vestover til kystlinjen, med et areal beregnet til 76 km². Normal årsnedbør er 1300 mm (liter/m²) (DNMI-stasjon 4408 Obrestad fyr), hvorav det utfra erfaringstall kan antas at ca 30% går til grunnvannsnydannelse. Volumet av grunnvannsnydannelsen innenfor dette nedslagsfeltet kan derfor anslås til 30 millioner m³/år = 1000 l/s. Dersom det utfra teknisk/økonomiske hensyn kunne installeres brønner som fanget opp all grunnvannsnydannelse ville derfor et midlere uttak av størrelsesorden 1000 l/s være mulig, uten et overforbruk av grunnvannsressursene. Det praktiske uttakspotensialet vil være betydelig mindre, men det er likevel ingen tvil om grunnvannsnydannelsen er mer enn tilstrekkelig for å dekke det anslåtte behov for Hå kommune (40 l/s). Hovedproblemet er derfor å finne fram til områder hvor løsmassene er av en slik karakter (mekthet og

dreneringskapasitet) at den etterspurte vannmengde kan tas ut gjennom et akseptabelt antall brønner.

3.1.2 Auestad-området

Det øverste grunnvannsmagasinet ved Auestad (ca 2-11 m under bakkenivå, figur 2) viser meget lav produksjonskapasitet og må i denne sammenheng betraktes som uinteressant for grunnvannsuttak.

Det dypeste grunnvannsmagasinet ved Auestad fremstår med et grunnvannsspeil på nivå ca 20 m under bakken (22.6 m under terreng den 17/19/96). Boringene indikerer vanngivende masser ned til 35 m's dyp. Under dette nivå er løsmasseforholdene ikke klarlagt. Spesifikk kapasitet for den brønnen som er anlagt, med 1m filter i nivå 29-30 m, er målt til 0.24 l/s pr m vannstandssenkning. Total kapasitet for den samme brønnen er da 1-2 l/s. Dersom løsmasser med samme vanngiverevne fortsetter til større dyp (40-50 m) **kan** derfor denne lokaliteten være interessant for kommersiell utnyttelse, med **estimerte** uttak av størrelsesorden 5-15 l/s fra en enkeltbrønn.

3.1.3 Grødalaland-området

Løsmasseoppbyggingen og brønnutformingen ved Grødalaland-lokaliteten er vist i figur 3. Som det fremgår har den 125 m dype brønnen 1 m lange filtre i 6 utvalgte nivåer. Utfra dette er det klart at det kun er en begrenset del av det totale løsmasseprofilen (anslagsvis 10-20 %) som er undersøkt ved de gjennomførte kapasitetstester. Den høyeste spesifikke kapasiteten ble målt i de sanddominerte massene i nivå 0-10 m under terreng (0.5 l/s pr m vannstandssenkning). Relativt høye kapasitetstall ble også målt i den 30 m mektige løsmassesekvensen i nivå 13-42 m under terreng (0.2-0.3 l/s pr m vannstandssenkning). Dersom de målte kapasiteter er representative for hele denne 30 m tykke «moreneenheten» så kan dette laget alene bidra med vannmengder av **størrelsesorden** 10 l/s. Totalkapasitet for en enkeltbrønn boret til ca 40 m's dyp **kan** da være av størrelsesorden 15 l/s.

Enhet 2 innen Grødalaland-profilet (jfr. omtale i avsnitt 2.2), som i det vesentlige tolkes som finkornige sedimenter av marin opprinnelse, synes generelt å ha en betydelig lavere spesifikk kapasitet (0.01-0.02 l/s pr m vannstandssenkning) enn de høyereliggende enheter. Dette, sammenholdt med de tekniske/økonomiske ulemper som følger med boringer på såvidt store dyp, gjør at videre undersøkelser av de dypestliggende grunnvannsmagasiner på Grødalaland synes lite aktuelt. Denne konklusjonen gjelder også for massene i nivå 82-125 m under terreng (enhet 1) til tross for at vi her ikke har målte verdier for spesifikk kapasitet.

Kapasitetstestene gir også en god dokumentasjon av strømningsforholdene for grunnvann i Grødalaland-området. Under testingen ble det observert et overtrykk av størrelsesorden 0.5 - 1.5 m vannsøyle i de dypere deler av magasinet. Dette indikerer en oppadrettet strømning slik at strandsonen er et utstrømningsområde for grunnvann som mates fra områdene østover fra Grødalaland.

3.1.4 Skretting-området

Som det fremgår av figur 4 har Skretting-brønnen et totaldyp på 12 m hvorav 2 m er filtersatt. Spesifikk kapasitet for denne brønnen er målt til 0.7 l/s pr m vannstandssenkning. Total kapasitet for den samme brønnen er da 5 l/s.

Brønnen som er etablert ved Skretting er relativt grunn og de stratigrafiske undersøkelserne indikerer at godt vanngivende masser kan fortsette til større dyp innen andre deler av området Håland-Skretting-Oppstad. Uttak av størrelsesorden 10-20 l/s fra en enkeltbrønn **kan** derfor være realistisk i dette området slik at en ved uttak fra flere brønner **kan** nå opp mot det behovet som ble skissert av Hå kommune i GiN-programmet (40 l/s).

3.2 Vannkvalitetsvurderinger

Totalt ble det samlet inn 9 grunnvannsprøver i forbindelse med undersøkelsene som ble gjennomført i oktober 1996. I tillegg til tradisjonelle analyser relatert til drikkevannskvalitet er prøvene analysert med hensyn til innhold av isotoper (oksygen-18, deuterium og tritium), pesticider (sprøytemidler) og tungmetaller.

Isotopene kan bl.a. gi opplysninger om vannets alder og så langt som disse dataene er tolket synes det klart at det dyptliggende grunnvannet på Jæren (Grødaland) **ikke** er veldig gammelt (mange hundre år). En nærmere utdyping av disse forholdene vil bli gitt i pågående vitenskapelige arbeider og i senere rapporter.

Det er ikke funnet noen spor av pesticider i de analysene (37 forskjellige sopp-, insekt- og ugress-midler) som er utført på de 9 vannprøvene (se vedlegg). Utfra dette konkluderes det med at bruken av pesticider i området er meget begrenset og/eller at de midler som benyttes brytes såvidt raskt ned at de ikke kan spores selv i de overflatenære grunnvannsmagasinerne.

Alle de innsamlede vannprøver har tungmetallinnhold som ligger langt lavere enn de veiledende verdier som er angitt i drikkevannsforskriftene. Jern og mangan er da ikke medregnet under betegnelsen tungmetaller.

I alle prøvetakingslokaliteter, med unntak av Auestad, ble det parallelt med prøvetakingen utført en kontinuerlig overvåking av endringer i grunnvannets temperatur, pH, el.ledningsevne og oksygeninnhold. I alle lokalitetene, igjen med unntak av Auestad, ble stabile kjemiske forhold oppnådd etter kort tid slik at prøveuttak ble gjort etter én times pumping. Pumperaten ble også overvåket kontinuerlig og holdt konstant for hver enkelt lokalitet. Det ble pumpet med rater av størrelsen 0.2-0.8 l/s.

Resultater for de drikkevannsrelaterte analyser er vist i tabellene 1-3. Tall angitt med uthevet skrift viser analyseresultater som ikke er i samsvar med de veiledende verdiene i Drikkevannsforskriften (Sosial- og helsedepartementet, 1995: «Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.», Nr. 68 1-9/95).

3.2.1 Auestad-området

Resultatene for de drikkevannsrelaterte analysene er vist i tabell 1. Det ble samlet inn 3 vannprøver fra Auestad-lokaliteten; én prøve etter 30 min. pumping fra det overflatenære magasinet (prøve nr 1), én prøve fra det dype magasinet etter 40 min. pumping (prøve nr 2) og én prøve fra samme magasin etter 12 timers pumping (prøve nr 3). For alle prøvene finner en at verdiene for kalsium, natrium, mangan, klorid og ledningsevne (totalt ioneinnhold) ligger høyere enn de veiledende verdiene. For prøve 1 og 2 er sulfatinnholdet og turbiditeten også for høy samtidig som pH-verdien er for lav. Prøvene fra Auestad skiller seg særlig ut ved et høyt innhold av natrium, sulfat og klorid i forhold til prøvene fra Grødaland og Skretting (tabell 2 og 3). Det er i tillegg gjort en sammenligning med resultater av vannanalyser fra 31 grunne gårdsbrønner og kilder i området øst for Varhaug (hovedfagsstudent G. O. Vikesland, UiB). Også i forhold til disse bakgrunnsprøvene (tabell 3) viser Auestad-prøvene et betydelig avvik i første rekke når det gjelder natrium, sulfat og klorid.

Under prøvepumpingen fra det dypeste magasinet ble det registrert en gradvis reduksjon i det totale ioneinnholdet (ledningsevnen) i grunnvannet. Dette fremkommer også i en halvering av natrium- og kloridverdiene, samt 30 % reduksjon i sulfatverdiene, fra prøve 2 til prøve 3. Ioneinnholdet viste fortsatt en klar synkende tendens på det tidspunkt hvor prøve 3 ble tatt. Den mest sannsynlige forklaringen på dette forholdet antas å ligge i et lokalt lager for skjellsand som ble observert ved Auestad-lokaliteten. Denne lagerplassen antas å kunne ha vært brukt gjennom lang tid slik at betydelige mengder sjøsalt (natrium, klorid og sulfat) har blitt vasket ut fra skjellsanda og ned i det overflatenære grunnvannsmagasinet. Sjøsaltpåvirket grunnvann fra det øvre magasinet har så drenert langs brønnrøret og ned til det dypere liggende grunnvannsmagasinet. Denne lekkasjen har hatt et begrenset omfang slik at påvirkningen fra forurenset vann gradvis blir mindre etter hvert som det pumpes fra det dypeste magasinet.

Nitratinnholdet er også betydelig høyere for Auestadprøvene enn hva en finner ved Grødaland og Skretting. Igjen ser en det samme forholdet med høyt nitratinnhold i det overflatenære grunnvannet og en meget markert reduksjon i nitratkonsentrasjonen i det dypere liggende magasinet etter hvert som det pumpes fra dette. Prøve 3 viser således et nitratinnhold som er lavere enn bakgrunnsprøver fra området og som er noe høyere enn prøven fra Skretting (tabell 3).

Som en **oppsummering** kan det sies at det overflatenære grunnvannet ved Auestad-lokaliteten er sterkt anriktet på sjøsalter (Na, Cl, SO₄) trolig som følge av utvasking fra lokalt skjellsanddeponi. Nitrat-verdiene er høye som følge av jordbruksaktiviteten. Trolig som følge av drenering av grunnvann langs brønnrøret observeres også en begrenset sjøsalt- og nitratforurensing i nedre magasin. Denne forurensningen reduseres betydelig under pumping fra nedre magasin og de reelle tallene for Na, Cl, SO₄ og NO₃ i dette magasinet er trolig vesentlig lavere enn de verdier som fremkommer i prøve 3.

3.2.2 Grødaland-området

Resultatene for de drikkevannsrelaterte analysene er vist i tabell 2. Det ble samlet inn 5 vannprøver fra ulike nivåer i Grødaland-brønnen. De fleste prøvene viser verdier for kalsium, natrium, jern, mangan, totalt ioneinnhold (ledningsevne), turbiditet og alkalitet som er høyere enn de veiledende verdiene i drikkevannsforskriften. Klorid ligger for alle prøver på samme nivå som veiledende verdi.

Utfra et drikkevannssynspunkt må de relativt høye jern- og manganverdiene betraktes som den mest negative faktoren idet dette kan innebære bruksmessige ulemper. Høye jern- og manganverdier samtidig med høy turbiditet og delvis også farge, **kan** imidlertid tyde på at prøvene inneholder mineralpartikler slik at dette ikke vil innebære noe problem i en renpumpet produksjonsbrønn.

Høy kalsiumverdi og alkalitet kan medføre bruksproblemer (kalkutfelling), men betraktes samtidig som et helsemessig fortrinn. Høye natriumverdier er uønsket utfra et helsemessig synspunkt. Natriumverdiene ligger likevel lavere enn maksimalverdien som er anført i drikkevannsforskriften.

Grødaland-prøvene viser meget lave nitratverdier sammenlignet med prøvene fra Auestad, Skretting og bakgrunnsprøvene fra «Varhaug-øst» (tabell 3). Den grunneste prøven fra Grødaland (prøve 4) viser likevel et noe høyere nitratinnhold enn de dypere prøvene. De lave nitratallene for prøve 5, 6, 7 og 8 dokumenterer at dyptliggende grunnvann i Grødalandområdet, og trolig i Jærområdet generelt, er meget godt beskyttet mot forurensning fra overflatevann. Som omtalt i avsnitt 3.1.3 er Grødaland et utstrømningsområde for grunnvann som mates fra de høyereliggende deler av Jærplatået, slik at lave nitratall ved Grødaland også indikerer en generell beskyttelse mot dyptgående nedsiving av forurenset overflatevann for Jærområdet.

Det kan fastslås at det relativt høye natriuminnholdet i grunnvann ved Grødaland **ikke** har sitt opphav i sjøvann som trenger inn i løsmassene i strandsonen idet det høye påtrykket av ferskt grunnvann forhindrer sjøvannsinfiltrasjon. Grunnvannet har samtidig en kjemisk signatur som er typisk for vann som strømmer gjennom sedimenter med «gammelt» salt porevann, idet natriuminnholdet er høyt samtidig som kloridverdiene er lave.

Uttak av grunnvann i strandsonen vil naturlig nok påvirke strømningsbildet. Utfra det grunnvannspåtrykket som er observert ved Grødaland antas det likevel at slikt uttak må være meget stort før det kan være fare for at strømningsbildet endres i retning av sjøvannsinfiltrasjon i strandsonen.

3.2.3 Skretting-området

Resultatene for de drikkevannsrelaterte analysene er vist i tabell 3. Som det fremgår har grunnvannet ved Skretting en helt annen kjemisk karakter enn vannet ved Auestad og Grødaland, med moderate tall for kalsium, natrium, klorid og alkalitet. På samme måte som for Grødaland er tallene for jern, mangan, turbiditet og farge relativt høye hvilket **kan** skyldes innhold av mineralpartikler i prøven.

Skretting-prøven viser store likhetstrekk med bakgrunnsprøvene som er hentet fra grunne gårdsbrønner og kilder i områdene øst for Varhaug. Dette indikerer at Skretting-grunnvannet ikke er et dypt, modent grunnvann med lang oppholdstid i grunnen. Et forhold som kompliserer bildet er at det rett ved brønnlokaliteten foregår infiltrasjon av vann i forbindelse med vasking av masser i grustaket. Dette infiltrasjonsvannet vil ganske klart blandes med det «ekte» grunnvannet og gi en fortykning. Omfanget av denne fortykningen er usikker slik at

det er uvisst i hvilken grad Skretting-vannprøven (prøve 9) gir en god dokumentasjon av grunnvannskvaliteten i området. Som omtalt innledningsvis i avsnitt 3.2 ble det foretatt en løpende overvåking av endringer i grunnvannskvaliteten under prøvepumpingen. Vannet viser en stabil kvalitet hvilket indikerer at vannprøven gir et rimelig riktig bilde av grunnvannskjemien.

Med forbehold om den usikkerhet som er anført for Skretting-prøvens representativitet så viser grunnvannet fra denne lokaliteten den beste overensstemmelse med drikkevannsforskriften av samtlige prøver. Kapasitetstestingen viser også de beste resultatene for dette området. Disse forholdene gir samlet et grunnlag for å anbefale en videreføring av grunnvannsundersøkelser i Skretting-området.

4 KONKLUSJON

Det konkluderes med at de gjennomførte undersøkelser gir positive indikasjoner med tanke på utnyttelse av grunnvann for kommunal/regional vannforsyning i lokalitetene Grødalaland og Skretting. For Grødalaland er det i første rekke massene i dyp 13-42 m under terrengoverflaten (enhet 3) som synes aktuelle for nærmere klarlegging av kapasitet og grunnvannskvalitet. Ved Skretting er det påvist relativt god vanngiverevne for masser ned til 12 m's dyp. Kapasitet og grunnvannskvalitet i løsmassene langs et nord-syd-gående profil fra Håland til Oppstad, d.v.s. langs den foran omtalte kildehorisont på kotehøyde 100-120 m.o.h., bør klarlegges nærmere. For begge disse lokalitetene er det, med bakgrunn i målinger i felt, faglig skjønn og erfaringer, angitt **estimer** for **total**kapasitet i enkeltbrønner av størrelsesorden 10-20 l/s. Sikker verifisering av totalkapasiteter og vannkvalitet kan kun gjøres gjennom oppfølgende boringer og langtids testpumper.

Auestad-lokaliteten prioriteres ikke for videre oppfølging i denne omgang. Bakgrunnen for dette er delvis av teknisk art idet grunnvannsspeilet her ligger mer enn 20 m under terrengnivået, hvilket innebærer at enkle kapasitetstester og vannprøvetaking ikke kan gjennomføres ved hjelp av vakuumpumper. Kapasitetstallene som ble målt ved testing av massene ned til 30 m's dyp var også relativt lave.

5 FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER

Målsettingen for videreføringen av prosjektet er at det ved utgangen av 1997 skal foreligge et faglig dokumentert og begrunnet forslag for plassering av en fullskala produksjonsbrønn. Produksjonsbrønnen vil bli benyttet for en langtidsprøvepumping (minimum 3 mndr) som skal gi en sikker dokumentasjon av langtids-kvantitet og kvalitet av grunnvann i den utvalgte lokalitet.

Ut fra en totalvurdering av de resultater som pr dato er oppnådd gjennom hydrogeologiske og kvartærgeologiske undersøkelser innen de sørlige deler av Låg-Jæren, med særlig vekt på lokalitetene Auestad, Grødalaland og Skretting, er det i det følgende satt opp en prioritert liste over lokaliteter som bør følges opp med tanke på å nå det foran omtalte mål for videreføringen av prosjektet i 1997. Her er det også trukket inn nye områder hvor det anbefales at innledende undersøkelser igangsettes.

1.

Grødalaland: Kapasitet og grunnvannskvalitet for massene i dyp 13-42 m under terrengoverflaten (enhet 3) klarlegges ved hjelp av sonderboring og enkel testpumping.

Skretting: Kapasitet og grunnvannskvalitet for massene i dyp 18-30 m under terrengoverflaten klarlegges ved hjelp av sonderboring og enkel testpumping. Videre utbredelse av sand/grus-avsetninger sørover fra Skretting mot Håland kartlegges ved hjelp av georadarmålinger og eventuelt ved oppfølgende sonderboring og enkel testpumping.

2.

Sonderboringer og enkle testpumper til ca 40 m's dyp i inntil 3 lokaliteter i strandsonen fra Grødalaland sørover mot Brusand.

3.

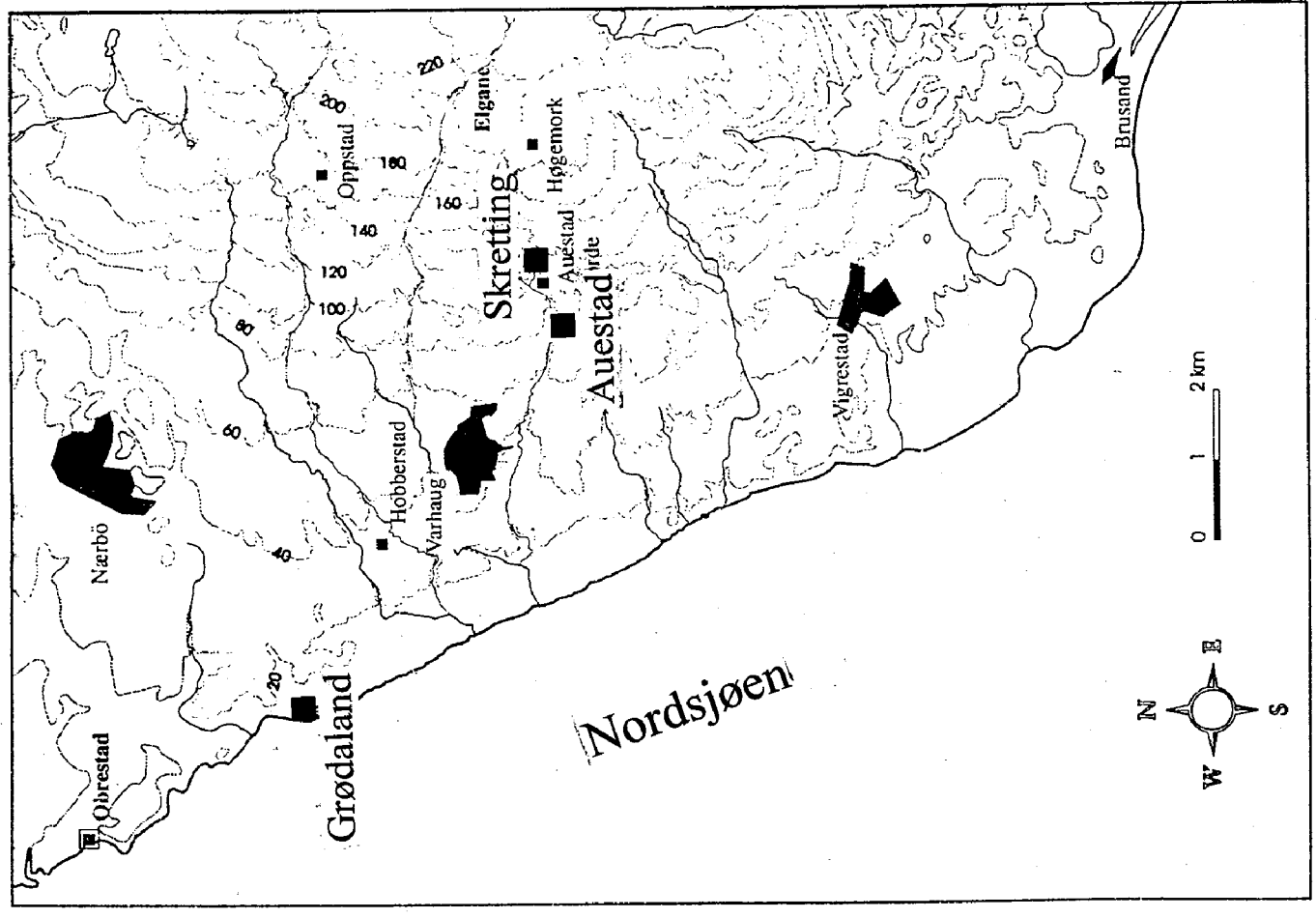
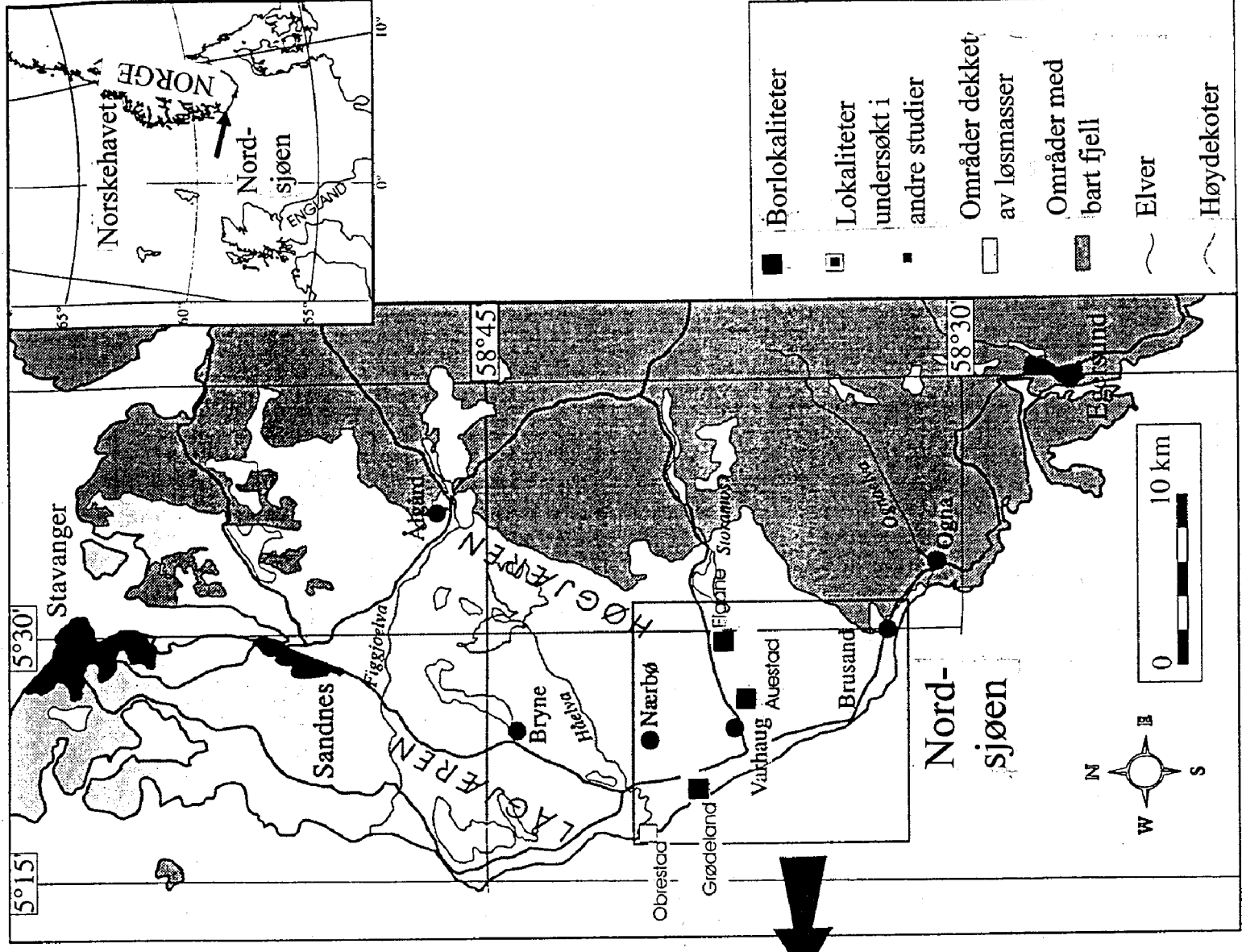
Innledende undersøkelser (sonderboring/testpumping/georadar) ved Oppstad og Nærbø meieri, hvor det allerede er etablert grunnvannsbrønner med relativt høye kapasiteter.

Parallelt med de skisserte grunnvannsundersøkelser, og som en del av disse, vil det foregå kvartærstratigrafiske undersøkelser som ikke er skissert i detalj her. Som et grunnlag for videreføringen av prosjektet har NGU bevilget en basisfinansiering som sikrer gjennomføring av deler av punkt 1 foran. Totalomfanget for prosjektet vil derfor avhenge av størrelsen på den delfinansiering som kan fremskaffes fra fylke, kommuner og eventuelle andre interessenter.

6 REFERANSER

- Andersen, B.G., 1964: Har Jæren vært dekket av en Skagerrak-bre? Er "Skagerrak-morenen" en marin leire? *NGU* 228
- Andersen, B.G., Bakken, K., Dale, B., Fugelli, E., Henningsmoen, K.E., Høeg, H.I., Nagy, J., Read, A. and Tellemann, H., 1991: Weichselian Stratigraphy at Oppstad, Høgemork and Foss-Eigeland, Jæren, SW Norway. *Striae* 34 109-124
- Andersen, B.G., Nydal, R., Wangen, O.P. and Østmo, S.R., 1981: Weichselian before 15,000 years B.P. at Jæren-Karmøy in southwestern Norway. *Boreas* 10 297-314
- Andersen, B.G., Wangen, O.P. and Østmo, S.R., 1987: Quaternary geology of Jæren and adjacent areas, southwestern Norway. *NGU Bull.* 411
- Andersen, E.S., Østmo, S.R., Forsberg, C.F. and Lehman, S.J., 1995: Late- and post-glacial depositional environments in the Norwegian Trench, northern North Sea. *Boras* 24 47-64
- Bjørlykke, K.O., 1908: Jæderens Geologi. *NGU* 48
- Boothroyd, J.C. & Ashley, G.M., 1975: Processes, bar morphology and sedimentary structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication* 23 193-222
- Feyling-Hanssen, R.W., 1964: Skagerakmorenen på Jæren. *Norsk Geografisk Tidsskrift* 301-317
- Grimnes, A., 1910: Jæderens Jordbunn. *NGU* 52
- Helland, A., 1885: Om Jæderens løse Afleiringer. *Medd. f. Naturhist. For. i Kristiania* 1885
- Janocko, J., 1996: Quaternary stratigraphy and sedimentology on Jæren, south-western Norway. Dr. scient., University of Tromsø
- Janocko, J., Landvik, J., Larsen, E. and Sejrup, H.P., in press: Stratigraphy and sedimentology of a Middle to Upper Pleistocene borehole in Jæren, South-Western Norway.
- King, E., Sejrup, H.P., Hafliðason, H., Elverhøi, A. and Aarseth, I., 1996: Quaternary Seismic Stratigraphy of the North Sea Fan: Glacially-fed Gravity Flow Aprons, Hemipelagic Sedimentation, and Submarine Sliding. *Marine Geology* 130 293-315
- Longva, O. & Thorsnes, T., in press: Skagerrak in the past and at the present - an intergrated study of geology, chemistry, hydrography and microfossil ecology. In *NGU Spec. Publ.*
- Lønne, I., 1995: Sedimentary facies and depositional architecture of ice-contact glaciomarine systems. *Sedimentary Geology* 98
- Miall, A.D., 1977: A Review of the Braided-River Depositional Environment. *Earth-Science Reviews* 13 1-62
- Mauring, E. & Rønning, J.S. 1990: Refleksjonsseismiske målinger ved Oppstad på Jæren, Hå kommune, Rogaland. *NGU Rapport* 90.148.
- Rye, N. og Samlanes, J. T., 1996: Hydrogeologiske undersøkelser på Jæren. Rapport 2/96 Geologisk Institutt - UiB.
- Rye, N., Soldal, O., Halvorsen, E. & Øvstedal, J., 1995: Hydrogeologiske undersøkelser på Jæren. Rapport 1/95 Geologisk Institutt - UiB.
- Sejrup, H.P., King, E., Aarseth, I., Hafliðason, H. and Elverhøi, A., in press: Quaternary erosion and depositional processes: Western Norwegian fjords, Norwegian Chanel and North Sea Fan. *Geol. Society of London*

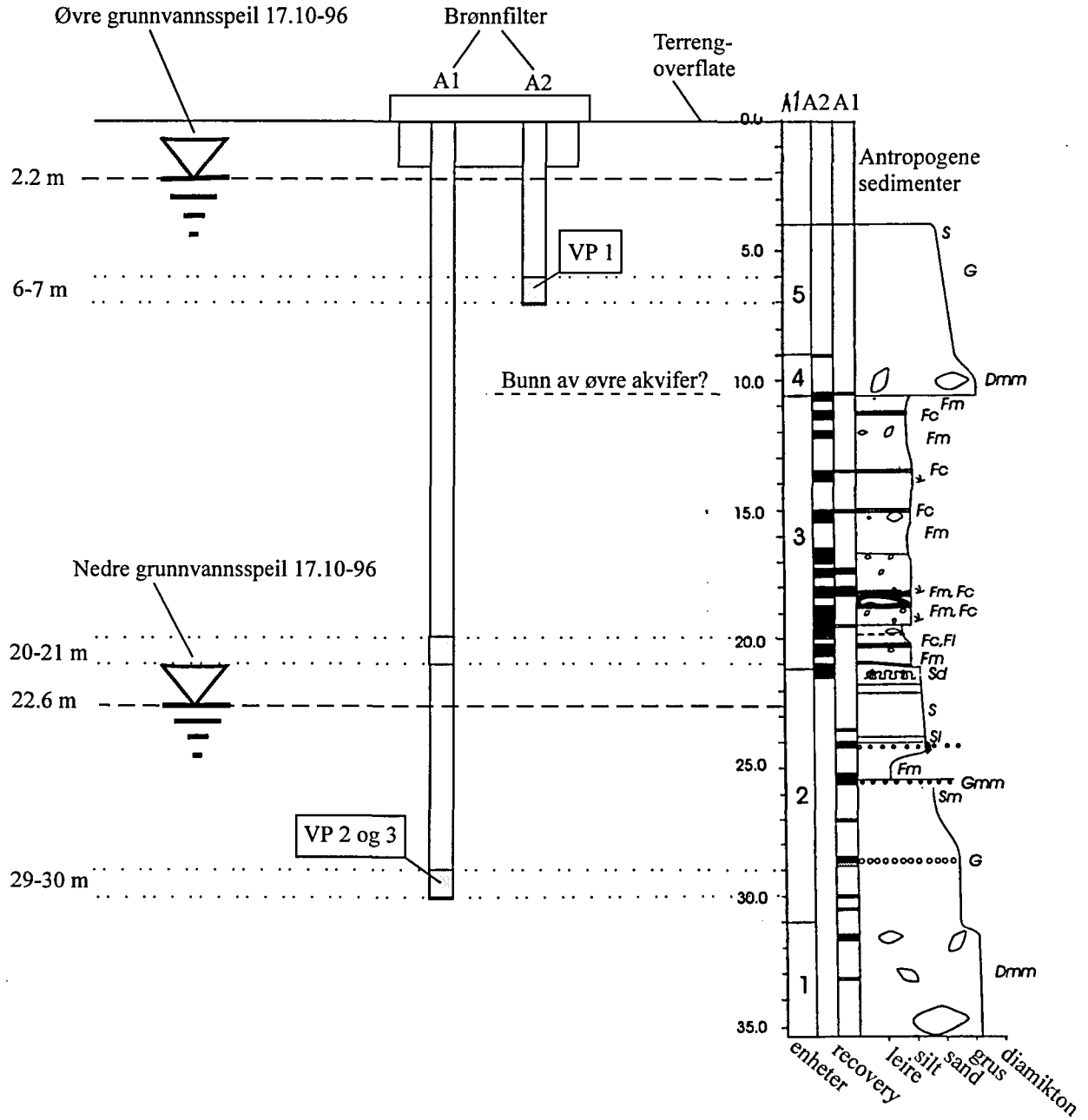
- Sejrup, H.P., Larsen, E., Landvik, J., King, E.L., Stalsberg, M., Stalsberg, K. and Jonsdottir, H.E., 1996: Quaternary of Jæren and adjacent Norwegian Channel; Provenance, chronology and tectonic implication of ice stream deposition. *Report to Enterprise Oil Norge Ltd. University of Bergen.*
- Sejrup, H.P., Aarseth, I., Haflidason, H., Løvlie, R., Bratten, Å., Tjøstheim, G., Forsberg, C.F. and Ellingsen, K.L., 1995: Quaternary of The Norwegian Channel: glaciation history and palaeoceanography. *Norsk Geologisk Tidsskrift.* 75 65-87
- Soldal, O. & Jæger, Ø., 1992: Grunnvann i Jæren-regionen. *NGU Rapport 92.102*
- Soldal, O., Ragnhildstveit, J. and Jæger, Ø., 1992: Grunnvatn i Rogaland fylke. *NGU Rapport 92.164.*
- Soldal, O. & Rye, N., 1993: Hydrogeologiske undersøkingar i borhol på Grødalaland, Hå kommune. Rapport Geologisk Institutt - UiB.
- Stalsberg, K., 1995: Paleogeografisk rekonstruksjon basert på sedimentologiske, stratigrafiske og glasittektoniske studier av senkvartære lagrekker ved Skretting på Jæren. Cand. scient., Tromsø
- Stalsberg, K. & Mauring, E. 1997: Potensielle submoreneakviferer på Sør-Jæren i Rogaland. *NGU Rapport 97.028*
- Tønnesen, J.F., 1996: Georadarmålinger på Jæren 1995 i Hå, Klepp, Sandnes og Time kommuner. *NGU Rapport nr. 96.064.*
- Vikesland, G.O., 1997: Analyser av vannprøver fra naturlige kilder og grunne gårdsbrønner i området fra Håland nordover til Oppstad. Hovedfagsoppgave Geologisk Institutt- Univ. i Bergen, personlig meddelelse.
- Wangen, O.P. & Lien, R., 1990: NÆRBØ. Kvartærgeologisk kart 1212 III - N 1:50 000, med beskrivelse. *NGU.*
- Østmo, S.R., 1974: Vannressurskart Stavanger, grunnvann. *NGU.*
- Østmo, S.R. & Olsen, K.S., 1986: STAVANGER 1212 IV, kvartærgeologisk kart, M. 1:50 000. *NGU.*



Oversiktskart og detaljkart for området Grødal - Varhaug - Skretting i Hå kommune, Rogaland. (Modifisert etter Janocko, 1996.)

FIGUR 1

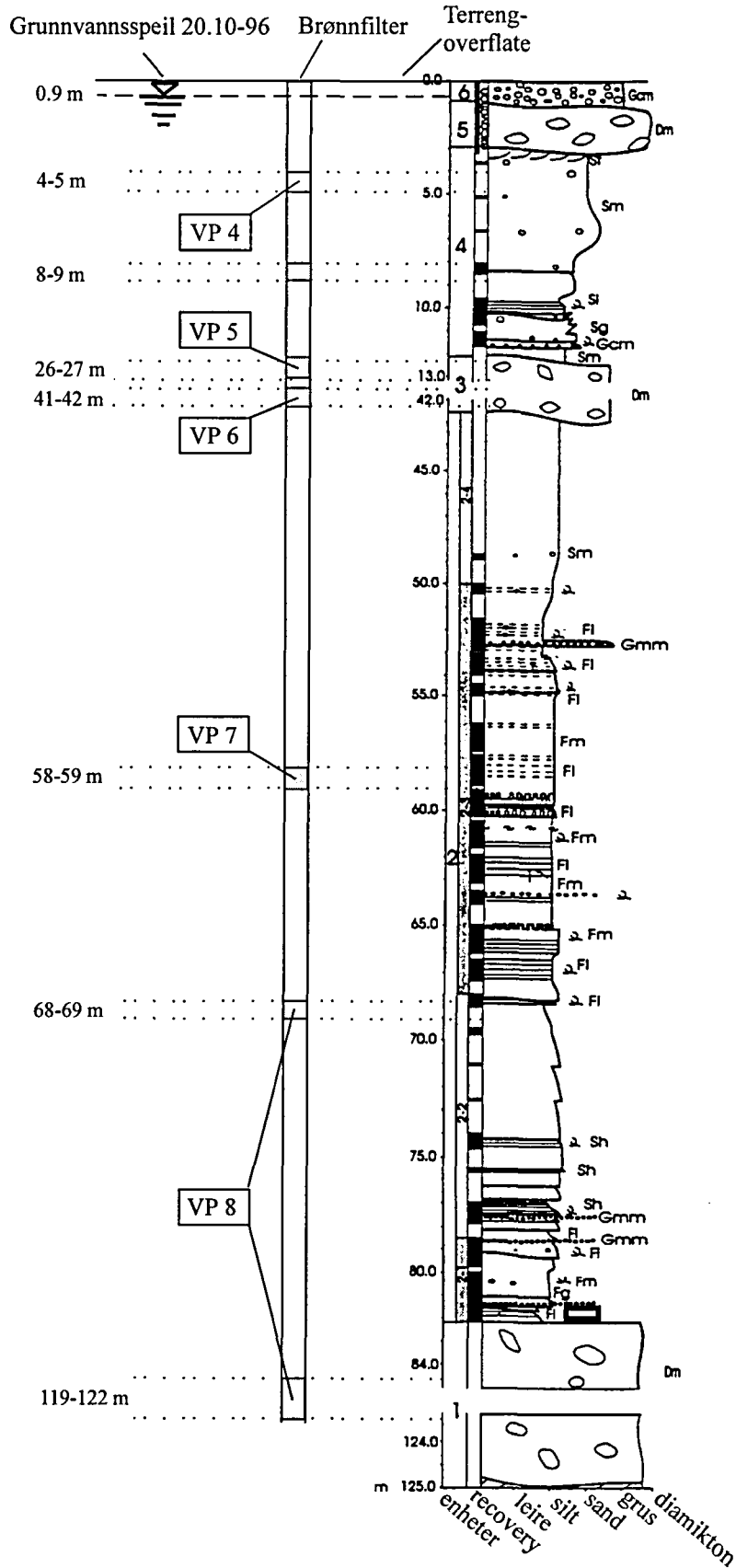
Auestad



(Litologi etter Janocko, 1996.)

FIGUR 2

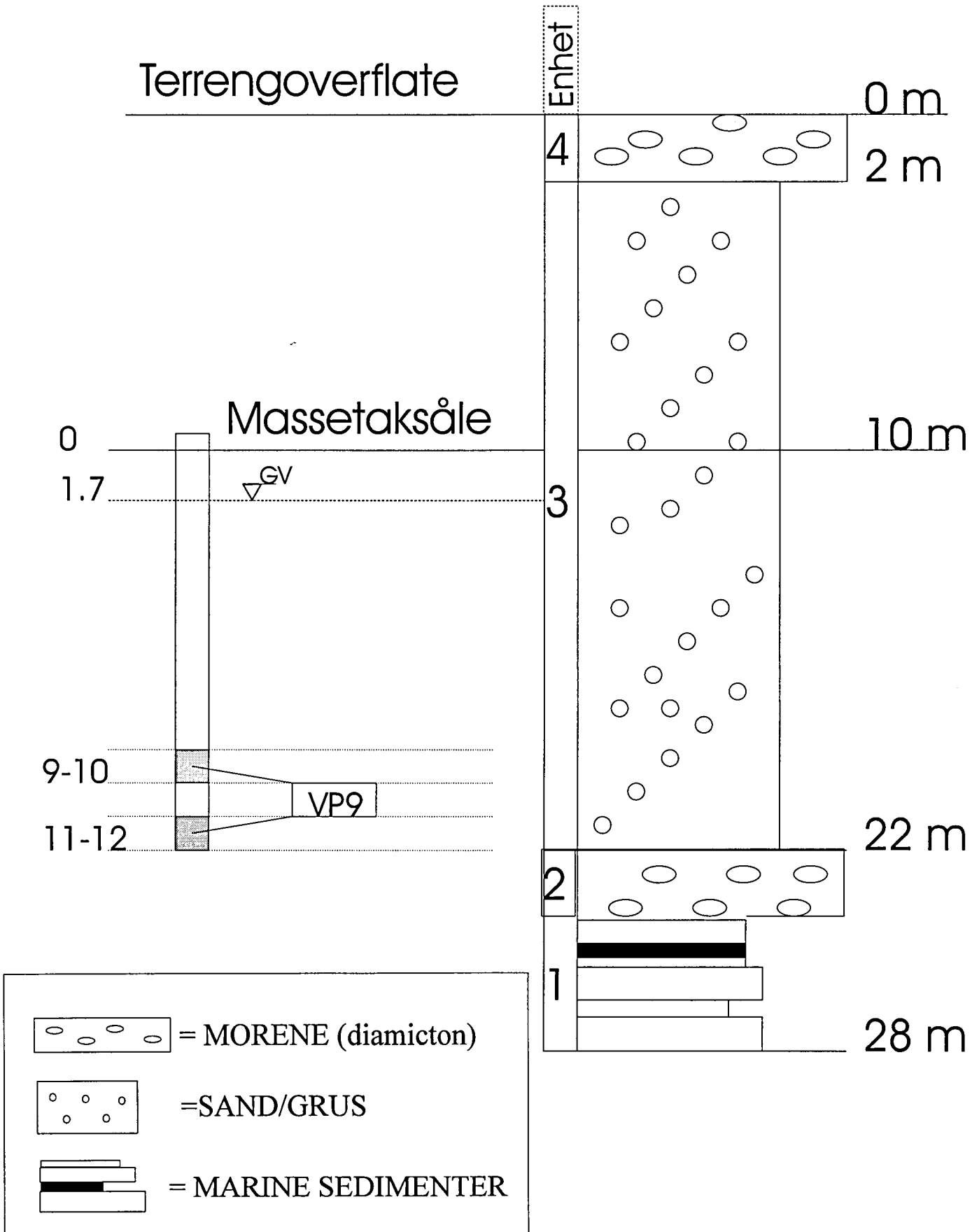
Grødeland



(Litologi etter Janocko, 1996.)

FIGUR 3

Skretting



FIGUR 4

**LOKALITET: VANNPRØVER FRA AUDESTAD,
HÅ KOMMUNE, ROGALAND.**

BORHULL NR: 1/2

PRØVE NR: NGU-oppdrag:	1 284/96	2 284/96	3 284/96		KVALITETS- NORMER *	
LOKALITET: DYP (m):	A2 6-7	A1 29-30	A1 29-30		VEILED. VERDI	MAKS. VERDI
KATIONER						
Kalsium mg/l	25.8	40.3	51.2		15-25	-
Magnesium mg/l	11.4	12.5	13.3		-	20
Natrium mg/l	90.2	77.8	42.1		<20	150
Kalium mg/l	0.8	1.6	1.3		<10	12
Silisium mg/l	6.3	7.2	8.9		-	-
Jern µg/l	10	10	<10		<50	200
Mangan µg/l	46	86	48		<20	<50
Aluminium µg/l	<20	<20	<20		<50	200
Sum kationer meq/l*	6.17	6.46	5.51		-	-
ANIONER	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO ₄ ⁼ /l	32.5	29.8	20.1		<25	100
Klorid mg/l	158	137	63.9		<25	-
Nitrat mgNO ₃ ⁻ /l	40.3	23.8	9.2		-	44
Bikarb. mgHCO ₃ ⁻ /l	37.8	111	193		-	-
Fluorid µg/l	<50	99	116		-	1500
Bromid µg/l	572	506	281		-	-
Sum anioner meq/l	6.40	6.69	5.53		-	-
FYS.KJEMISK						
Ledn.evne µS/cm	684	703	552		<400	-
pH	6.7	6.5	7.6		7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Farge	14.5	<1.4	1.6		<15	15 - 25
Turbiditet (FTU)	5.1	2.6	0.3		<0.5	0.5 - 1.0
Temperatur °C	12.2	8.9	8.0		<12	25
Alkalitet mmol/l	0.62	1.82	3.16		0.6 - 1.0	-

* Kvalitetsnormer = Drikkevannsforskrift, Sosial- og helsedep. 1995.

TABELL 1

LOKALITET:VANNPRØVER FRA GRØDALAND, HÅ KOMMUNE, ROGALAND.	BORHULL NR: G1
--	-----------------------

PRØVE NR: NGU-oppdrag:	4 284/96	5 284/96	6 284/96	7 284/96	8 284/96	KVALITETS- NORMER *	
LOKALITET: DYP (m):	G1 4-5	G1 26-27	G1 41-42	G1 58-59	G1 68_69	VEILED. VERDI	MAKS. VERDI
KATIONER							
Kalsium mg/l	34.2	25.2	19.7	52.8	37.0	15-25	-
Magnesium mg/l	11.1	8.8	7.5	18.3	12.7	-	20
Natrium mg/l	54.9	77.2	80.6	44.9	65.6	<20	150
Kalium mg/l	6.5	6.7	7.4	7.4	6.7	<10	12
Silisium mg/l	10.7	10.5	10.2	11.9	11.1	-	-
Jern µg/l	176	260	113	12	33	<50	200
Mangan µg/l	1	306	280	147	107	<20	<50
Aluminium µg/l	<20	<20	<20	<20	<20	<50	200
Sum kationer meq/l*	5.17	5.51	5.29	6.28	5.92	-	-
ANIONER	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K						
Sulfat mgSO ₄ ⁻ /l	12	2.5	3.5	0.35	0.30	<25	100
Klorid mg/l	34	25	24	34	29	<25	-
Nitrat mgNO ₃ ⁻ /l	1.9	0.34	0.57	<0.05	<0.05	-	44
Bikarb. mgHCO ₃ ⁻ /l	238	287	275	330	311	-	-
Fluorid µg/l	203	255	<50	222	254	-	1500
Bromid µg/l	106	<100	<100	105	111	-	-
Sum anioner meq/l	5.14	5.46	5.26	6.37	5.92	-	-
FYS.KJEMISK							
Ledn.evne µS/cm	499	506	494	572	543	<400	-
pH	7.8	8.2	8.1	8.3	8.2	7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Farge	6.2	13.0	29.9	11.3	15.8	<15	15 - 25
Turbiditet (FTU)	4.0	3.5	23	12	9.2	<0.5	0.5 - 1.0
Temperatur °C	9.7	8.6	8.9	8.8	8.8	<12	25
Alkalitet mmol/l	3.9	4.7	4.5	5.4	5.1	0.6 - 1.0	-

* Kvalitetsnormer = Drikkevannforskrift, Sosial- og helsedep. 1995.

TABELL 2

LOKALITET: VANNPRØVER FRA SKRETTING, HÅ KOMMUNE, ROGALAND.	BORHULL NR: S1
---	-----------------------

PRØVE NR: NGU-opdrag:	9 284/96	36 - 65 243/96			KVALITETS- NORMER *	
LOKALITET: DYP (m):	S1 9-12	BAKGR. PRØV.**			VEILED. VERDI	MAKS. VERDI
KATIONER						
Kalsium mg/l	16.3	21.5			15-25	-
Magnesium mg/l	3.7	6.0			-	20
Natrium mg/l	14.0	12.8			<20	150
Kalium mg/l	0.9	2.0			<10	12
Silisium mg/l	7.4	6.9			-	-
Jern µg/l	174	72			<50	200
Mangan µg/l	345	17			<20	<50
Aluminium µg/l	53	-			<50	200
Sum kationer meq/l*	1.75	2.17			-	-
ANIONER	* Sum kationer = Ca + Mg + Na + K					
Sulfat mgSO ₄ ⁻ /l	9.2	8.9			<25	100
Klorid mg/l	17.4	21			<25	-
Nitrat mgNO ₃ ⁻ /l	5.6	14.6			-	44
Bikarb. mgHCO ₃ ⁻ /l	59.2	73.2			-	-
Fluorid µg/l	52	100			-	1500
Bromid µg/l	<100	-			-	-
Sum anioner meq/l	1.74	2.21			-	-
FYS.KJEMISK						
Ledn.evne µS/cm	183	230			<400	-
pH	6.9	7.1			7.5 - 8.5	6.5 - 8.5
Farge	11.9	-			<15	15 - 25
Turbiditet (FTU)	9.4	-			<0.5	0.5 - 1.0
Temperatur °C	8.5	-			<12	25
Alkalitet mmol/l	0.97	1.2			0.6 - 1.0	-

* Kvalitetsnormer = Drikkevannforskrift, Sosial- og helsedep. 1995.

** Medianverdi for 30 prøver fra naturlige kilder/grunne gårdsbrønner.

TABELL 3

Plantevernet
PesticidlaboratorietNorges geologiske undersøkelse
Postboks 3006
7002 TRONDHEIM

Attn: Gaute Storrø

Dato: 20.12.1996

Lab.nr: 96/ 899

Arkiv: 261121

Jæren Hå Kommune

ANALYSERESULTATER

Pesticidrester i vann

Prøvemottak: 24.10.96 Analyseperiode: 22.11.96 - 20.12.96

Prøvetaker: Gaute Storrø

96/ 899-1	Grunnvann Avestad 2 (6-7)m	Merket: 1	Tatt ut 17.10.1996
Parameter		Metode	Resultat
GC-MULTI VANN		M03	Ikke påvist
GC/MS-MULTI VANN		M15	Ikke påvist
96/ 899-2	Grunnvann Avestad 1 (29-30)m	Merket: 3	Tatt ut 18.10.1996
Parameter		Metode	Resultat
GC-MULTI VANN		M03	Ikke påvist
GC/MS-MULTI VANN		M15	Ikke påvist
96/ 899-3	Grunnvann Grødalaland (4-5)m	Merket: 4	Tatt ut 20.10.1996
Parameter		Metode	Resultat
GC-MULTI VANN		M03	Ikke påvist
GC/MS-MULTI VANN		M15	Ikke påvist
96/ 899-4	Grunnvann Grødalaland (26-27)m	Merket: 5	Tatt ut 21.10.1996
Parameter		Metode	Resultat
GC-MULTI VANN		M03	Ikke påvist
GC/MS-MULTI VANN		M15	Ikke påvist
96/ 899-5	Grunnvann Grødalaland (41-42)m	Merket: 6	Tatt ut 21.10.1996
Parameter		Metode	Resultat
GC-MULTI VANN		M03	Ikke påvist
GC/MS-MULTI VANN		M15	Ikke påvist
96/ 899-6	Grunnvann Grunnvann(68-69)/119-122)	Merket: 8	Tatt ut 22.10.1996
Parameter		Metode	Resultat
GC-MULTI VANN		M03	Ikke påvist
GC/MS-MULTI VANN		M15	Ikke påvist

Vedlegg 1
side 1 av 4

Dato: 20.12.1996
Lab.nr: 96/ 899
Arkiv: 261121

96/ 899-7 **Grunnvann** Tatt ut 22.10.1996
Skretting (10 og 11)m Merket: 9

Parameter	Metode	Resultat
GC-MULTI VANN	M03	Ikke påvist
GC/MS-MULTI VANN	M15	Ikke påvist

MERKNAD:

Prøvene ble analysert etter to multimetoder for vann. For opplysninger om søkespekter og bestemmelsesgrenser: Se vedlegg.

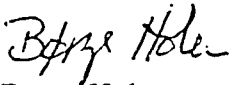
Ingen rester av pesticider (plantevernmidler) ble påvist.

Prøvningsresultatene gjelder utelukkende de prøvede objekter.

Rapporten kan ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra Pesticidlaboratoriet.

Prøven(e) kastes tre måneder etter at analysebeviset er sendt dersom ikke annet er avtalt med oppdragsgiver.

For Pesticidlaboratoriet



Børge Holen
laboratoriesjef

ANALYSEPROGRAM FOR VANNPRØVER 1996

<u>Pesticid</u>	<u>Gruppe</u>	<u>Best. grense *</u>	<u>Metode</u>
Aklonifen	Herbucid	0,05 µg/l	GC-MULTI M03
Atrazin	Herbucid	0,05 "	"
Atrazin-desetyl	Herbucidmetabolitt	0,05 "	"
Atrazin-desisopropyl	Herbucidmetabolitt	0,05 "	"
Azinfosmetyl	Insekticid	0,1 "	"
Cypermtrin alfa	Insekticid	0,05 "	"
o,p'-DDT	Insekticid	} Σ = 0,1 "	"
p,p'-DDD	Insekticidmetabolitt		"
p,p'-DDE	Insekticidmetabolitt		"
p,p'-DDT	Insekticid		"
Diazinon	Insekticid	0,05 "	"
Dimetoat	Insekticid	0,1 "	"
Endosulfan alfa	Insekticid	} Σ = 0,1 "	"
Endosulfan beta	Insekticid		"
Endosulfan sulfat	Insekticidmetabolitt		"
Fenitroton	Insekticid	0,1 "	"
Fenvalerat	Insekticid	0,1 "	"
Klorfenvinfos	Insekticid	0,1 "	"
Lindan	Insekticid	0,05 "	"
Linuron	Herbucid	0,1 "	"
Metalaksyl	Fungicid	0,1 "	"
Metamitron	Herbucid	0,1 "	"
Metribuzin	Herbucid	0,05 "	"
Permetrin	Insekticid	0,1 "	"
Pirimikarb	Insekticid	0,1 "	"
Prokloraz	Fungicid	0,1 "	"
Propaklor	Herbucid	0,1 "	"
Propikonazol	Fungicid	0,1 "	"
Simazin	Herbucid	0,05 "	"
Terbutylazin	Herbucid	0,1 "	"
Tiabendazol	Fungicid	0,1 "	"
Vinklozolin	Fungicid	0,05 "	"
Bentazon	Herbucid	0,05 "	GC/MS-MULTI M15
Diklorprop	Herbucid	0,05 "	"
2,4-D	Herbucid	0,05 "	"
MCPA	Herbucid	0,05 "	"
Mekoprop	Herbucid	0,05 "	"
Isoproturon	Herbucid	0,05 "	M17
Ioksynil	Herbucid	0,1 "	M13

* Se baksiden av arket.

* Bestemmelsesgrensene er rettlede og kan være høyere eller lavere etter hvor rene vannprøvene er.

I drikkevann vil en rutinemessig kunne bestemme flere av pesticidene med lavere bestemmelsesgrenser enn i tabellen på forrige side, mens i forurenset vann vil bestemmelsesgrensene ofte være høyere.

Dersom analyseresultatet på analysebeviset er oppgitt som "Ikke påvist" for en analysemetode, betyr det at ingen av stoffene som metoden omfatter er funnet i konsentrasjoner over rettlede bestemmelsesgrense. Endringer i forhold til de rettlede bestemmelsesgrensene vil bli oppgitt på analysebeviset.

For multimetoder oppgis bare de pesticider som påvises ved analysen. De andre pesticidene som metoden omfatter, er da ikke påvist over bestemmelsesgrensene.