

NGU Rapport 97.083

Grunnvannsundersøkelser ved Garmo, Lom  
kommune, 1996.

Rapport nr.: 97.083		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Grunnvannsundersøkelser ved Garmo vannverk, Lom kommune, 1996.				
Forfatter: Erik Rohr-Torp, Torleif Lauritsen og Sylvi Gaut		Oppdragsgiver: NGU/Lom kommune		
Fylke: Oppland		Kommune: Lom		
Kartblad (M=1:250.000) Årdal		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1618 IV Lom		
Forekomstens navn og koordinater: Garmo 32V 4901 68579 (WGS84)		Sidetall: 55	Pris: 105,-	
Feltarbeid utført: Sept. og okt.1996		Rapportdato: Mars 1998	Prosjektnr.: 2713.05	Ansvarlig: <i>Bernt O. Vikimo</i>
Sammendrag:				
<p>I forbindelse med oppdatering av Garmo vannverk, utførte NGU i september -96 georadarmålinger langs 3 profiler i umiddelbar nærhet av dagens produksjonsbrønn. Det var ønsket å etablere en ny rørbrønn i tillegg til den eksisterende. Hensikten med målingene var å finne et gunstigst mulig punkt for plassering av ny produksjonsbrønn, samt å gi et bedre grunnlag for å beregne sikringssoner rundt vannverket.</p> <p>Innenfor det undersøkte området sees få laterale variasjoner i løsmassene. Redusert penetrasjon i nærheten av dagens produksjonsbrønn, indikerer innslag av finstoff i de øvre 0-10 m. Tolkingen av georadaropptakene antyder ellers grove masser (grus/sand) ned til max ca. 23 m dyp. Basert på georadarmålingene synes det å være gode muligheter for grunnvannsuttak i hele det undersøkte området.</p> <p>I oktober -96 foretok NGU 5 undersøkelsesboringer ved vannverket, både for å kunne angi nøyaktig lokalisering og brønnspekifikasjoner for ny produksjonsbrønn, samt for å etablere peilerør for observasjon av grunnvannsnivåer under senere prøvepumping. I forbindelse med boringene ble det tatt ut vann- og masseprøver som senere er analysert på NGU.</p> <p>Lom kommune utførte prøvepumping etter retningslinjer fra NGU i juni -97, men måtte avbryte før programmet var gjennomført på grunn av flom. Basert på de utførte undersøkelsene og prøvepumpingen er det foretatt matematisk modellering og beregning av grunnvannets strømningsretninger og oppholdstider i avsetningen.</p> <p>Rapporten angir lokalisering og spesifikasjoner for en ny produksjonsbrønn, samt forslag til sikringssoner rundt vannverket.</p>				
Emneord: Grunnvann		Geofysikk		Georadar
Løsavsetning		Boringer		Vannverk stort
				Fagrapport

## **INNHold**

1 INNLEDNING .....	4
2 GEORADAR .....	4
2.1 Metodebeskrivelse.....	4
2.2 Resultater .....	4
2.3 Konklusjon.....	5
3 SONDERBORINGER, PEILERØR OG PROGRAM FOR PRØVEPUMPING .....	6
4 VANNBEHOV, PRØVEPUMPING, GRUNNVANNSSTAND .....	6
5 MODELLERING.....	8
5.1 Metodikk.....	8
5.2 Simulering av grunnvannsstrømning i magasinet.....	9
6 FORSLAG TIL BESKYTTELSESSONER .....	9
7 VANNANALYSER, VANNKVALITET.....	11
8 FORSLAG TIL DIMENSJONERING OG LOKALISERING AV NY BRØNN.....	11
9 REFERANSER.....	12

## **VEDLEGG**

Vedlegg 1.	Vannverkets lokalisering. Oversiktskart 1:50 000
Vedlegg 2.	Georadar - metodebeskrivelse
Vedlegg 3.	Georadarundersøkelsene, kart og profiler
Vedlegg 4.	Program for prøvepumping med borelokaliteter og profiler
Vedlegg 5.	Tabell over vannstander målt under prøvepumpingen
Vedlegg 6.	Beskrivelse av modellene MODFLOW og MODPATH
Vedlegg 7.	Numerisk modellering av magasinet på Garmo
Vedlegg 8.	Gridet som ble benyttet til å simulere magasinet ved Garmo
Vedlegg 9.	Kornfordelingsanalyser fra prøvepunkt 4
Vedlegg 10	Forslag til sikringssoner rundt vannverket
Vedlegg 11.	Fysisk-kjemiske vannanalyser og dokumentasjon av metoder, usikkerheter mv.
Vedlegg 12.	Bakteriologiske vannanalyser

## 1 INNLEDNING

Garmo vannverk har siden 1992 vært basert på en 6" rørbrønn med filterplassering fra 12 - 16 m under overflaten. Vannverket var tidligere basert på to sandpisser og sugepumpe. Dette er operativt, og står i dag i reserve. En nærmere beskrivelse av vannverket finnes i «Lom kommune, hovedplan for vannforsyning», Berdal Strømme 1996.

Vannverket forsyner ca. 250 personer inklusive 3 - 4 gårdsbruk. Bakteriologisk og fysisk/kjemisk vannkvalitet er god utenom flomperioder. I følge kommunens hovedplan for vannforsyning, bør anlegget utvides med en brønn, og klausuleringsbestemmelser må innføres. Etter møte og befaring 3. - 4. juli 1996, med deltakere fra Lom kommune, Berdal Strømme og Norges geologiske undersøkelse (NGU), ble det utarbeidet et forslag til undersøkelsesprogram, økonomi og fremdrift for dette (Rohr-Torp, 1996).

I september 1996 foretok NGU georadarmålinger langs tre profiler i umiddelbar nærhet av dagens produksjonsbrønn. Hensikten var å finne et gunstigst mulig punkt for plassering av ny brønn, samt å gi et bedre grunnlag for beregning av sikringssoner omkring vannverket. Vannverkets lokalisering er vist på oversiktskartet i **vedlegg 1**.

Fra NGU har Erik Rohr-Torp stått ansvarlig for undersøkelsene og skrivning og redigering av rapporten. Torleif Lauritsen har gjennomført og beskrevet georadarundersøkelsene, mens Sylvi Gaut har beregnet og beskrevet avsnittene om modellering og sikring av vannverket.

## 2 GEORADAR

### 2.1 Metodebeskrivelse

Georadar er en elektromagnetisk målemetode som kan benyttes til undersøkelse av løsmassenes lagdeling og strukturer, samt grunnvannsnivåets beliggenhet. Metoden er basert på registrering av reflekterte elektromagnetiske bølgepulser fra grenseflater i jorda. En mer detaljert beskrivelse av målinger med georadar er gitt i **vedlegg 2**.

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

### 2.2 Resultater

Ved vannverket på Garmo er det foretatt målinger med georadar langs 3 profiler, P1, P2 og P3, ved utløpet av elva Vulu. Opptakene og lokaliseringen av profilene framgår av **vedlegg 3**.

Innenfor det undersøkte området varierer løsmassene lite i forhold til jordprofilen nærmest dagens brønn. Tolking av georadaropptakene antyder, i grove trekk, vekslende lag av sand og grus ned til 10-15 m, over ensgradert, trolig grovt, materiale ned til max ca. 23 m dyp. Det antas derfor at det er gode muligheter for grunnvannsuttag i hele det undersøkte området.

### P1

Profilen går fra bredden av Vulu-elva og fram til dagens produksjonsbrønn. Øverst i opptaket sees et kraftig og hauget reflektormønster. Dette tolkes som lag av sand og grus. Tykkelsen av denne lagpakken varierer fra ca. 8 til 12 m. Ved dette nivået sees en skarp overgang til liten eller ingen reflektivitet. Dette indikerer underliggende, ensgraderte masser. En markert reflektor sees i første halvdel av profilen ved ca. 21-23 m dyp. At denne reflektoren trer såvidt tydelig fram på opptaket, indikerer at de ensgraderte massene over, ikke består av finstoff. Godt ledende finstoff vil nemlig dempe bølgepulserne, og dermed minke penetrasjonen. I området nærmest brønnen er reflektiviteten noe svakere og penetrasjonen mindre. Dette indikerer innslag av finstoff i de øvre lag (0-10 m). Jordprofilen ved brønnen er beskrevet som finstoff over grovere masser (Rohr-Torp, pers.med.). Reflektor ved 21-23 m dyp representerer trolig overflaten av finstofflag.

### P2

Profilen starter ved innkjøringen til dagens brønn, og går i veikanten, nærmest brønnen, parallelt med Vulu-elva. Profilen krysser P1, og i starten av profilen finner vi igjen de samme laggrensene herfra. Den øverste pakken med sand og grus øker trolig i tykkelse utover i profilen. Den underliggende enheten, med grovt, ensgradert materiale, ser ut til å kile ut mot endeposisjonen (76 m), men overgangen til finere masser lengst ned mot dypet er noe uklar i siste halvdel av profilen.

### P3

Dette profilen starter ved bredden av Vulu-elva, og krysser profil 2 nesten vinkelrett etter ca. 6 m. Den øverste pakken, med lag av sand og grus, ser ut til å avta i tykkelse, fra ca. 15 m i startpunktet til ca 10 m ved enden av profilen. Den underliggende enhetens avgrensning mot dypet er noe usikker, men en svak reflektor som stedvis kan erkjennes ved ca 20-22 m dyp, kan representere overgang til finstoff.

## **2.3 Konklusjon**

Innenfor det undersøkte området sees få laterale variasjoner i løsmassene. Redusert penetrasjon i nærheten av dagens produksjonsbrønn, indikerer innslag av finstoff i de øvre 0-10 m. Tolkingen av georadaropptakene antyder ellers grove masser (grus/sand) ned til max ca. 23 m dyp. Det antas derfor at det er gode muligheter for grunnvannsuttag i hele det undersøkte området.

### 3 SONDERBORINGER, PEILERØR OG PROGRAM FOR PRØVEPUMPING

Basert bl. a. på georadarundersøkelsene, foretok NGU i oktober -96 sonderboringer og nedsett av 5 stk. 5/4" peilebrønner i området ved Garmo vannverk. Boringene ble utført for å finne en gunstig lokalitet for en ny brønn, og for å registrere grunnvannsstanden i brønnområdet under prøvepumpingen som senere skulle gjennomføres. Borelokaliteter, borprofiler og program for prøvepumping ble utarbeidet av NGU, og oversendt Lom kommune 30. 04. 97. Det er gjengitt her som **vedlegg 4**. Boringene er senere lagt inn i NGUs hydrogeologiske database, der de har fått følgende nummerering:

Observasjonsbrønn 1 = ID nr.	130
Observasjonsbrønn 2 = "	131
Observasjonsbrønn 3 = "	34
Observasjonsbrønn 4 = "	35
Observasjonsbrønn 5 = "	36

Under drivingen av observasjonsbrønn 4 (ID nr. 35), ble det tatt ut vann- og masseprøver for analyse. Vannprøver ble analysert fra 13,7 og 19,7 m dyp (**vedlegg 11**), mens det ble foretatt kornfordelingsanalyser av prøver fra 11,7, 15,7, 19,7 og 21,7 m dyp (**vedlegg 9**).

Lom kommune foretok vannstandsmålinger ved normalt vannuttak i perioden 29. mai til morgenen 5. juni 1997. Deretter ble pumpingen stoppet, og vannstander ble registrert frem til morgenen neste dag. Prøvepumpingen på fremtidig uttak ble så startet. I løpet av prøvepumpingsperioden var det tidvis flom i Vulu og Otta, og pumpingen ble avsluttet tidligere enn programmet la opp til ettersom vannstanden i elvene mot slutten steg så kraftig at peilerør ble stående under vann. Måleresultatene fra pumpeperioden ble oversendt NGU for vurdering, og fysisk-kjemiske vannanalyser fra pumpeperioden ble analysert ved NGU lab. i Trondheim.

### 4 VANNBEHOV, PRØVEPUMPING, GRUNNVANNSSTAND

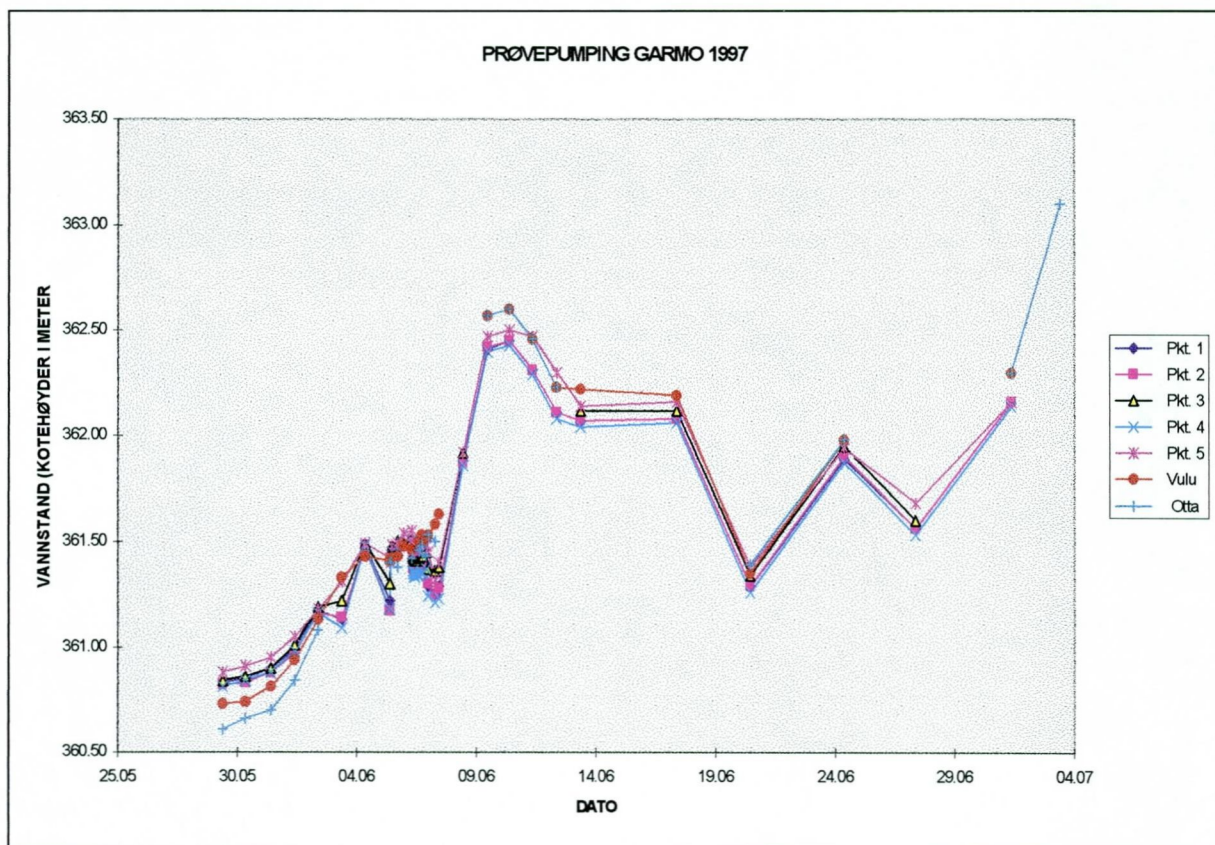
I følge kommunens «Hovedplan for vannforsyning» var årlig vannforbruk snaut 60 000 m<sup>3</sup> i 1995, og en regner ikke med nevneverdig økning fremover. Dette tilsvarer i gjennomsnitt ca. 160 m<sup>3</sup> pr. døgn (1,85 l/s). Det ble foretatt prøvepumping i perioden 6. juni til 3. juli 1997. Vannverkets pumper ble på forhånd skrudd av 5. juni kl 09.30 slik at vannstanden i området kunne innstille seg på «ubelastet nivå» før pumpeperioden ble satt i gang. Den gjennomsnittlige kapasiteten i pumpeperioden var 3,5 l/s (209 l/min) med unntak av noen timer mellom 6 og 7. juni da kapasiteten var det dobbelte på grunn av tomt basseng og det var nødvendig å benytte to pumper. Under prøvepumpingen ble vannstanden målt i alle de fem observasjonsrørene.

Nivellering av observasjonsrørene, gjennomføring av prøvepumpingen og måling av vannstander under pumpeperioden ble foretatt av kommunen. Grunnet flom er det bare data fra 6. juni som er benyttet ved beregningene. Tabell 1 viser grunnvannsstanden målt fra topp rør ved pumpestart og den totale vannstandssenkingen i peilebrønnene i løpet av 6. juni.

Samtlige grunnvannsstandsobservasjoner fra prøvepumpingen og vannstandene i Vulu og Otta sammen med utpumpet vannmengde er gjengitt i tabellen, **vedlegg 5**. Kurver for vannstander i peilerør, Vulu og Otta er gjengitt i fig. 1 og 2. Observasjonene viser at grunnvannsstanden i brønnområdet styres av vannstandene i Otta og Vulu.

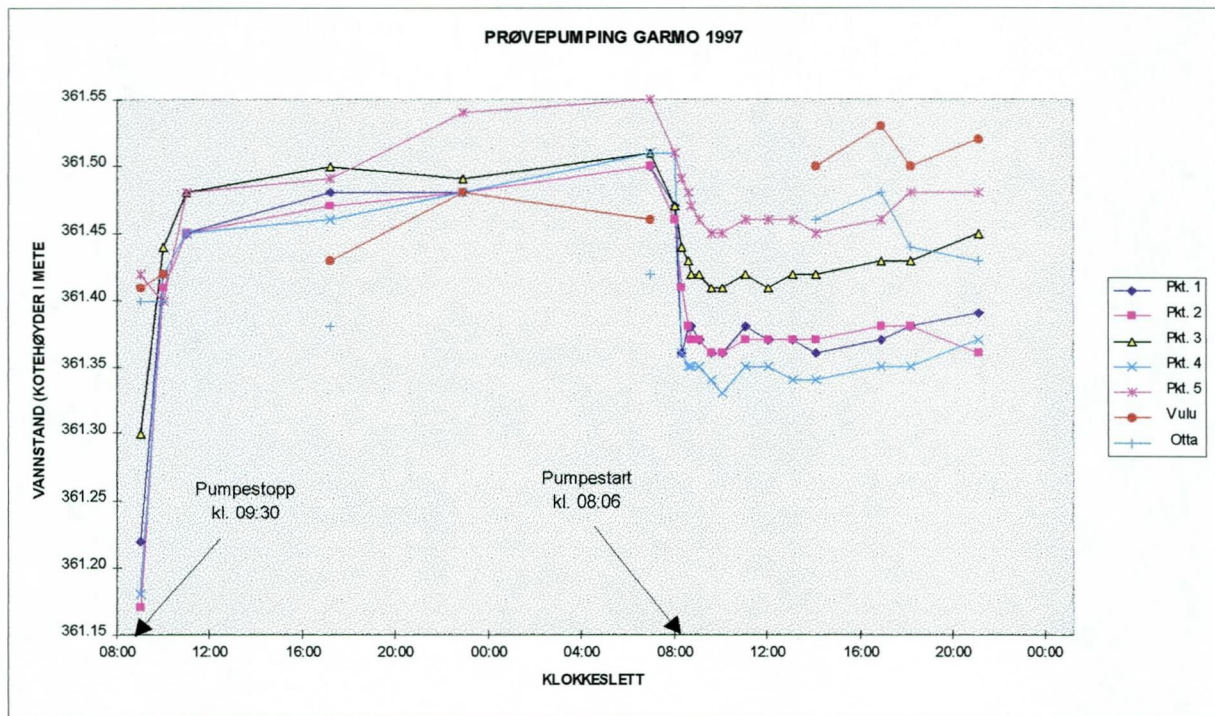
**Tabell 1.** Peilerørenes avstander fra pumpebrønnen, vannstander målt fra topp rør ved pumpestart og den totale vannstandssenkningen i peilebrønnene (1-5) i løpet av 6.juni.

	1	2	3	4	5
Vannstand målt fra topp rør ved pumpestart (m.o.h.)	361,47	361,46	361,47	361,51	361,51
Total vannstandssenkning (m)	0,18	0,16	0,10	0,27	0,06
Avstand fra pumpebrønn (m)	9,70	14,90	26,00	9,80	45,00



**Figur 1.** Variasjoner i vannstand (m.o.h.) i observasjonsrørene og Vulu og Otta under pumpe testen ved Garmo vannverk.





**Figur 2.** Variasjoner i vannstand (m.o.h.) i observasjonsrørene og Vulu og Otta i perioden 5-6. juni 1997. Pumpene ble stoppet 5. juni klokken 09:30 og startet 6. juni klokken 08:06.

## 5 MODELLERING

### 5.1 Metodikk

Modelleringsprogrammene MODFLOW (McDonald & Harbaugh, 1988) og MODPATH (Pollock, 1989) er benyttet for modellering av grunnvannsstrømningen i området. Etter kalibrering av modellen ble modellene brukt til å bestemme visse egenskaper til grunnvannsmagasinet som for eksempel infiltrasjonsområde til vannverket, strømningsretninger og oppholdstid. Disse egenskapene ble brukt til å vurdere formen og størrelsen på beskyttelsessonene rundt Garmo vannverk.

Beskrivelse av modellene MODFLOW og MODPATH er gitt i **vedlegg 6**, mens den numeriske modelleringen av magasinet ved Garmo er beskrevet i **vedlegg 7**. Gridet som ble benyttet for å simulere magasinet ved Garmo er gitt i **vedlegg 8**. En nærmere beskrivelse av grunnvannsmodellering er gitt i Erland et al (1992).



## 5.2 Simulering av grunnvannsstrømning i magasinet

Den numeriske modellen MODFLOW (vedlegg 6) ble brukt til å konstruere den matematiske modellen for grunnvannsmagasinet ved Garmo vannverk (vedlegg 7). MODFLOW gir ikke 'magiske' svar, og man må være klar over at simulerte data og målte data kan avvike fordi:

- i) Modellen er en forenkling av virkeligheten. Målet med modellering er å tilpasse en modell til virkelige data uten at den blir mer komplisert enn nødvendig.
- ii) Modellen er ikke mer pålitelig enn de data som den er basert på.
- iii) Modellen må kalibreres mot felldata. En tilfredsstillende modell må kunne simulere kjente grunnvannsdata før den kan brukes.

Etter kalibrering ble MODFLOW og MODPATH benyttet til å simulere grunnvannsstrømningen i magasinet under et uttak på 2,3 l/s (200 m<sup>3</sup>/døgn) fra vannverket. MODFLOW ble kjørt slik at et simulert grunnvannsnivå ble beregnet for hver blokk i gridet. Deretter ble MODPATH kjørt for å beregne strømningshastigheter og retninger basert på grunnvannsnivåene og permeabilitets- og porøsitetsverdiene fra MODFLOW.

Datagrunnlaget for modelleringen er noe magert. Det har ikke vært mulig å benytte pumpe testen til beregning av magasinparameterene fordi vannstandsendingene er små og vannstanden følger ikke en jevn senkning over tid, men beveger seg opp og ned. Til beregning av disse parameterene er det derfor benyttet kornfordelingsanalysene fra prøvepunkt 4. Disse er gjengitt i vedlegg 9.

Grunnvannsforholdene i magasinet ble simulert ved høy og lav vannstand i vassdragene Vulu, Otta og Oddeåe. Simuleringene viser at den generelle grunnvannsstrømmen i området er rettet mot nordøst, mot Otta. Vannverkets brønn får i hovedsak tilført vann fra Vulu oppstrøms for brønnområdet via området vest for pumpebrønnen.

## 6 FORSLAG TIL BESKYTTELSESONER

Vannets oppholdstid i grunnen har stor betydning for både grunnvannets kjemiske og hygieniske kvalitet. Statens institutt for folkehelse (Folkehelsa) anbefaler at grunnvann som skal brukes til drikkevann bør ha en oppholdstid på minst 60 døgn for å oppnå tilfredsstillende bakteriologisk rensing (Folkehelsa 1987). For å beskytte grunnvannsanlegg brukes en soneinndeling, blant annet basert på grunnvannets oppholdstid. De ulike sonene er angitt under.

- Sone 0. Brønnens nærområde.
- Sone I. Grunnvannet vil nå brønnene på mindre enn 60 døgn.
- Sone II. Grunnvannet vil nå brønnene etter lengre tid, >60 døgn.
- Sone III. Området hvorfra grunnvann muligens vil nå brønnene, inklusive område hvorfra overvann kan renne til og infiltrere grunnvannsområdet.

Det er utarbeidet et forslag til sikringssoner fra 0 til 3 rundt vannverket (**vedlegg 10**). Soneinndelingen er basert på kunnskap om de hydrogeologiske forholdene i området og resultatet fra grunnvannssimuleringen med programmet MODFLOW.

Sone 0 bør være minst 15 x 15 m. Den skal skjermes for all annen aktivitet enn det som er nødvendig for vannverkets drift. Sone 1 er trukket ut i Otta for å hindre uttak av løsmasser. Sone 2 følger sørsiden av en dyp, trang vik syd for Vulu, ettersom grunnvann fra dette området kan nå frem til vannverket. I sone 3 er det ingen restriksjoner på jordbruk som kan skape konflikter.

Nedenfor er angitt en oversikt over vanlige beskyttelsestiltak innenfor de enkelte sikringssonene. Oversikten er utarbeidet av Folkehelse, og må oppfattes som en rettleiding som vil kunne tillempes noe i hvert enkelt konkret tilfelle. Det som er bestemt for en sone gjelder også i de innenforliggende sonene. I utgangspunktet bør det være forbud mot:

#### Sone III

1. Lagring eller produksjon av stoffer som anses forurensningsfarlige.
2. Avfalls- og slamdeponier.
3. Tanker over 3m<sup>3</sup> for petroleumsprodukter og andre væsker som ved utlekking kan påvirke grunnvannet. Tanker inntil 3m<sup>3</sup> kan tillates når tankene står på støpt eller på annet tett underlag med opphøyde kanter som er høye nok til å samle opp hele tankens innhold. Slike anlegg skal være overbygget og lett å inspisere for lekkasje.

#### Sone II.

4. Nye veier og parkeringsplasser.
5. Ny bebyggelse utover nødvendige bygg i tilknytning til vannverket. Ordinært vedlikehold og begrenset utvidelse av bygninger tillates.
6. Nydyrking.
7. Uttak av løsmasser, også ute i vann og vassdrag.
8. Naturgjødsel.
9. Silosaft
10. Plantevernmidler i fareklasse X, A og B.
11. Infiltrasjon av kloakk i grunnen. Kloakkledninger skal være tette, og kunne prøves på tetthet

#### Sone I

12. Plantevernmidler, bortsett fra glyfosfat.
13. Bruk av handelsgjødsel og kulturbeite..
14. Kloakkledninger.
15. Oppbevaring av petroleumsprodukter eller andre kjemiske forbindelser.

#### Sone 0.

16. All virksomhet som ikke er nødvendig for vannverkets drift. Sonen skal inngjerdes med høyt nettinggjerde og holdes avlåst.

## 7 VANNANALYSER, VANNKVALITET

Før og under prøvepumpingen ble det til sammen tatt 4 vannprøver for fysisk-kjemisk analyse. Disse sammen med to vannprøver fra undersøkelsesbrønnen i prøvepunkt 4 er analysert ved NGU lab. i Trondheim. Resultatene er sammenfattet i **vedlegg 11**. Fullstendige analyserapporter med angivelse av metoder, usikkerheter osv. er gitt i NGUs analyserapporter 1996.0298 (prøvepunkt 4, 23.10.96), 1997.0141 (pumpebrønn 04.06.97), 1997.0149 (pumpebrønn 16.06.97) og 1997.0166 (pumpebrønn 01.07.97). En oversikt over metoder, usikkerheter osv. er også gjengitt i **vedlegg 11**.

Fysisk kjemisk vannkvalitet er god. Høyt jerninnhold i de to prøvene fra sandspissen (23.10.96) skyldes antagelig partikulært bundet jern på grunn av høy turbiditet. Den høye turbiditeten i disse prøvene kommer av at vannet ikke har rukket å bli helt klart i løpet av den korte pumpetiden (ca. 5 minutter) for hver av prøvene.

Fra pumpeperioden har kommunen oversendt tre bakteriologiske analyseresultater. Alle tre tilfredsstillende helsemyndighetenes kvalitetsnormer. De bakteriologiske analyseresultatene er gjengitt i **vedlegg 12**. Muntlig har kommunen imidlertid opplyst at bakteriologiske prøver tatt under flommen, etter at prøvepumpingen ble avsluttet, hadde bakterieinnhold langt over det som er akseptabelt etter kvalitetsnormene. Dette skyldtes at vassdragene flommet over brønnområdet, slik at overflatevann fylte brønnsjakten, og rant rett ned i brønnen som ikke er tett i toppen. Dette er et forhold som er uakseptabelt, og som må utbedres.

## 8 FORSLAG TIL DIMENSJONERING OG LOKALISERING AV NY BRØNN

I følge kommunens hovedplan for vannforsyning (Berdal Strømme 1996) er dagens produksjonsbrønn anlagt i 1992. Den består av 150 mm stålrør som ikke er rustfritt. Filteret som er plassert fra 12-16 m er laget ved at stålrøret er slisset med vinkelsliper. En slik brønn vil fortsatt kunne fungere i en god del år, men "levetiden" er uviss, og begrenset. Det anbefales derfor å anlegge en ny produksjonsbrønn, og la den gamle stå i reserve.

Ettersom overflatevann kan renne ned i den gamle brønnen ved flom, må stigerøret forlenges til over høyeste flomvannstand, og brønnekummen fylles med tette siltmasser for å hindre at overflatevann hurtig vil kunne nå filtrene både i den gamle og den nye brønnen. Videre bør terrenget i selve brønnområdet bygges opp med steinmasser til over flomnivå, påføres matjord, og beplantes med gress.

Basert på undersøkelsesboringene, kornfordelingsanalysene og prøvepumpingen av sandspissen i punkt 4, anbefales å anlegge en ny brønn i dette punktet. Kornfordelingsanalysene er gjengitt i **vedlegg 9**.

Den nye brønnen bør ha følgende spesifikasjoner:

Materiale	Rustfritt stål
Dimensjon	Ø 200 mm
Totalt dyp	22 m
Filtertype	Con - slot
Lysåpning filter	1,5 mm
Filterplassering	13 - 19 m
Pumpeplassering	16 m
Forventet kapasitet	15 l/s

## 9 REFERANSER

Berdal Strømme 1996: Lom kommune. Hovedplan for vannforsyning.

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

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

Erland, B.G., Johnsen, B., Odling, N., Banks D & Misund, A. 1992: Numerisk modellering av grunnvannsstrømning - en introduksjon. NGU Rapport 92.258.

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

McDonald, M. G. & Harbaugh, A. W., 1988. A modular three dimensional finite difference groundwater flow model. Tech. wat. res. planning U.S.G.S. Book 6, Chapter A1.

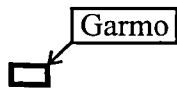
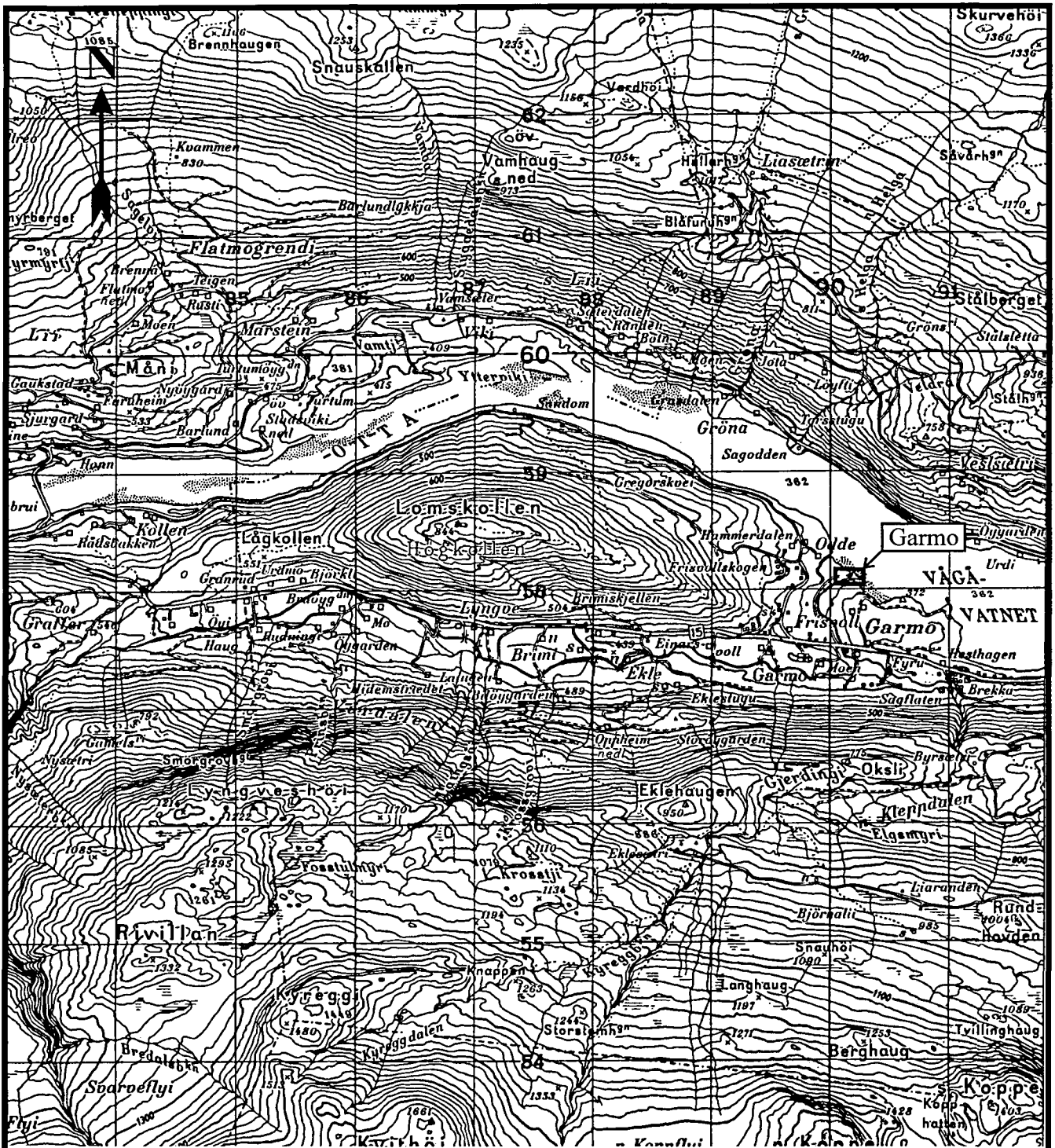
Pollock, D.W., 1989. Documentation of computer programs to compute and display pathlines using results from the U.S. Geological Survey modular three-dimensional finite-difference groundwater flow model. U.S. Geological Survey Open File Report 89-381.

Roehrich, T., 1996. Aquifer Test for Windows, Version 2.0. Waterloo Hydrogeologic Inc., Ontario, Canada.

Rohr-Torp, Erik, 1996: Forslag til undersøkelser for opprusting og klausulering av kommunale grunnvannsanlegg Lom. NGU Rapport 96.093

## **VEDLEGG 1**

### **Vannverkets lokalisering**



Undersøkt område

NGU/LOM KOMMUNE

Oversiktskart

**GARMO**

LOM KOMMUNE, OPPLAND

MÅLESTOKK

1 : 50000

MÅLT T.L.

TEGN T.L.

TRAC

KFR

September - 96

Mai - 97

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE  
TRONDHEIM

VEDLEGG NR  
1

KARTBLAD NR  
1618 IV



## **VEDLEGG 2**

### **Georadar - metodebeskrivelse**

## GEORADAR - METODEBESKRIVELSE

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

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

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

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

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

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

hvor  $\epsilon_r$  er det relative dielektrisitetsstallet.  $\epsilon_r$ -verdien for et materiale vil derfor være en bestemmende faktor for beregning av dyp til reflektorer. I tabellen på neste side er det gitt en oversikt over erfaringstall for  $\epsilon_r$  i en del materialtyper. Tabellen viser også hastigheter og ledningsevne i de samme media.

Dybderekkevidden for georadarmålinger er i stor grad avhengig av elektrisk ledningsevne i grunnen og av den utsendte antennefrekvens. Både økende ledningsevne og en økning i antennefrekvens vil føre til hurtigere demping av bølgepulsene og dermed minkende penetrasjon. I godt ledende materiale som marin silt og leire vil penetrasjonen være helt ubetydelig. I dårlig ledende materiale som f.eks. tørr sand, kan det forventes en dybderekkevidde på flere titalls meter

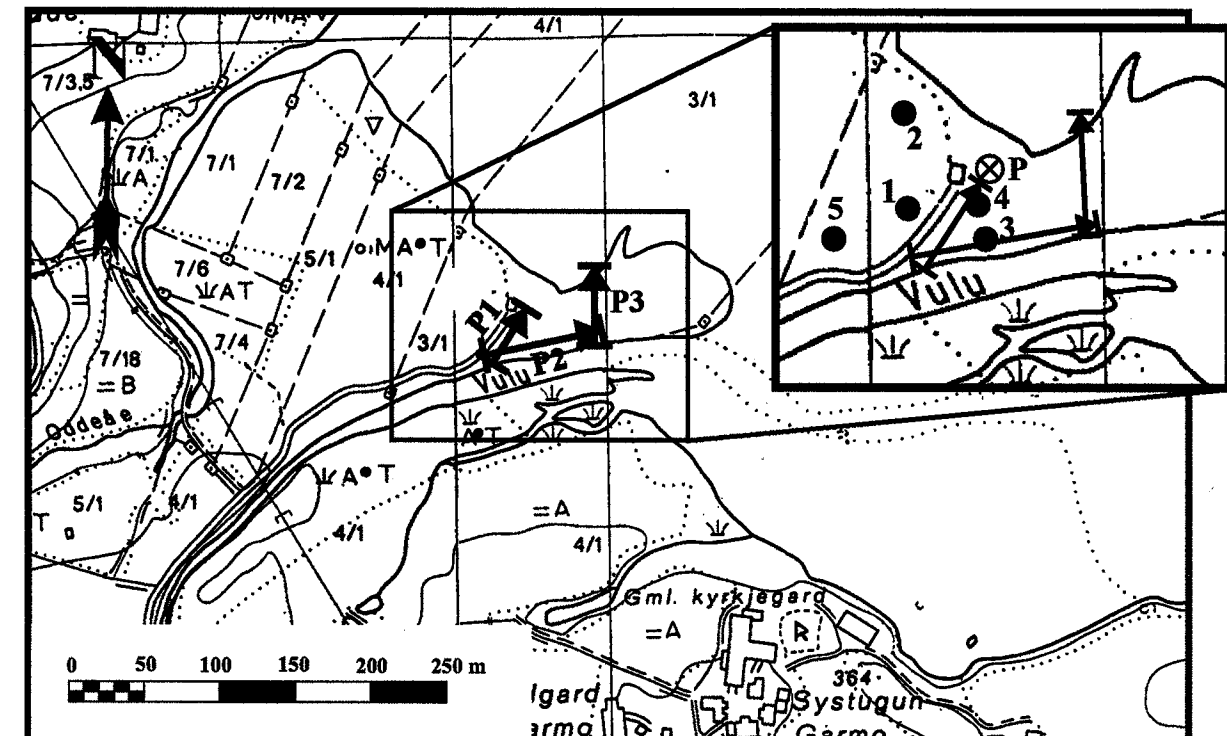
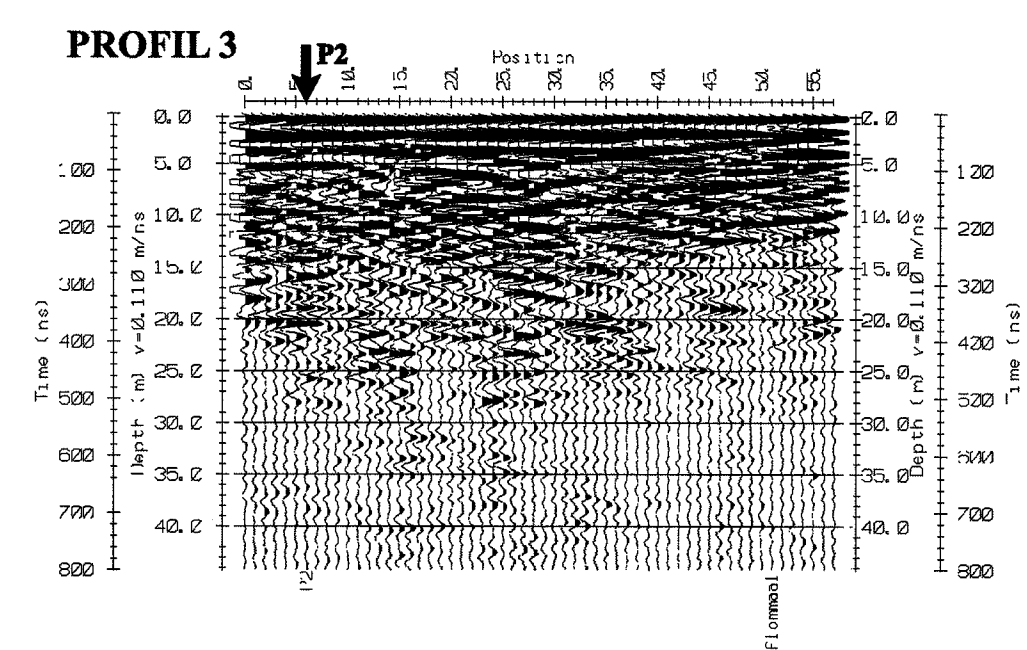
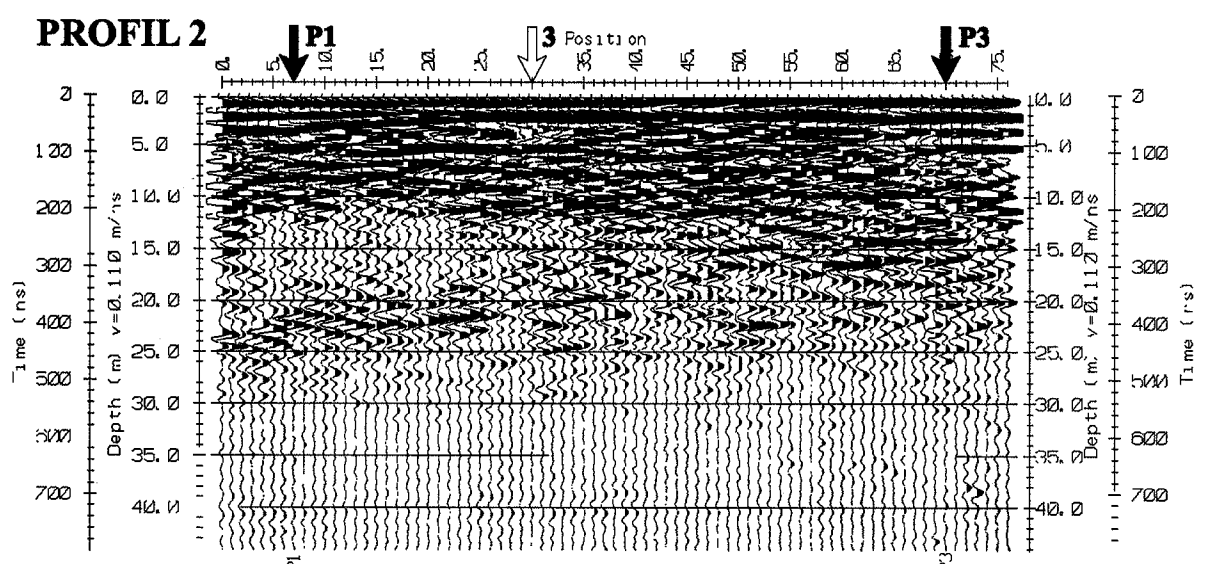
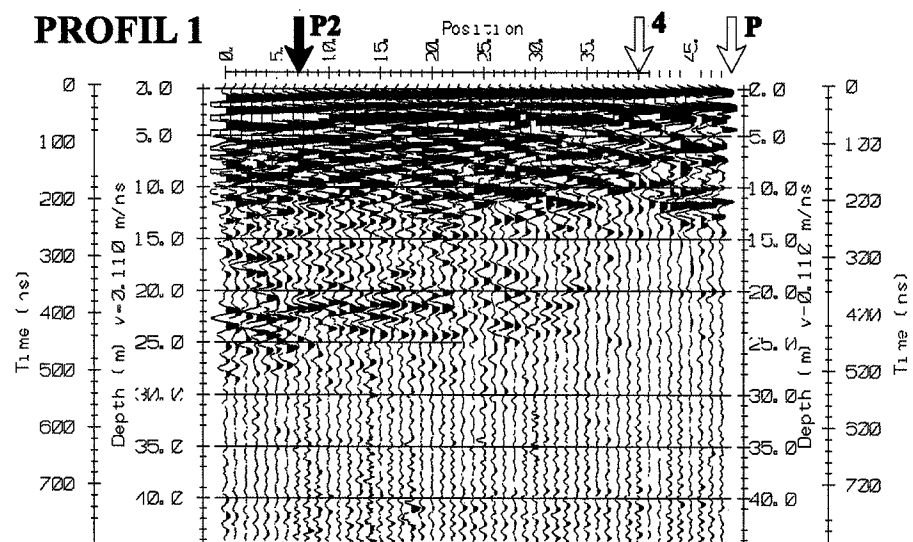
når det benyttes en lavfrekvent antenne (f.eks. 50 eller 100 Mhz). For grunnere undersøkelser vil en mer høyfrekvent antenne gi bedre vertikal oppløsning.

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

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

## **VEDLEGG 3**

### **Georadarundersøkelsene, kart og profiler**



**TEGNFORKLARING (georadaropptak)**

↓ P1 Kryssende georadarprofil

↓ 4 Sonderboring

↓ P Produksjonsbrønn

**TEGNFORKLARING (kart)**

↗ P2 Georadarprofil m/angitt måleretning

1 ● Sonderboring      ⊗ P Produksjonsbrønn

NGU/LOM KOMMUNE GEORADAROPPTAK, P1, P2 OG P3 <b>GARMO</b> LOM KOMMUNE, OPPLAND	MÅLESTOKK	MÅLT T.L.	September -96
	1:5000 (Kart)	TEGN T.L.	Mai -97
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE TRONDHEIM	VEDLEGG NR	KARTBLAD NR	
	3	1618 IV	

## **VEDLEGG 4**

**Program for prøvepumping med borelokaliteter og profiler**



## **GARMO VANNVERK, FORSLAG TIL PRØVEPUMPING OG VANNSTANDSREGISTRERINGER**

Basert bl. a. på georadarmålingene som ble gjennomført i midten av september i år, foretok NGU i slutten av oktober prøveboringer, og satte ned 5/4" undersøkelsesbrønner i 5 punkter omkring det eksisterende vannverket. Lokalisering av dagens produksjonsbrønn, reservebrønn (2 sandspisser) og undersøkelsesbrønnene er angitt på vedlegg 1. Lokaliseringen er omtrentlig, ettersom punktene ikke er innmålt. I punktene 1 og 4 ble det prøvepumpet for uttak av vann- og masseprøver med tanke på anleggelse av en ny produksjonsbrønn. I de øvrige punktene ble det satt ned observasjonsrør etter sondering, uten prøvepumping. Punkt 4 var det kapasitetsmessig helt overlegne, så bare vannprøvene derfra er analysert. Resultatet av to vannanalyser fra pkt. 4 er i forkortet form gjengitt i vedlegg 2. Analysene viser en god fysisk-kjemisk vannkvalitet.

Borprofilene er gjengitt i vedlegg 3. Utenom 1 og 4, er profilene basert på observasjoner fra sonderboringene. De fleste punktene er sondert til større dyp enn peilerørets bunn. Dyp til peilerørens bunn er angitt i profilene.

Før vannstandsmålinger igangsettes, må relative høyder for samtlige rørtopper og for en målestav som monteres i Vulu og Grønfjorden ut for vannverket, nivelleres inn. Videre monteres vannmåler på uttaket. Samtlige målepunkter plottes inn på kart, om mulig i målestokk 1:1000. Kopi av kartet sendes NGU.

For samtlige inngrep, målinger og uregelmessigheter noteres dato og klokkeslett. Samtlige observasjoner noteres umiddelbart i felt, og renskrives senere i vedlagte skjema. Vannstander målt fra rørtopp, føres med dato og klokkeslett på eget skjema.

Før prøvepumping igangsettes, mens vannverket produserer på vanlig måte, måles vannstander daglig i en uke i samtlige peilerør, i Vulu og i Grønfjorden, og vannmåleren avleses. Mot slutten av perioden tas vannprøve for fysisk/kjemisk analyse.

Umiddelbart før pumpene stanses måles samtlige vannstander. Ved pumpestopp leses vannmåleren av. Deretter måles samtlige vannstander, inklusiv Vulu og Grønfjorden etter ca. ½ og 1 time, og deretter hver 7-8. time, siste gang umiddelbart før pumpestart etter ca. 24 timers stopp.

Pumpestart, uttak dimensjonert etter fremtidig forbruk, igangsettes ca. 24 timer etter pumpestopp. Overflødig vann pumpes til Vulu eller Grønfjorden. Det må under ingen omstendighet slippes ut på bakken i brønnens nærrområde. Vannmåleren avleses ved pumpestart, og deretter samtidig med vannstandsobservasjonene. Til å begynne med, mens det observeres hyppig, bør det benyttes to lag, hvert bestående av to mann. En måler, den andre noterer, slik at samtlige vannstander inkl. Vulu og Grønfjorden samt vannmålerverdiene kan registreres.

Nedenfor angis observasjonstakten etter pumpestart summarisk. Det er viktig, spesielt til å begynne med, at samtlige tidsangivelser noteres nøyaktig, ettersom det ikke er praktisk mulig å måle samtidig i alle peilerør.

<b>Tid etter start</b>	<b>Observasjonspunkter</b>		
<b>10 min</b>	Samtlige rør, Vulu Grønfjorden og vannmåler		
<b>20 min</b>	"		
<b>40 min</b>	"	samt grunnvannstemperatur	
<b>60 min (1 t)</b>	"		
<b>90 min</b>	"		
<b>120 min (2 t)</b>	"		
<b>3 t</b>	"		
<b>4 t</b>	"	samt grunnvannstemperatur	
<b>5 t</b>	"		
<b>6 t</b>	"		
<b>8 t</b>	"		
<b>10 t</b>	"		
<b>12 t</b>	"		
<b>14 t</b>	"		
<b>19 t</b>	"		
<b>24 t</b>	"	samt grunnvannstemperatur	
<b>Første uke etter start</b>	"	"	måles daglig
<b>Deretter (varighet ca. 2 mnd.)</b>	"	"	måles to ganger pr. uke

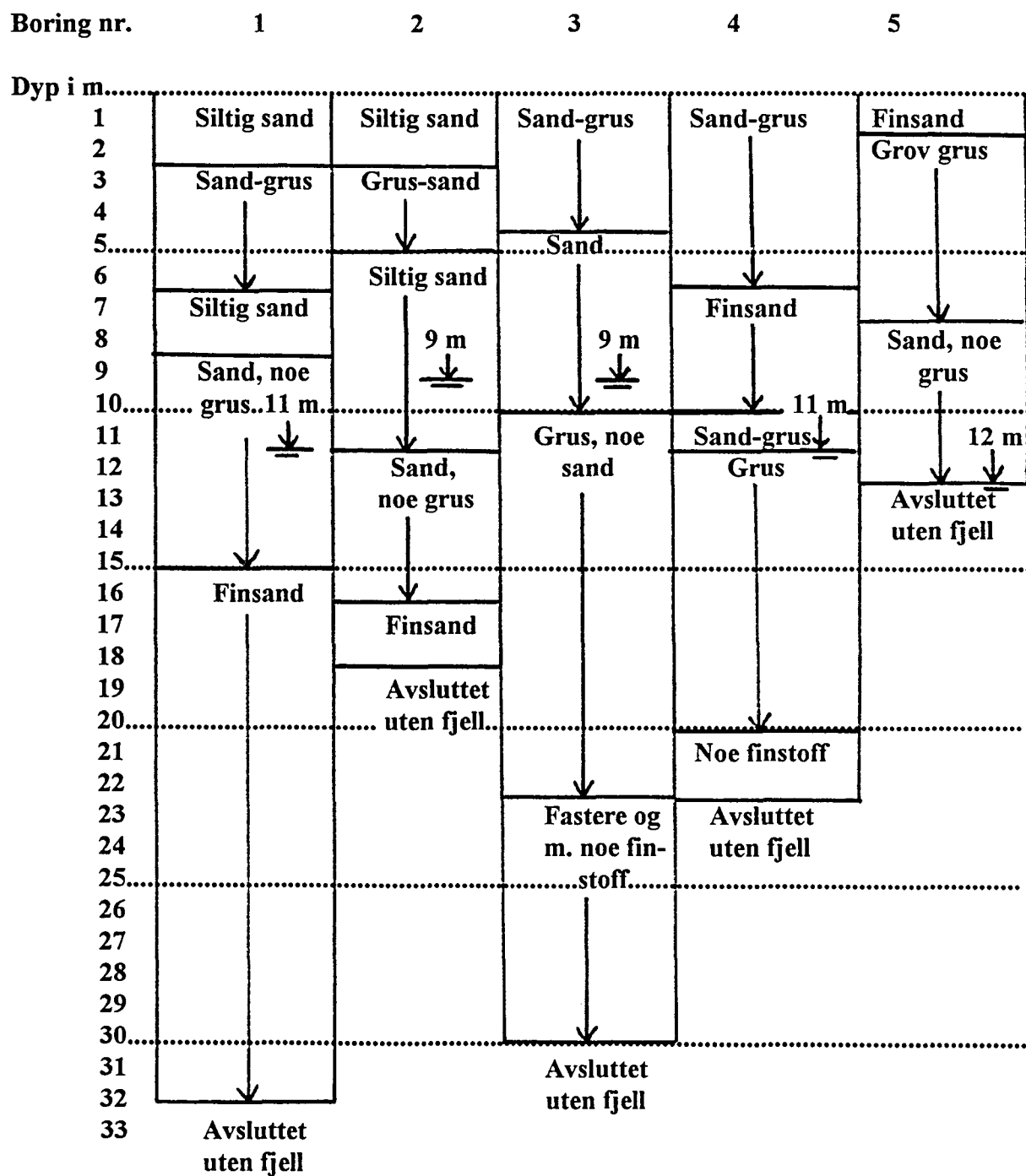
Prøvepumpingen (med uttak lik fremtidig behov) må pågå i minst to måneder. Vanntemperaturen måles ca. 40 min., 4 timer og 24 t etter start, og deretter i forbindelse med hver vannstands-målerunde. Hver 14. dag tas vannprøve for fysisk-kjemisk og bakteriologisk analyse, fysisk-kjemisk tas første gang ca. 14 dg. etter pumpestart, bakteriologisk tas første gang ca. 1 mnd. etter pumpestart. Siste gang prøvetas umiddelbart før pumpestop. Fysisk kjemiske prøver kan sendes NGU i Trondheim for analyse, mens bakteriologiske prøver sendes det lokale næringsmiddeltilsyn. Samtlige data renskrives og sendes NGU til vurdering etter avsluttet forsøk.





# VEDLEGG 3

## GARMO VANNVERK, SONDERPROFILER OG PEILERØR, NGU OKTOBER 1996



12,7 m



= dyp under markoverflaten til peilerørets bunn

## **VEDLEGG 5**

**Tabell over vannstander målt under prøvepumpingen**



Tidspunkt	Pkt. 1	Pkt. 2	Pkt. 3	Pkt. 4	Pkt. 5	Vulu	Otta	Q (l/min)	T °C	Merknader
29.05.97 09:10	360.83	360.82	360.84	360.81	360.88	360.73	360.61			
30.05.97 08:10	360.85	360.83	360.86	360.84	360.91	360.74	360.66	63		
31.05.97 09:30	360.90	360.88	360.90	360.88	360.95	360.81	360.70	112		
01.06.97 09:30	360.99	360.97	361.01	360.98	361.05	360.94	360.84	74		
02.06.97 09:00	361.17	361.16	361.19	361.16	361.18	361.13	361.08	137		
03.06.97 08:50	361.13	361.14	361.22	361.09	361.31	361.33		127		
04.06.97 08:15	361.48	361.47	361.49	361.48	361.49	361.43		172		
05.06.97 09:00	361.22	361.17	361.30	361.18	361.42	361.41	361.40	160		Pumpestopp kl. 09:30
05.06.97 10:00	361.42	361.41	361.44	361.42	361.40	361.42	361.40			
05.06.97 11:00	361.45	361.45	361.48	361.45	361.48					
05.06.97 17:10	361.48	361.47	361.50	361.46	361.49	361.43	361.38			
05.06.97 22:55	361.48	361.48	361.49	361.48	361.54	361.48				
06.06.97 07:00	361.50	361.50	361.51	361.51	361.55	361.46	361.42			
06.06.97 08:00	361.47	361.46	361.47	361.51	361.51			0		Pumpestart kl. 08:06
06.06.97 08:20	361.36	361.41	361.44	361.36	361.49					
06.06.97 08:35	361.38	361.38	361.43	361.35	361.48					
06.06.97 08:45	361.38	361.37	361.42	361.35	361.47			230	4.8	
06.06.97 09:05	361.37	361.37	361.42	361.35	361.46			238		
06.06.97 09:35	361.36	361.36	361.41	361.34	361.45			166		
06.06.97 10:05	361.36	361.36	361.41	361.33	361.45			200		
06.06.97 11:05	361.38	361.37	361.42	361.35	361.46			203		
06.06.97 12:05	361.37	361.37	361.41	361.35	361.46			200	4.8	
06.06.97 13:05	361.37	361.37	361.42	361.34	361.46			200		
06.06.97 14:05	361.36	361.37	361.42	361.34	361.45	361.50	361.46	200		
06.06.97 16:55	361.37	361.38	361.43	361.35	361.46	361.53	361.48	206		
06.06.97 18:10	361.38	361.38	361.43	361.35	361.48	361.50	361.44	294		
06.06.97 21:05	361.39	361.36	361.45	361.37	361.48	361.52	361.43	164		22:38, høydebasseng tomt
06.06.97 23:00	361.29	361.30	361.37	361.24	361.45	361.53	361.53	209		22:50, start begge pumper, Q ca. 450 l/min.
07.06.97 06:15	361.25	361.25	361.36	361.21	361.32	361.58	361.50	440		
07.06.97 10:00	361.29	361.28	361.38	361.23	361.40	361.63		432		09:55 stoppet Pumpe 2
08.06.97 10:50	361.88	361.87	361.92	361.86	361.92			124	4.8	Målestaver borte (flom?)
09.06.97 10:55	362.41	362.42		362.40	362.47	362.57	362.57	197	4.6	
10.06.97 08:45	362.45	362.45		262.43	362.50	362.60	362.60	191		

11.06.97 08:20	362.31	362.31		362,29	362.47	362.46	362.46	230	4.6
12.06.97 08:10	362.11	362.11		362,08	362.30	362.23	362.23	230	4.6
13.06.97 08:20	362.07	362.07	362.12	362,04	362.14	362.22		231	4.6
17.06.97 08:40	362.08	362.08	362.12	362,06	362.16	362.19		215	4.6
20.06.97 10:35	361.29	361.29	361.34	361,26	361.38	361.35	361.39	213	4.8
24.06.97 08:45	361.89	361.90	361.95	361,87	361.94	361.98	361.98	210	4.7
27.06.97 08:20	361.56	361.56	361.60	361,53	361.68			215	4.7
01.07.97 08:25	362.16	362.16		362,14	362.16	362.30	362.30	216	4.8
03.07.97 09:35						363.10		220	

Prøvepumping avsluttet pga. flom

## **VEDLEGG 6**

### **Beskrivelse av modellene MODFLOW og MODPATH**

## EN BESKRIVELSE AV MODELLENE MODFLOW OG MODPATH

MODFLOW (McDonald & Harbaugh, 1988) er en tredimensjonal grunnvannsstrømningsmodell. Modellen simulerer grunnvannsstrømning i grunnen numerisk ved å dele opp magasinet i blokker (i mindre volum), og deretter gå framover i tid med små tidssteg. Dette kalles «endelig differens metode». Hver blokk gis en verdi for parametre som permeabilitet, effektiv porøsitet, infiltrasjonshastighet osv. Modellen beregner grunnvannstrykket i hver blokk, som en funksjon av de omkringliggende blokkene og grunnvannstrykket i forrige tidssteg. På denne måten simulerer modellen utvikling av grunnvannstrykket i hver blokk med tid.

MODFLOW kan kjøres som en tidsuavhengig modell eller som en tidsavhengig modell. En tidsuavhengig modell er en modell som simulerer tidsuavhengig strømning. Her antas faktorene som kan påvirke grunnvannsstrømningen (infiltrasjonshastighet, nivåer i elver, vann, osv.) å være konstante. Slike modeller kan brukes til å bestemme grunnvannets strømningsretninger, vannkilder, grunnvannets hastighet og oppholdstid. En tidsavhengig modell simulerer strømning som varierer med tid på grunn av endringer i hydrauliske forhold i magasinet over tid. En slik modell kan brukes til å bestemme endringer i grunnvannsnivåer ved ulike vannuttak.

MODFLOW simulerer kun tap av grunnvannstrykk på grunn av hydraulisk "motstand" i magasinet. Tap av trykk på grunn av brønnen taes ikke hensyn til, og dette kommer i tillegg.

MODPATH (Pollock, 1989) er en modell som bruker resultatene fra MODFLOW til å bestemme grunnvannets strømningslinjer og hastighet i magasinet. Modellen beregner posisjonene til "partikler" som introduseres i grunnvannsmagasinet i gitte områder. Disse partiklene representerer små "vannpartikler" som strømmer gjennom magasinet. MODPATH beregner strømningslinjene og hastigheten til disse partiklene. Modellen kan derfor beregne hvor lang tid hver partikkel bruker på å flytte seg en viss avstand i magasinet. Modellen kan derfor blant annet beregne grunnvannets oppholdstid og gi en indikasjon på hvilke vannkilder som tilfører vann til magasinet og eventuelle pumpebrønner.

Kjemiske reaksjoner som forsinker grunnvannet blir det ikke tatt hensyn til av MODPATH. MODPATH gir derfor en undervurdering av oppholdstiden, og dette betyr at resultatene er noe konservative. Resultatene representerer derfor et «verste tilfelle».

**Numerisk modellering av magasinet på Garmo**

## DEN NUMERISKE GRUNNVANNSSTRØMNINGSMODELLEN AV MAGASINET VED GARMO VANNVERK

### 1. Introduksjon

#### Programvare

Datafilene som MODFLOW og MODPATH bruker ble konstruert ved hjelp av Visual MODFLOW (Waterloo Hydrogeologic Inc.). Visual MODFLOW er en programvare som gjør det lettere å lage (og senere modifisere) de store datafilene som både MODFLOW og MODPATH trenger. Disse datafilene inneholder alle de nødvendige hydrogeologiske dataene i et format som kan leses av modellene. Programvarene CorelDraw (Corel Corporation) og Surfer (Golden Software Inc.) ble også brukt til å konstruere diverse filer for bruk i modellene

Resultatene ble presentert ved hjelp av programmet Visual MODFLOW.

#### Formål

Hensikten ved modellering av grunnvannsmagasinet ved Garmo var å produsere en matematisk strømningsmodell som kan simulere grunnvannsstrømningen i magasinet for å kunne utarbeide et forslag til klausuleringssoner rundt Garmo vannverk.

#### Inndeling av magasinet

Inndelingen av magasinet i vertikal retning er basert på sonderboringer og georadarmålinger utført av NGU i 1996.

På dette grunnlaget kan magasinet deles opp i tre lag. Hvert lag inneholder sand og grusholdige masser, med de groveste massene i det underste laget (lag 3). Lagenes mektighet er satt til 6 m for lagene 1 og 2 og 8 m for lag 3. Det er antatt at lagene har en konstant mektighet også der topografien i området stiger.

#### Mating av magasinet

Magasinet tilføres vann fra elvene Vulu, Oddeåe og Otta samt nedbør.

#### Magasinets art

Magasinet defineres som et åpent magasin i og med at det ikke ligger tette lag over magasinet.

### 2. Den matematiske modellen

#### Gridet

Gridet som ble brukt til å simulere magasinet ved Garmo er vist i **vedlegg 8**. Gridet består av tre lag som representerer lagene 1-3 som beskrevet ovenfor.

Gridet består av små blokker i nærheten av pumpebrønnene for å øke modellens nøyaktighet i dette området. Hver blokk i hvert lag ble gitt en foreløpig verdi for magasinetykkelse, permeabilitet, nydannelse (fra nedbør) og et opprinnelig grunnvannsnivå. Disse foreløpige verdiene ble justert under kalibreringen av modellen.



### Overflate topografi og fysiske trekk

Et topografisk kart, målestokk 1:5000, over området ble digitalisert ved bruk av SURFER (Golfen Software Inc.), og den resulterende datafilen ble importert i Visual MODFLOW.

Et digitalisert kart over fysiske trekk i området (veier, elver, bebyggelse, høydekoter, osv.) ble også konstruert ved bruk av CorelDraw og importert i Visual MODFLOW.

### Hydrauliske grenser

De hydrauliske grensene som ble brukt for å simulere magasinet ved Garmo vannverk er vist i **Vedlegg 8**. Otta er simulert ved hjelp av blokker med konstant grunnvannstrykk da elven i området kan sees på som en innsjø.

Vulu og Oddeåe ble simulert ved å bruke "elvepakken" i MODFLOW-modellen. Pakken simulerer ei elv som et vassdrag med et gitt vanntrykk i hydraulisk forbindelse med modellen gjennom et lag (dvs. elvebunnen) med en gitt permeabilitet og mektighet. Bidraget til eller fra elva er derfor avhengig av forholdet mellom vanntrykket i elva og grunnvannsmagasinet. Elvebunnens permeabilitet er satt lik magasinets da vannstandsendingene i observasjonsrørene og i Vulu ser ut til å følge hverandre før og under pumpetesten.

Alle andre hydrauliske grenser rundt kanten av gridet er representert ved inaktive blokker.

### Hydraulisk konduktivitet (k)

Verdiene for den hydrauliske konduktiviteten ble anslått på basis av kornfordelingskurvene (databilag 3) da det ikke var mulig å benytte resultatene fra pumpetesten. Til beregningene er gjennomsnittet av metodene til Bayer (Langguth & Voigt, 1980), Zielheim og Klemetsrud (NGU) benyttet.

$$\text{Zielheim: } k = 0,00357 * d_{50}^2 \quad \text{og} \quad \text{Klemetsrud: } k = 0,01 * d_{20}^2$$

Tabell 1 viser verdiene som ble benyttet som et grunnlag til å anslå foreløpige permeabilitetsverdier i MODFLOW-modellen. Metodene benytter  $d_{20}$  og  $d_{50}$  og det kan føre til en for høy k-verdi. Dette vil bety at strømningshastigheten blir for stor og modellen viser i så tilfelle et verste tilfelle for soneinndelingen.

**Tabell 1** Benyttede verdier av hydraulisk konduktivitet (k)

Dyp	Benyttet k verdi
11,7	Lag 1: 0,002
15,7	Lag 2: 0,00268
19,5	Lag 3: 0,00365

### Infiltrasjonshastighet

Infiltrasjonshastighet ble anslått til ca. 75 mm/år. Denne verdien ble benyttet ved undersøkelse av grunnvannsmagasinet ved ulike vannstands nivåer i Vulu, Oddeåe og Otta

Infiltrasjonshastigheten tilsvarer ca. 23% av årsnedbøren som ifølge meteorologisk institutt ligger på ca. 321 mm/år. Infiltrasjonshastigheten betraktes som konstant og lik over hele området. Ved kalibrering av modellen ble infiltrasjonshastigheten forsøkt satt til 0 mm/år da det er lite trolig at det er foregår noen nydannelse i juni måned. Dette ga ingen vesentlig endring av stømningsbildet.

#### Effektiv porøsitet

MODPATH trenger verdier for effektiv porøsitet ( $n_e$ ) i de tre lagene. Verdiene ble anslått ved bruk av Bayer-metoden (Langguth & Voigts, 1980) på grunnlag av kornfordelingskurvene fra NGU. Verdiene som ble benyttet i de ulike lagene er vist i tabell 2.

Tabell 2. Porøsitetsverdier benyttet i modellen.

Lag	$n_e$ (effektiv porøsitet)	$n_{tot}$ (total porøsitet)
1	0,33	0,35
2	0,335	0,35
3	0,343	0,357

Porøsitetsverdiene ble forsøkt endret til en lavere verdi, men dette så ikke ut til å føre til noen vesentlig endring i strømningsbildet.

#### Opprinnelig grunnvannsnivå

MODFLOW trenger å få oppgitt et grunnvannsnivå for hver blokk til å starte beregningene med. Dette omtales som opprinnelig grunnvannsnivå. Når MODFLOW kjøres som en tidsuavhengig modell, trenger verdiene som brukes bare å være gode nok til at MODFLOW kan konvergere. Alle lag ble derfor gitt et opprinnelig grunnvannsnivå på 361 moh..

Andre verdier for opprinnelig grunnvannsnivå vil gi det samme resultatet fordi det bare eksisterer én løsning som MODFLOW vil konvergere mot dersom de andre parametrene holdes uforandret. Desto nærmere de opprinnelige verdiene for grunnvannsnivåene er løsningen, jo lettere blir det for modellen å konvergere.

Når MODFLOW kjøres som en tidsavhengig modell vil resultatene derimot være avhengige av de oppgitte grunnvannsnivåene.

### **3. Kalibrering av MODFLOW-modellen**

#### Introduksjon

Kalibrering av en matematisk modell er en prosess hvor dataene i modellen justeres slik at den simulerer målte felldata. Felldata som oftest brukes i denne sammenhengen er grunnvannsnivå og senkningsdata fra prøvepumpinger.

En tidsuavhengig modell justeres slik at parameteren, rmsD (fra engelsk 'root mean square discrepancy') minimaliseres.

rmsD defineres som:

$$\text{rmsD} = \sqrt{ [ (\Sigma(t_m - t_0)^2 / n ]$$

hvor:  $t_m$  er simulert grunnvannstrykk  
 $t_0$  er målt grunnvannstrykk  
 $n$  er antall feltmålinger

Det simulerte grunnvannstrykket i hver blokk i modellen representerer en gjennomsnittlig verdi for hele blokken, mens grunnvannsnivået målt i en observasjonsbrønn representerer grunnvannsnivået på *det* punktet. Et presist samsvar mellom simulerte data og målte data (dvs. rmsD = 0) kan derfor ikke forventes. Formålet med kalibreringen er likevel å redusere rmsD til en minimums verdi uten å gjøre modellen mer komplisert enn nødvendig. Modellen kan sies å være "kalibrert" når rmsD-verdien er slik at den er ubetydelig i forhold til den forskjellen i grunnvannstrykk som eksisterer innenfor det simulerte området.

#### Tidsuavhengig modell

Den tidsuavhengige versjonen av MODFLOW ble kalibrert ved å simulere grunnvannsnivåene før prøvepumpingen av Garmo vannverk utført juni 1996.

De anslåtte hydrauliske parametrene ble endret under kalibreringen til de simulerte grunnvannsnivåene var i tilstrekkelig overensstemmelse med de målte verdiene. Det ble foretatt få justeringer da de fleste endringene ikke førte til noe bedre overensstemmelse mellom beregnede og målt verdier.

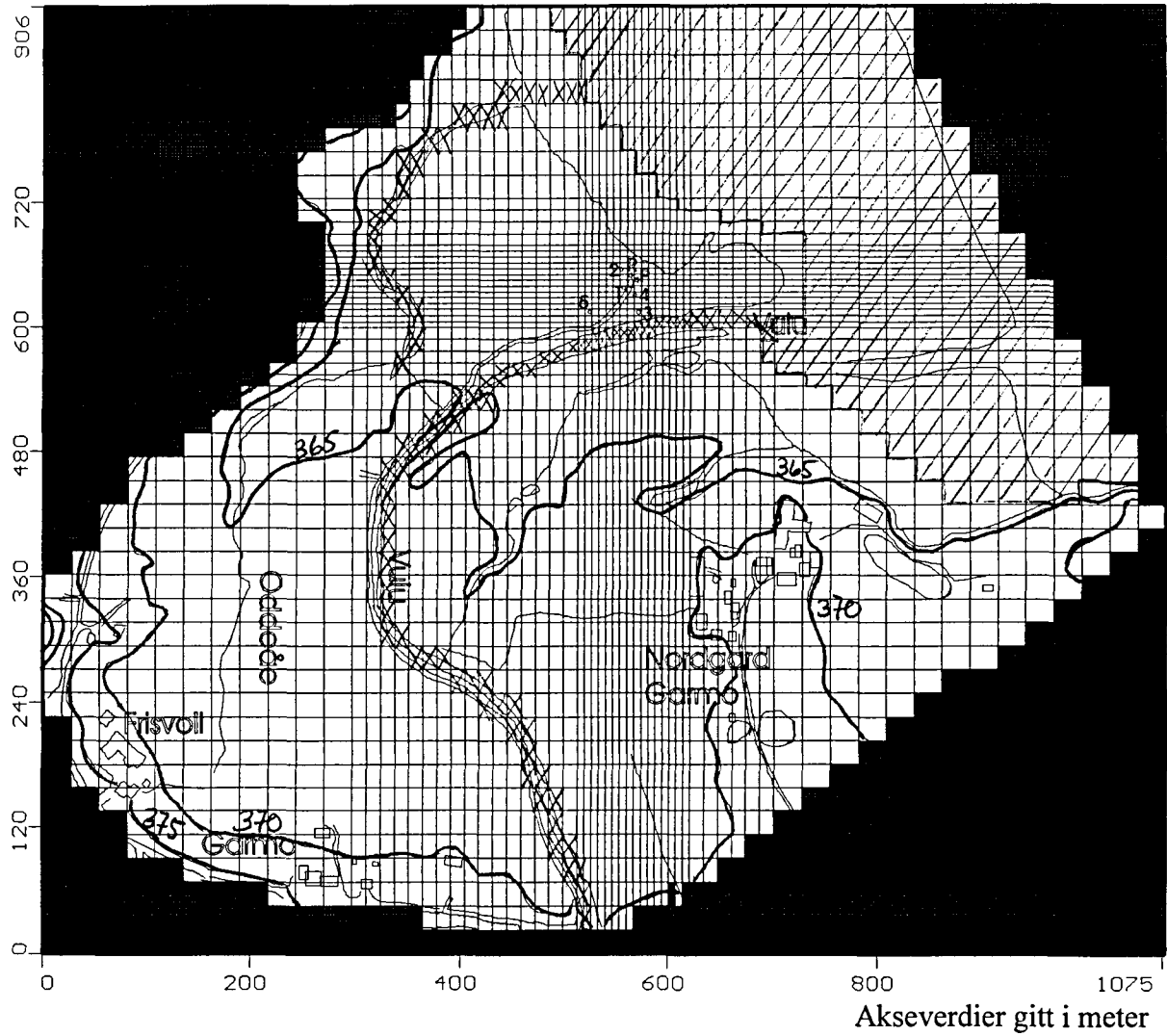
#### Tidsavhengig modell






Det ble ikke foretatt noen tidsavhengig kalibrering da pumpe-testdataene ikke var egnet til dette.

## **VEDLEGG 8**

**Gridet som ble benyttet til å simulere magasinet ved Garmo**

**FINITE-DIFFERENS GRID OG HYDRAULISKE GRENSER  
BENYTTET I MODELLEN.**

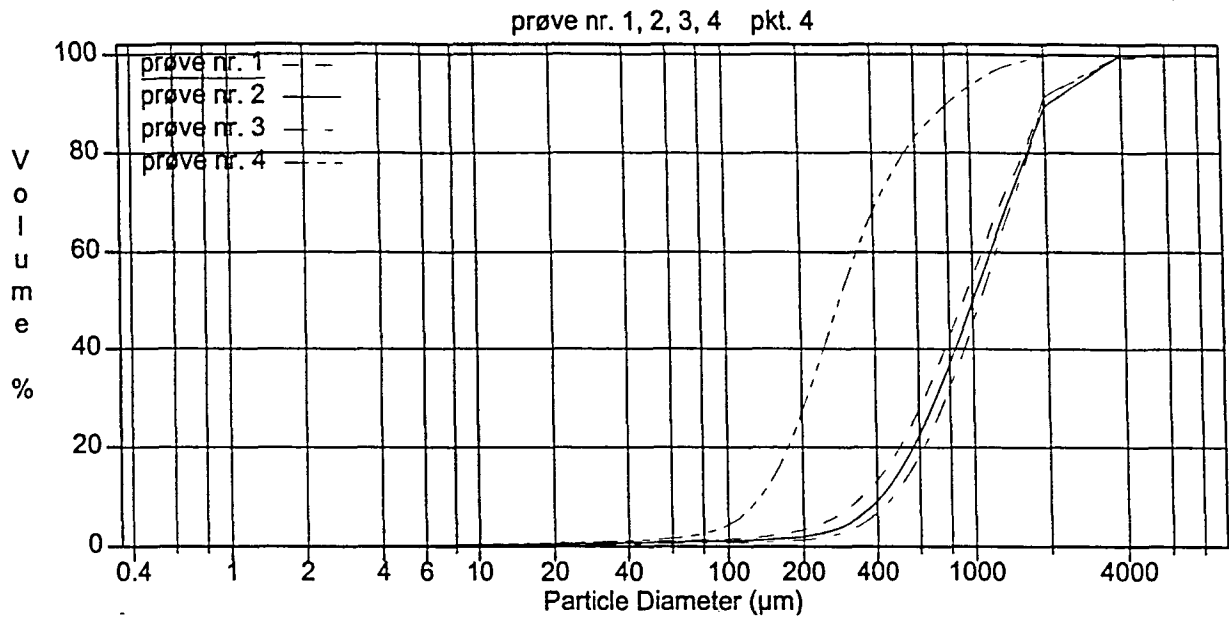


-  Finite-differens blokk
-  Uaktiv blokk
-  Blokk som representerer elv
-  Blokk med konstant vannstand/trykk
-  Høydekote



## **VEDLEGG 9**

### **Kornfordelingsanalyser fra prøvepunkt 4**



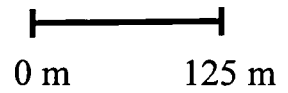
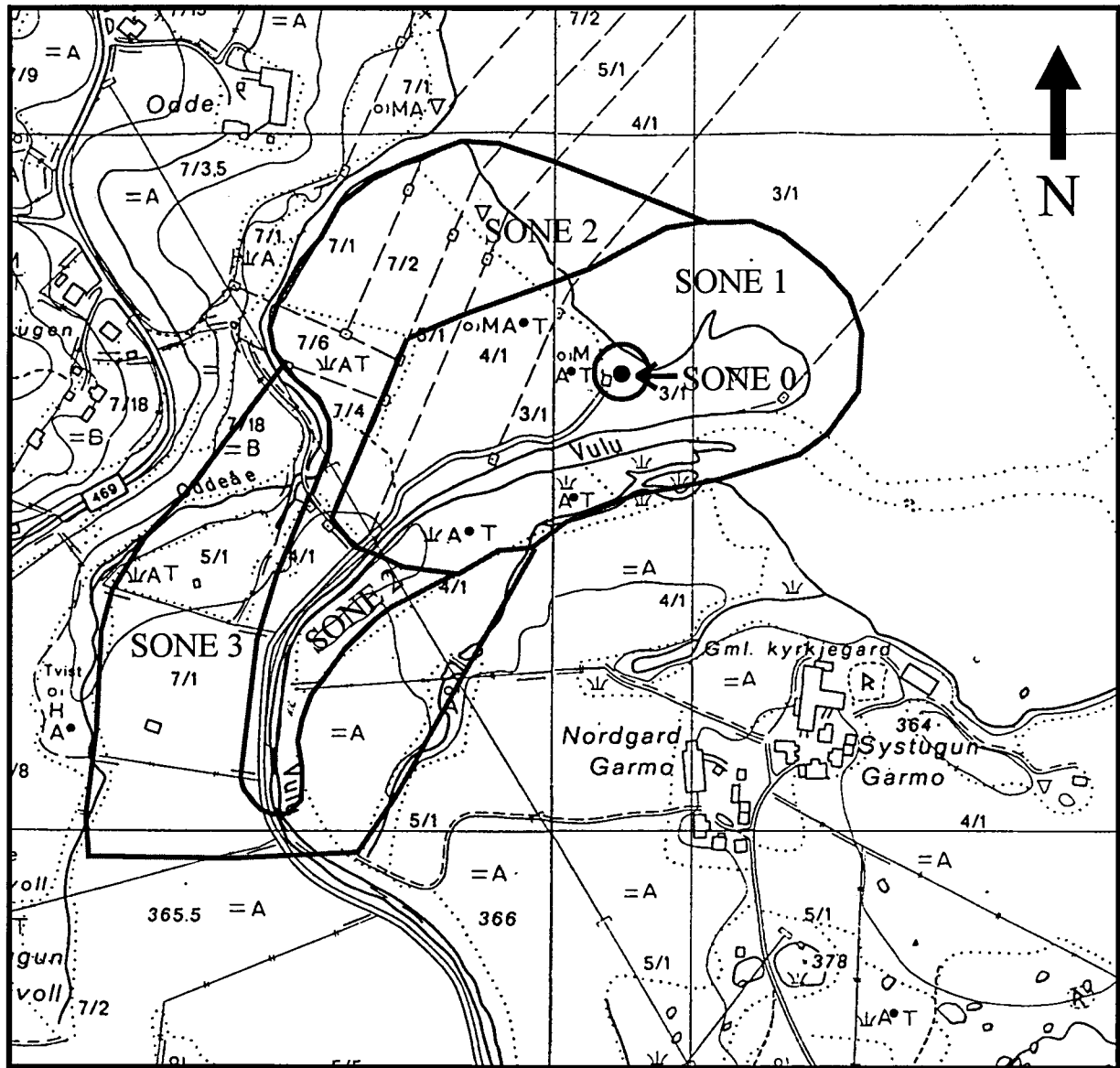
Volume %	1 Particle Diameter µm	2 Particle Diameter µm	3 Particle Diameter µm	4 Particle Diameter µm
1.000	47.33	78.49	165.5	32.61
2.000	139.7	201.0	248.6	68.99
5.000	246.3	313.3	357.1	105.4
10.00	346.5	415.9	464.5	135.4
15.00	428.1	495.3	548.9	157.0
20.00	499.4	566.5	624.7	175.7
25.00	566.2	635.3	698.9	193.3
40.00	767.9	845.6	917.1	246.5
50.00	916.6	1002	1074	288.1
60.00	1096	1184	1243	340.6
70.00	1317	1403	1457	416.8
75.00	1465	1533	1579	471.0
80.00	1631	1679	1706	542.0
90.00	1954	2111	1962	819.4

Prøve nr. 1: 10,7 - 11,7 m  
 " 2: 14,7 - 15,7 "  
 " 3: 18,7 - 19,7 "  
 " 4: 20,7 - 21,7 "

**Forslag til sikringssoner rundt vannverket**



### FORSLAG TIL SONEINDELING GARMO VANNVERK



Grense for klausuleringszone



Brønn

## **VEDLEGG 11**

**Fysisk-kjemiske vannanalyser  
og dokumentasjon av metoder, usikkerheter osv.**

## VANNANALYSER

FYLKE: Oppland

KART (M711): 1618 IV-Lom

KOMMUNE: Lom

PRØVESTED: Prøvepunkt 4 og prod. brønn, Garmo

OPPDRAGSNUMMER: 2713.05

ANALYSERT VED: Norges geologiske undersøkelse

Brønn-nr/sted	Garmo pkt.4	Garmo pkt. 4	Garmo brønn før prøvepump	Garmo brønn før prøvepump	Garmo brønn	Garmo brønn			
Dato	23.10.96	23.10.96	04.06.97, A	04.06.97, B	16.06.97	01.07.97			
Brønntype	Sandspiss	Sandspiss	Rørbrønn	Rørbrønn	Rørbrønn	Rørbrønn			
Prøvedyp m	13,7 m	19,7m	12-16 m	12-16 m	12-16 m	12-16 m			
Brønndimensjon mm	32	32	150	150	150	150			
Vannføring l/min	150	150							
X-koordinat Sone: 32 V	4900	4900	4900	4900	4900	4900			
Y-koordinat Sone: 32 V	68581	68581	68581	68581	68581	68581	<b>Drikkevannsforskriften<sup>1</sup></b>		
<b>Fysisk/kjemisk</b>							<b>Veiledende verdi</b>	<b>Største tillatte konsentrasjon</b>	
Surhetsgrad, felt/lab pH	6,78	6,94	7,06	7,12	7,10	7,17	7,5-8,5	6,5-8,5 <sup>2</sup>	
Ledningsevne, felt/lab mS/m	6,9	6,9	7,23	7,33	7,36	7,28	< 40		
Temperatur °C	4,0	4,2					< 12	25	
Alkalitet mmol/l	0,42	0,46	0,48	0,49	0,49	0,49	0,6-1,0 <sup>2</sup>		
Fargetall mg Pt/l	3,2	2,8	< 1,4	< 1,4	1,5	< 1,4	< 1	20	
Turbiditet F.T.U	0,58	0,55	0,21	0,25	0,08	0,06	< 0,4	4	
<b>Anioner</b>									
Fluorid mg F/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		1,5	
Klorid mg Cl/l	2,29	1,98	2,40	2,33	2,60	2,46	< 25		
Nitritt mg NO <sub>2</sub> /l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05		0,16	
Brom mg Br/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1			
Nitrat mg NO <sub>3</sub> /l	1,71	1,26	1,29	1,28	1,59	1,35		44	
Fosfat mg PO <sub>4</sub> /l	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2			
Sulfat mg SO <sub>4</sub> /l	5,91	5,17	5,64	5,67	5,55	5,51	< 25	100	
<b>Kationer</b>									
Silisium mg Si/l	3,7	4,1	3,7	3,8	3,5	3,7			
Aluminium mg Al/l	0,0292	0,0417	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,05	0,2	
Jern mg Fe/l	0,103	0,0516	0,0127	0,0211	< 0,01	< 0,01	< 0,05	0,2	
Magnesium mg Mg/l	1,9	2,1	2,1	2,1	2,2	2,1		20	
Kalsium mg Ca/l	8,3	8,3	8,5	8,6	9,0	8,5	15-25 <sup>2</sup>		
Natrium mg Na/l	1,3	1,3	1,4	1,7	1,4	1,4	< 20	150	
Kalium mg K/l	1,4	0,877	1,2	0,850	1,2	1,5	< 10	12	
Mangan mg Mn/l	0,0131	0,0039	0,0038	0,0041	0,002	0,0018	< 0,02	0,05	
Kobber mg Cu/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,015	< 0,005	< 0,005	< 0,1	0,3	
Sink mg Zn/l	< 0,002	< 0,002	0,243	0,223	0,0104	0,0100	< 0,1	0,3	
Bly mg Pb/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05		0,02	
Nikkel mg Ni/l	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02		0,05	
Kadmium mg Cd/l	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005		0,005	
Krom mg Cr/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		0,05	
Sølv mg Ag/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01		0,01	
Fosfor mg P/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1			
Barium mg Ba/l	0,0206	0,0178	0,0225	0,0229	0,0248	0,0228	< 0,07-WHO		
Strontium mg Sr/l	0,0698	0,0709	0,0699	0,0710	0,0719	0,0716	< 0,1		
Kobolt mg Co/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01			
Molybden mg Mo/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01			
Bor Mg B/l	0,01	0,01					< 0,3		

<sup>1</sup> Sosial- og helsedepartement (1995): Forskrift om vannforsyning og drikkevann m.m.

<sup>2</sup> Vannet bør ikke være aggressivt.

ANALYSEKONTRAKT NR.: 1997.0149  
NGU PROSJEKT NR.: 2713.05

OPPDRAGSGIVER: NGU, Vannprogrammet, Oppland

ADRESSE:

TLF.:

KONTAKTPERSON: E.Rohr-Torp

PRØVETYPE: Vann

ANTALL PRØVER: 1

IDENTIFIKASJON AV PRØVER: Iflg. liste fra oppdragsgiver

PRØVER MOTTATT: 23.06.97

ANMERKNINGER: Ingen

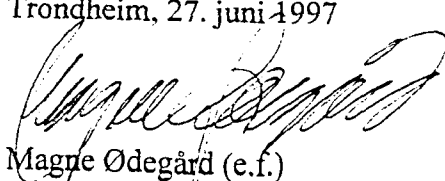
## SPESIFIKASJON AV OPPDRAGET I HENHOLD TIL ANALYSEKONTRAKT:

METODE	DOKUMENTASJON *)	OMFATTES AV AKKREDITERING
ICP-AES vann	NGU-SD 3.1	Ja
IC	NGU-SD 3.4	Ja
Bestemmelse av pH	NGU-SD 3.5	Ja
Bestemmelse av alkalitet	NGU-SD 3.7	Ja
Bestemmelse av ledningsevne	NGU-SD 3.6	Ja
Bestemmelse av fargetall	NGU-SD 3.8	Ja
Bestemmelse av turbiditet	NGU-SD 3.9	Ja

Denne rapporten inneholder i alt 14 sider. Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Alle forhold ved prøvetaking, behandling og transport av prøvene før innlevering til NGU-Lab er underlagt oppdragsgivers ansvar. Analyseresultater framlagt i denne rapporten refererer derfor kun til det prøvematerialet som er mottatt av NGU-Lab.

Trondheim, 27. juni 1997

  
Magne Ødegård (e.f.)

**INSTRUMENT TYPE :**

**Thermo Jarrell Ash ICP 61**

**NEDRE BESTEMMELSESGRENSER VANNANALYSER**

(For vannprøver som tynnes, blir deteksjonsgrensene automatisk omregnet).

Si ppb	Al ppb	Fe ppb	Ti ppb	Mg ppb	Ca ppb	Na ppb	K ppb	Mn ppb	P ppb
20.-	20.-	10.-	5.-	50.-	20.-	50.-	500.-	1.-	100.-
Cu ppb	Zn ppb	Pb ppb	Ni ppb	Co ppb	V ppb	Mo ppb	Cd ppb	Cr ppb	Ba ppb
5.-	2.-	50.-	20.-	10.-	5.-	10.-	5.-	10.-	2.-
Sr ppb	Zr ppb	Ag ppb	B ppb	Be ppb	Li ppb	Sc ppb	Ce ppb	La ppb	Y ppb
1.-	5.-	10.-	10.-	1.-	5.0	1.-	50.-	10.-	1.-

**ANALYSEUSIKKERHET:**

± 20 rel. % for K, Pb, Cd, Li, Ce.

± 10 rel. % for Si, Al, Na, Mo, Cr, Zr, Ag, B og La.

± 5 rel. % for Fe, Ti, Mg, Ca, Mn, P, Cu, Zn, Ni, Co, V, Ba, Sr, Be, Sc, Y.

**PRESISJON :** Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

**ANTALL PRØVER:** 1

**ANMERKNINGER:**

B slettes p.g.a. forurensing av B i systemet

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Ferdig analysert	26. juni 1997	Brit Inger Vongraven
	Dato	OPERATØR

7 ANIONER : F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

INSTRUMENT TYPE : DIONEX IONEKROMATOGRAF 2120i

**NEDRE BESTEMMELSESGRENSER**

ION	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> *	Br <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Nedre bestemmelsesgrense - mg/l	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.2	0.1

ANALYSEUSIKKERHET : 10 % rel. for alle ionene

PRESISJON : Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

ANTALL PRØVER: 1

ANMERKNINGER: Ingen

\* NGU-LAB er ikke akkreditert for NO<sub>2</sub><sup>-</sup> \*

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Ferdig analysert	25. juni 1997	Egil Kvam
	Dato	OPERATØR

**pH: UTFØRES ETTER NORSK STANDARD -NS 4720**

**ALKALITET: UTFØRES ETTER NGU-SD 3.7B (følger tidligere NS 4754)**

**INSTRUMENT TYPE : Radiometer Titralab 94 / Glasselektrode pHIC 2701**

ANALYSE	NEDRE BESTEMMELSESGRENSE	ANALYSEUSIKKERHET		
		Måleområde	Usikkerhet	
pH	-	-	± 0.05 pH units	
Alkalitet	0.04 mmol l <sup>-1</sup>	0.04 - 0.2 mmol l <sup>-1</sup>	p-alkalitet ± 0.02 mmol l <sup>-1</sup>	t-alkalitet ± 0.04 mmol l <sup>-1</sup>
		0.2 - 2.0 mmol l <sup>-1</sup>	± 5.0 % rel.	± 4.0 % rel.
		> 2.0 mmol l <sup>-1</sup>	± 4.3 % rel.	± 1.0 % rel.

**PRESISJON :** Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

**ANTALL PRØVER:** 1.

**ANMERKNINGER:** Ingen.

**Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.**

Ferdig analysert	25. juni 1997	Tomm Berg
	Dato	OPERATØR

**UTFØRES ETTER NORSK STANDARD - NS-ISO 7888**

**INSTRUMENT TYPE :** Radiometer Titralab 94 / CDM 210 Conductivity meter

**NEDRE BESTEMMELSESGRENSE :** 0.07 mS m<sup>-1</sup>

**ANALYSEUSIKKERHET :**

Måleområde / mS m <sup>-1</sup>	Usikkerhet
0.07 - 0.2	± 3 % rel
> 0.2	± 1 % rel.

**PREISISJON :** Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

**ANTALL PRØVER:** 1.

- ANMERKNINGER:**
1. Elektrisk konduktivitet ved 25°C er beregnet ved automatiske temperaturkompensasjon. Temperatur verdier oppgitt i tabellen tilsvarer prøvetemperatur under måling.  
Resultat angis i mS/m (1mS/m=10µS/cm) med tre gjeldende siffer
  2. Resultater mindre enn 1 mS/m kan bli påvirket av atmosfærisk karbondioksyd og ammoniakk

**Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.**

Ferdig analysert	25. juni 1997	Tomm Berg
	Dato	OPERATØR



## METODE

Vannet filtreres gjennom et membranfilter med porestørrelse 0.45µm. Absorbansen måles ved 410nm. Resultatene er oppgitt uten benevnning som konsentrasjon av platina (mg/l Pt) i en referanseløsning med samme absorbans. (Metoden tilsvarende tidligere Norsk Standard - NS 4787. 1 utg. 1988)

**INSTRUMENT TYPE :** SHIMADZU UV-1201 Spektrofotometer

**NEDRE BESTEMMELSESGRENSE :** 1.4

**ANALYSEUSIKKERHET :** ± 7.5 % rel.

**PRESISJON :** Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

**ANTALL PRØVER:** 1

**ANMERKNINGER:** Ingen

**Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.**

Ferdig analysert	24. juni 1997	Bente Kjosnes
	Dato	OPERATØR

UTFØRES ETTER NORSK STANDARD - NS 4723.

**INSTRUMENT TYPE :** Hach 2100 A Turbidimeter

**NEDRE BESTEMMELSES GRENSE :** 0.05 FTU

**ANALYSEUSIKKERHET :**

Måleområde / FTU	Usikkerhet
0.05 - 1.0	± 0.04 FTU
1.0 - 10	± 0.4 FTU
10 - 100	± 4 FTU
100 - 1000	± 40 FTU

**PREISJON :** Det kjøres rutinemessig kontrollprøver, som føres i kontrolldiagram (X-diagram). Disse kan forevises om ønskelig.

**ANTALL PRØVER:** 1

**ANMERKNINGER:** Ingen

Rapporten må ikke gjengis i utdrag uten skriftlig godkjenning fra NGU-Lab.

Ferdig analysert	24. juni 1997	Bente Kjøsnes
	Dato	OPERATØR

**Bakteriologiske vannanalyser**

Lom kommune  
Teknisk etat  
2686 LOM

Dato: 11.07.1997  
Lab.nr: 97/1219  
Arkiv: 141403/I

Garmo vassverk


### ANALYSERESULTATER

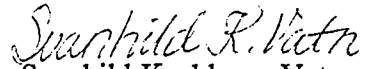
Prøvemottak: 01.07.97 Analyseperiode: 01.07.97 - 11.07.97 Uttaksprosedyre: Enkel stikkprøve

97/1219-1 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 01.07.1997  
Sted: Nettprøve  
kran vassverk

Parameter	Metode	Resultat	KRAV/NORM
Kimtall ved 22°C	NS 4791	17 /ml	Maksimum 100
Kimtall ved 37°C	NS 4791	0 /ml	Maksimum 10
Koliforme bakterier 37°C	NS 4788	0 /100 ml	Skal ikke påvises
Koliforme bakterier 44°C	NS 4792	0 /100 ml	Skal ikke påvises

Med hilsen

  
Kristin Høstad Prestegarden  
Avdelingsveterinær

  
Svanhild Krukhaug Vatn  
Avdelingsveterinær

Kopi til:  
Kommunestyret i Lom, 2686 LOM  
Kommunelege I i Lom, 2686 LOM

Lom kommune  
Teknisk etat  
2686 LOM

Dato: 07.07.1997

Lab.nr: 97/1226

Arkiv: 141403/F

Garmo vassverk

### ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 01.07.97 Analyseperiode: 01.07.97 - 07.07.97

Uttaksprosedyre: Enkel stikkprøve

97/1226-1 **Grunnvann ubehandlet**

Tatt ut 01.07.1997

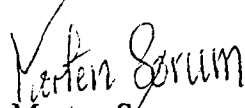
Sted: Råvann

Kran vassverk

Parameter	Metode	Resultat	Forskriftens krav
pH, surhetsgrad	NS 4720	<b>6.72</b>	6.5 - 8.5
Konduktivitet	ISO 7888	<b>7.8</b> mS/m	Veil.verdi 40
Fargetall	NS 4786	<b>&lt; 5</b> mgPt/l	Maksimum 20
Turbiditet, uklarhet	NS 4723	<b>0.07</b> FTU	Maksimum 4
UV-absorbans		<b>0.006</b> abs/cm	

< betyr: Mindre enn

Med hilsen



Morten Sørum  
Kjemiker

Kopi til:

lege 1  
Kommunestyret i Lom, 2686 LOM

Kommunestyret i Lom, 2686 LOM

Bertil Strømme ✓ Tore Fossum

Lom kommune  
Teknisk etat  
2686 LOM

Dato: 27.06.1997

Lab.nr: 97/1145

Arkiv: 141403/I

Garmo vassverk

### ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 24.06.97 Analyseperiode: 24.06.97 - 27.06.97

Uttaksprosedyre: Enkel stikkprøve

97/1145-1 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 23.06.1997  
Sted: Råvann  
Pumpehus Garmo

Parameter	Metode	Resultat	KRAV/NORM
Kimtall ved 22°C	NS 4791	13 /ml	Maksimum 100
Kimtall ved 37°C	NS 4791	0 /ml	Maksimum 10
Koliforme bakterier 37°C	NS 4788	0 /100 ml	Skal ikke påvises
Koliforme bakterier 44°C	NS 4792	0 /100 ml	Skal ikke påvises


97/1145-2 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 23.06.1997  
Sted: Nettprøve  
Pumpestasjon Garmo

Parameter	Metode	Resultat	KRAV/NORM
Kimtall ved 22°C	NS 4791	21 /ml	Maksimum 100
Kimtall ved 37°C	NS 4791	0 /ml	Maksimum 10
Koliforme bakterier 37°C	NS 4788	0 /100 ml	Skal ikke påvises
Koliforme bakterier 44°C	NS 4792	0 /100 ml	Skal ikke påvises

Parameter	Metode	Resultat
Lukt		Normal
Smak		Normal

Med hilsen

  
Kristin Høstad Prestegarden  
Avdelingsveterinær

  
Svanhild Krukhaug Vatn  
Avdelingsveterinær

Kopi til:  
Kommunestyret i Lom, 2686 LOM  
Kommunelege I i Lom, 2686 LOM

Lom kommune  
Teknisk etat  
2686 LOM

Dato: 26.06.1997  
Lab.nr: 97/1148  
Arkiv: 141403/F

Garmo vassverk

### ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 24.06.97 Analyseperiode: 24.06.97 - 26.06.97 Uttaksprosedyre: Enkel stikkprøve

97/1148-1 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 23.06.1997  
Sted: Råvann  
Pumpehus Garmo

Parameter	Metode	Resultat	Forskriftens krav
pH, surhetsgrad	NS 4720	6.85	6.5 - 8.5
Konduktivitet	ISO 7888	7.6 mS/m	Veil.verdi 40
Turbiditet, uklarhet	NS 4723	<0.05 FTU	Maksimum 4
Fargetall	NS 4786	<5 mgPt/l	Maksimum 20
UV-absorbans		0.004 abs/cm	

97/1148-2 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 23.06.1997  
Sted: Nettprøve  
pumpeasjon Garmo

Parameter	Metode	Resultat	Forskriftens krav
pH, surhetsgrad	NS 4720	6.74	6.5 - 8.5
Konduktivitet	ISO 7888	7.6 mS/m	Veil.verdi 40
Turbiditet, uklarhet	NS 4723	0.08 FTU	Maksimum 4
Fargetall	NS 4786	<5 mgPt/l	Maksimum 20
UV-absorbans		0.004 abs/cm	

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

Morten Sørum  
Kjemiker

Jorun Selanger  
Lab.teknikker

Kopi til:  
Kommunestyret i Lom, 2686 LOM  
Kommunelege I i Lom, 2686 LOM

Lom kommune  
Teknisk etat  
2686 LOM

Dato: 30.05.1997  
Lab.nr: 97/ 908  
Arkiv: 141403/I

Garmo vassverk

### ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 27.05.97 Analyseperiode: 27.05.97 - 30.05.97 Uttaksprosedyre: Enkel stikkprøve

97/ 908-1 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 27.05.1997  
Sted: Råvann

Parameter	Metode	Resultat	KRAV/NORM
Kimtall ved 22°C	NS 4791	7 /ml	Maksimum 100
Kimtall ved 37°C	NS 4791	4 /ml	Maksimum 10
Koliforme bakterier 37°C	NS 4788	0 /100 ml	Skal ikke påvises
Koliforme bakterier 44°C	NS 4792	0 /100 ml	Skal ikke påvises

97/ 908-2 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 27.05.1997  
Sted: Renvann

Parameter	Metode	Resultat	KRAV/NORM
Kimtall ved 22°C	NS 4791	3 /ml	Maksimum 100
Kimtall ved 37°C	NS 4791	0 /ml	Maksimum 10
Koliforme bakterier 37°C	NS 4788	0 /100 ml	Skal ikke påvises
Koliforme bakterier 44°C	NS 4792	0 /100 ml	Skal ikke påvises

Med hilsen



Kristin Høstad Prestegarden  
Avdelingsveterinær

Kopi til:  
Kommunestyret i Lom, 2686 LOM  
Kommunelege I i Lom, 2686 LOM



Lom kommune  
Teknisk etat  
2686 LOM

Dato: 30.05.1997  
Lab.nr: 97/ 915  
Arkiv: 141403/I

Garmo vassverk

### ANALYSERESULTATER

Prøvemottak: 27.05.97 Analyseperiode: 27.05.97 - 30.05.97 Uttaksprosedyre: Enkel stikkprøve

97/ 915-1 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 27.05.1997  
Sted: Råvann

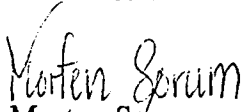
Parameter	Metode	Resultat	Forskriftens krav
pH, surhetsgrad	NS 4720	<b>6.76</b>	6.5 - 8.5
Konduktivitet	ISO 7888	<b>7.6</b> mS/m	Veil.verdi 40
Turbiditet, uklarhet	NS 4723	<b>0.91</b> FTU	Maksimum 4
Fargetall	NS 4786	<b>&lt;5</b> mgPt/l	Maksimum 20
UV-absorbans		<b>0.006</b> abs/cm	

97/ 915-2 **Grunnvann ubehandlet** Tatt ut 27.05.1997  
Sted: Nettprøve

Parameter	Metode	Resultat	Forskriftens krav
pH, surhetsgrad	NS 4720	<b>6.79</b>	6.5 - 8.5
Konduktivitet	ISO 7888	<b>7.6</b> mS/m	Veil.verdi 40
Turbiditet, uklarhet	NS 4723	<b>&lt;0.05</b> FTU	Maksimum 4
Fargetall	NS 4786	<b>&lt;5</b> mgPt/l	Maksimum 20

< betyr: Mindre enn

Med hilsen

  
Morten Sørum  
Kjemiker

Kopi til:  
Kommunestyret i Lom, 2686 LOM  
Kommunelege I i Lom, 2686 LOM