

Rørbrønner

Meddelelser fra Vannboringsarkivet nr. 12.

Av

Steinar Skjeseth og Tidemann Klemetsrud.

Med 9 tekstfigurer.

I Meddelelser fra Vannboringsarkivet er tidligere gitt en orientering om grunnvann i grus og sand og en beskrivelse av de første rørbrønnene i landet.

De glacifluviale avsetningene langs vassdragene byr på de beste mulighetene for grunnvannsanlegg. Samtidig er løsavleiringene en viktig reguleringsfaktor for vann til vassdragene våre, særlig ved lav vannføring. Det vil derfor være av stor betydning å få kartlagt grunnvannsforekomstene og skaffe bedre kjennskap til disse. I forbindelse med utførelse av vannforsyningsanlegg har vannavdelingen ved NGU foretatt orienterende undersøkelser av grunnvannsforholdene for planlegging av anleggene. På Romerike er det satt i gang omfattende grunnvannsundersøkelser i de utstrakte løsavleiringene der.

I samarbeid med Vassdragsvesenets hydrologiske avdeling er det påbegynt systematiske registreringer av grunnvannsforholdene langs Rendalen og Glomdalen med sikte på å utrede grunnvannsforholdene langs vassdragene.

Det primære ved en grunnvannsundersøkelse er kartlegging av de geologiske forhold, fordeling, karakter og utstrekning av forskjellige jordarter. Jordartene og deres fordeling, kornstørrelse og sorteringsgrad er bestemmende for magasineringssevne og hvor hurtig vannet beveger seg gjennom massen. På fig. 1 er vist en kartsnis og snitt gjennom et dalføre med sandavsetninger i dalbunnen, mens dalsidene består av fjell og bunnmorene.

Nedbør og vann fra dalsidene trenger ned i løsavleiringene og fyller porene mellom kornene. Under et bestemt nivå er alle porene fylte med

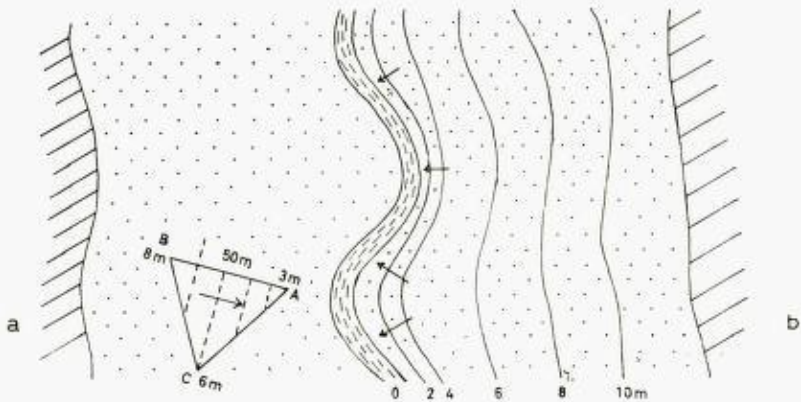


Fig. 1. Bestemmelse av grunnvannets bevegelsesretning (til venstre) og grunnvannspeil-høydekurver (til høyre).

Determination of the direction of ground water movement (left) and water table map with contours (right).

vann. Dette nivået kalles grunnvannsspeilet, og alt vann under det er grunnvann. I grunnvannspeilet er trykket lik atmosfærens trykk. Grunnvannspeilet følger stort sett terrengoverflaten, med fallende høyde mot elven. Fallet på grunnvannspeilet, eller gradienten, viser tilnærmet hvor hurtig vannet beveger seg. Et steil grunnvannspeil er betinget av fin-kornete jordarter som forårsaker langsom bevegelse. I grovkornete jordarter er vannspeilet som regel flatt på grunn av hurtig grunnvannsbevegelse.

Ved grunnvannsundersøkelser i et dalføre er det viktig å kartlegge grunnvannspeilets høyde, for derved å finne ut hvilken vei grunnvannet strømmer. I et mindre område er det nok å finne ut grunnvannstanden i tre punkter ABC — ved nedsetting av peilerør i punktene (fig. 1) Grunnvannstrømmens retning er loddrett på linjer som forbinder i samme

grunnvannshøyde. Ved tilstrekkelig mange observeringsrør kan en konstruere et grunnvannspeilkart med koter (grunnvannshøydekurver)). En kan også finne hvilken vei grunnvannet beveger seg ved tilsetning av salt eller fargestoff.

Det er innlysende at jordartenes karakter og sammensetning er avgjørende for hvor meget vann som kan opptas og magasineres. Jordartenes samlede porevolum kalles porøsitet. En del av vannet er bundet til jordpartiklene og er derfor ikke tilgjengelige. Det vannet som avgis under innvirkning av tyngdekraften kalles effektiv porøsitet. En finkornet jordart, f. eks. leire og finsand, har en større porøsitet enn grus; men vannet er sterkt bundet.

Permeabilitet angir jordartens evne til å slippe vann igjennom. Grus og sand er permeable jordarter, mens leire nærmest er impermeabel.

Jordartenes kornstørrelse, sortering, lagring og kornform er avgjørende for deres porøsitet og permeabilitet.

En må skille mellom fritt og stengt grunnvann. I et dalføre med veksling mellom permeable og impermeable lag kan grunnvann bli stengt under vannstansende lag. Vannet står der under trykk. Trykkehøyden er avhengig av utbredelsen av det vannstansende lag. Ved gjennomboring av dette vil vannet trykkes opp. Vi sier at grunnvannet er artesisk. Ved å binde sammen punkter der en har samme trykkehøyde kan en i dette tilfelle konstruere et imaginært grunnvannspeilkart.

Franskmannen Darcy utledet ved forsøk en formel til beregning av vannets hastighet i forskjellige jordarter. I et kar lot han vann med bestemt trykk strømme gjennom forskjellige jordartsprøver. (Fig. 2). Han fant at

$$Q = K \cdot F \cdot \frac{h}{l}$$

der Q = gjennomstrømmende vannmengde i m^3/sek , F = filterflate i m^2 , h = trykkehøyde i m , l = filterlengde, k = gjennomstrømningskoeffisient (permeabilitetskoeffisient) i m/sek . k er avhengig av jordartene.

Vannet bevegelseshastighet er:

$$v = \frac{Q}{F} \quad \frac{Q}{F} = k \cdot \frac{h}{l}$$

$$v = k \cdot \frac{h}{l}$$

Vannets hastighet er proporsjonal med fallet.

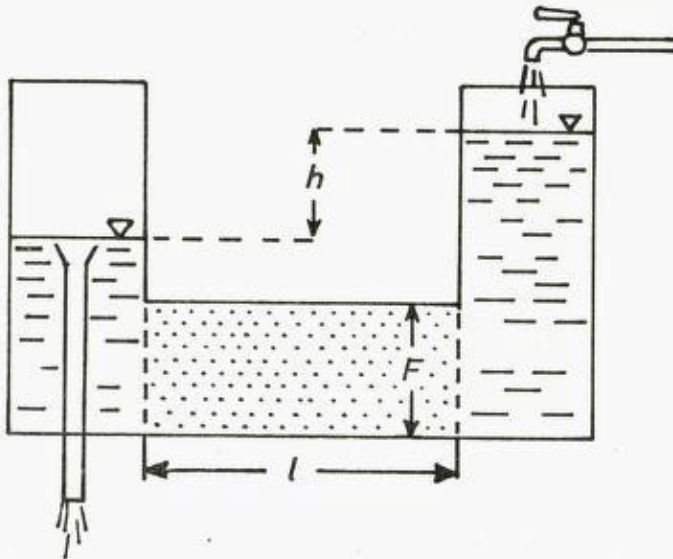


Fig. 2. Darcys apparatur for bestemmelse av vannets hastighet gjennom jordarter.

Darcy's apparatus for determination of permeability etc.

Permeabilitetskoeffisienten kan bl. a. bestemmes ved mekanisk analyse av sedimentene eller ved hydrologiske undersøkelser, f. eks. ved pumpeforsøk av brønn.

Jordartenes sammensetning bestemmes ved mekanisk analyse og kan leses ut fra kornfordelingskurve. De fineste partiklene er bestemmende for materialets hydrologiske egenskaper.

I sammenheng med dette er innført betegnelsen effektiv kornstørrelse, som er korndiameter ved 10 % gjennomfall i en siktekurve.

Hazen viste eksperimentelt at $K = 0,0116 d_{10}^2$, der d_{10} er den virksomme kornstørrelse. Formelens anvendelsesområde er betinget av sorteringsgrad. Heterogenitetskoeffisient, definert som kvotienten mellom 60 % og 10 % gjennomfall i siktekurven må være mindre enn 5.

Ved pumping av brønn vil vannet senke seg traktformet omkring brønnen. (Fig. 3). I tilfelle stillestående grunnvann vil trakten danne en rotasjonsflate. Traktens form kan bestemmes ved nedsetting av peilerør i forskjellig avstand fra brønnen. Største radius i trakten ligger i det opprinnelige grunnvannsnivå og kalles brønnens virkningsradius. Ut fra vannsenkningen i brønnen og senkningstraktens form kan en beregne lagenes permeabilitetskoeffisient ut fra ligningene.

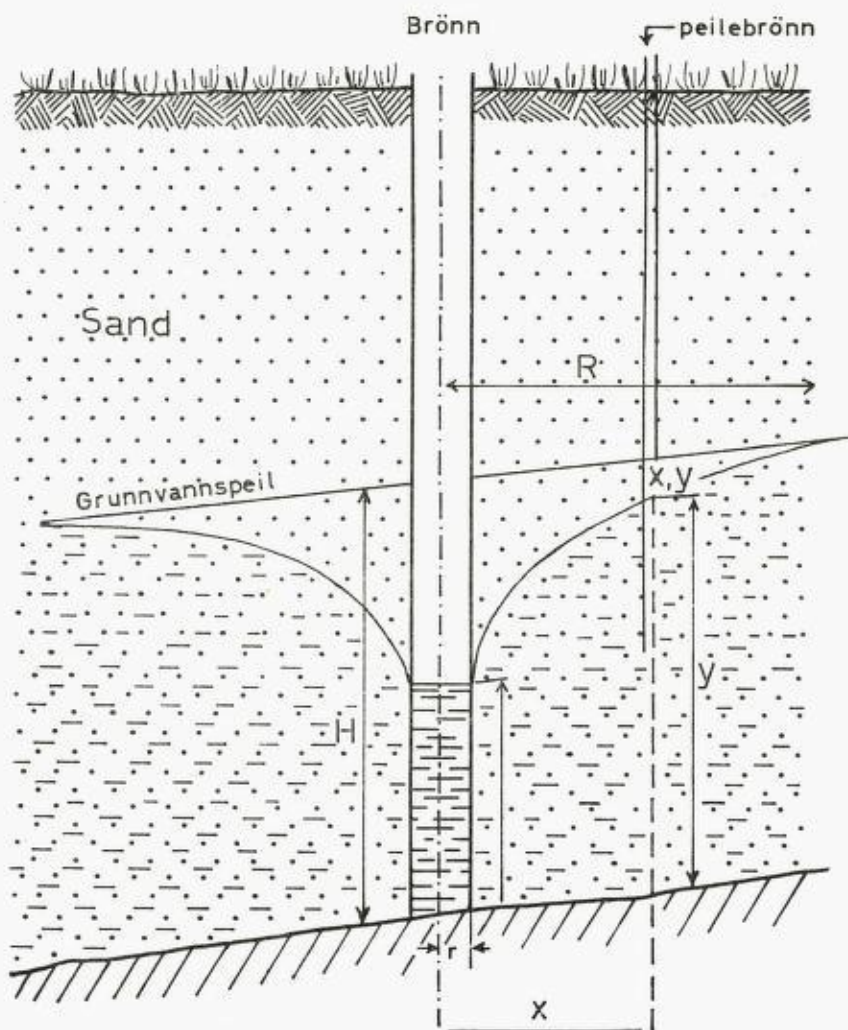


Fig. 3. Snitt gjennom brønn med senkningstrakt.

Section through water-table well, with cone of water-table depression.

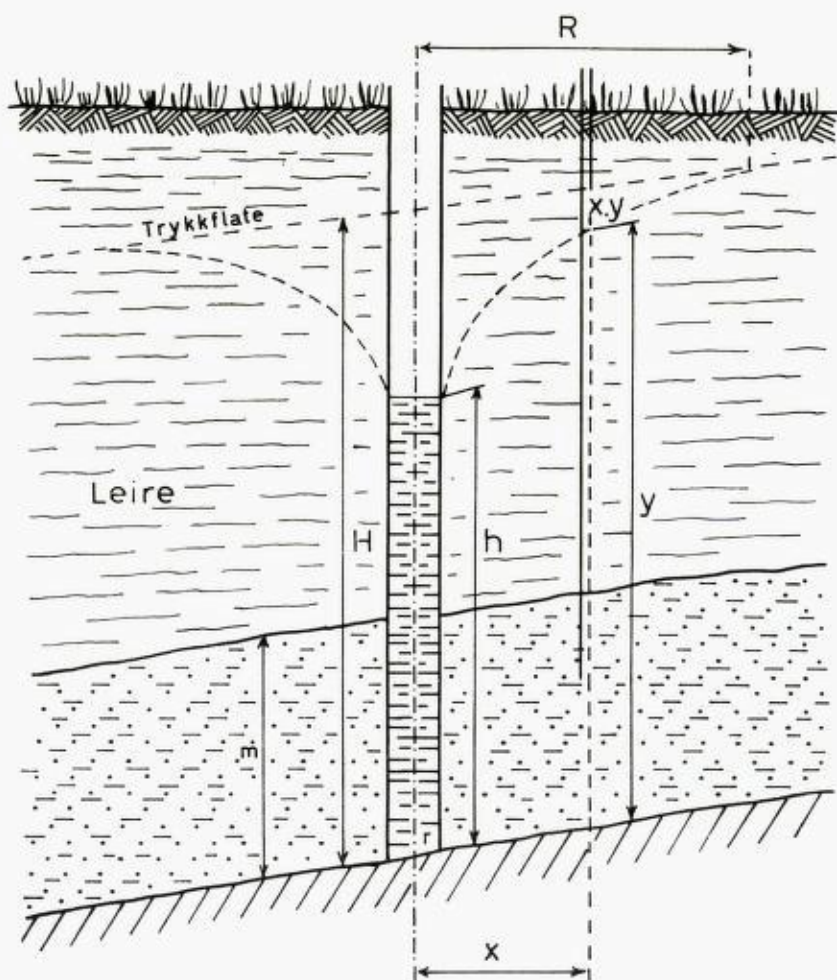


Fig. 4. Senkningstrakt ved brønn som tapper stengt grunnvann.

Section through well tapping confined ground water.

$$Z^2 \div h^2 = \frac{q}{\pi k} \quad (\ln x \div \ln r)$$

$$H^2 \div h^2 = \frac{q}{\pi k} \quad (\ln R \div \ln x)$$

$$H^2 \div Z^2 = \frac{q}{\pi k} \quad (\ln R \div \ln x)$$

$$k = \frac{q (\ln x \div \ln r)}{\pi (y^2 \div h^2)}$$

Ved stengt grunnvann som står under trykk (Fig. 4) får en:

$$Z \div h = \frac{q}{2 \pi mk} \quad (\ln x \div \ln r)$$

$$H \div h = \frac{q}{2 \pi mk} \quad (\ln R \div \ln r)$$

$$H \div z = \frac{q}{2 \pi mk} \quad (\ln R \div \ln x)$$

Vannføringen er her proporsjonal med det vannførende lagets tykkelse.

Senkningstrakten vil bli steil i finkornete jordarter og flat i grovkornete, da det skal større trykkehøyde til for å overvinne motstanden i fine jordarter.

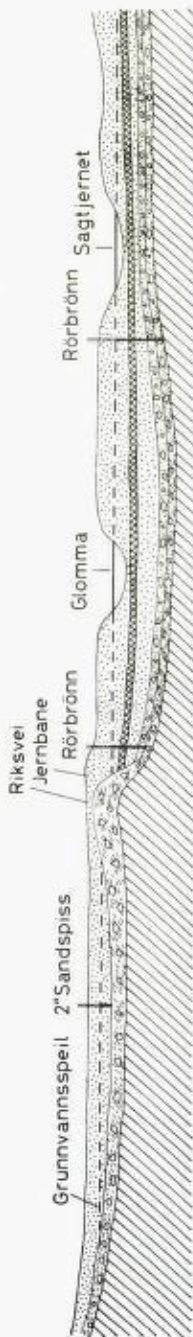
Hastigheten av vannet tiltar mot brønnen, da samme vannmengde her må strømme gjennom mindre areal. I periferien av brønnens virkningsradius er hastigheten av vannet normal. Brønnens yteevne (proporsjonal med innstrømning) avtar med senkningen. Vanntilstrømningen vil tilta med senkningen av vannspeilet. Ved å sammenholde kurvene for brønnens yteevne og tilstrømningen, vil en i skjæringspunktet for kurvene ha et mål for brønnens maksimale kapasitet og den maksimale vannhastighet. Dette betegner den beste utnyttelse av brønnen.

For å øke brønnens kapasitet kan en forlenge inntaksflate (filterflate) eller øke overflaten ved gruskasting. Ved innføring av ett eller flere konsentriske lag med filtergrus omkring filterrøret kan en øke permeabilitet og filteroverflate. Filtergrusen må tilpasses nøye til lagene omkring.

Eksempler på rørbrønner i Norge.

Østerdalen: — Grunnvannsanleggene ved Rena og Elverum er beskrevet tidligere. Det er nå bygget supplerende brønner på begge steder.

Den nye brønn til Rena kartongfabrikk gir 5000 l/min. Her ble det



foretatt grunnboringer. Ut fra grusprøvene ble det beregnet at en brønn kunne yte inntil 10 000 l/min. Grusprøvene var svært gunstige uten særlig finstoff. Det ble nytted et 14" slissefilter med 4×25 mm spalteåpning. Brøndiameter er 16,5", og filterlengde 7,5 m. Ved prøvepumping ble det tatt ut 7000 l/min. uten senkning av vannspeilet. Kontinuerlig uttak av ca. 20 000 l/min. fører ikke til merkbar senkning av grunnvannspeilet i området. Vannspeilet følger vannstanden i Glomma, men ligger over denne.

Elverum: – Rørbrønnen som ble bygget 1958 ved Sagtjernet har siden forsynt stedet med vann. I 1961 ble det besluttet å bygge en brønn på vestsiden av Glomma. Det ble foretatt grunnboringer i området ved garden Grindal. Nær jernbanen består de øvre 12 m av finsand. Fra 12–19 m og fra 21–28 m er det grov ensgradert sand. Disse to lag er adskilt ved lag med finsand. Det ble bygget en 16,5" brønn med filterlengde 7,5 m og filterdiameter 13". Etter tiltrekking av filteret ga brønnen 2500 l/min. med 4,5 m senkning av vannspeilet. Vannet fra brønnene pumpes direkte inn på vannledningsnettet. Pumpene er elektrisk drevet med automatisk inn- og utkobling. Den nye brønn på vestsiden av Glomma er plassert i et gammelt elveløp for Glomma. Det uttørrede elveløpet strekker seg fra Velfa i nord til ca. 500 m syn for Grindalen. Mot vest er løpet avgrenset av en bratt moreneskråning. Vest for denne overleires morenen av ca. 8 m finsand. Vannspeilet i disse sandavsetningene ligger på grunn av den lite permeable bunnmorenen ca. 10 m høyere enn ved Grindalen. Sandflaten omfatter Terningmo-området. (Profil fig. 5). Her er det gunstige forhold for uttak av vann

Fig. 5. Skjematisk profil som viser grunnforholdene og plassering av rørbrønnene ved Elverum.

Section across the valley at Elverum and the situation of the wells.

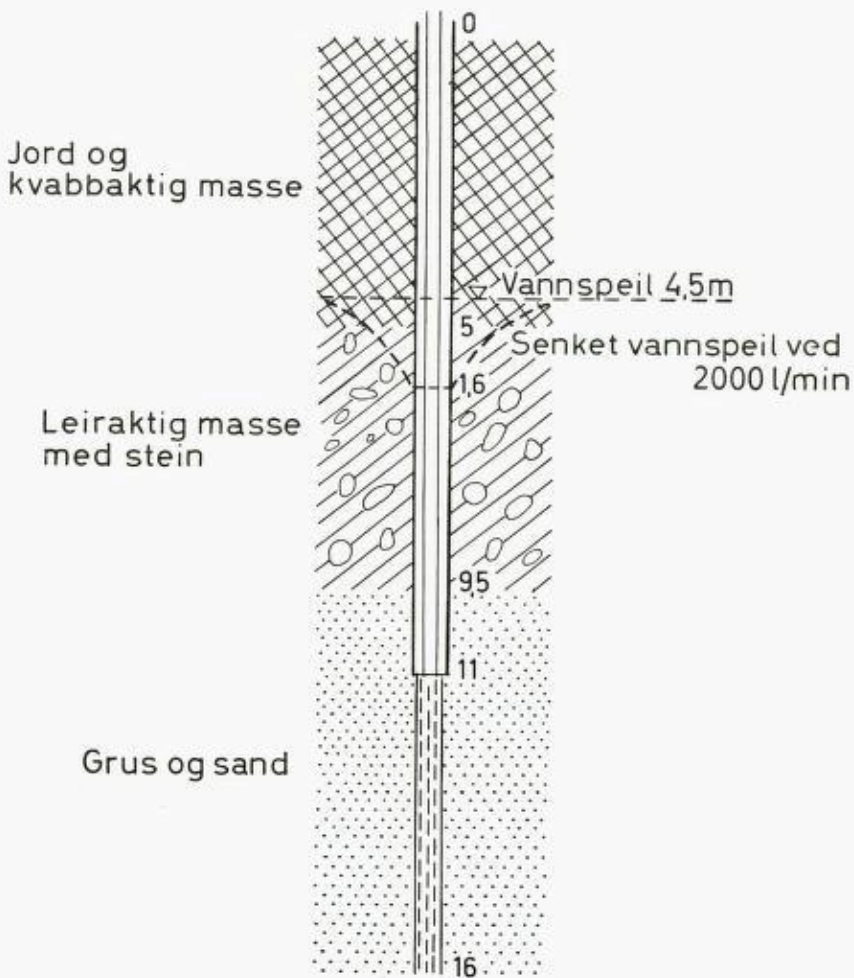


Fig. 6. Snitt gjennom rørbrønner ved Gausdal Ysteri.

Section through the well in glacial material at Gausdal.

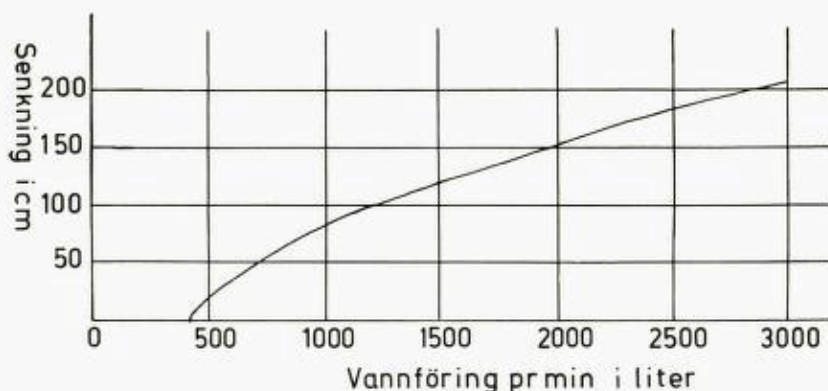


Fig. 7. Grunnvannsenkning ved prøvepumping av rørbrønn ved Gausdal Ysteri.

Drawdown during pumping test at Gausdal.

gjennom sandspisser. Grunnvannet strømmet mot Prestfossen i syd.

Gausdal: I dalbunnen i Østre Gausdal er det mektige glacifluviale avsetninger. Gausdal Ysteri har siste år bygget en rørbrønn i disse avsetningene. Tidligere fikk ysteriet sitt vann fra Vesleelven. Vannet var av dårlig kvalitet. Vest for elven er det en rullesteinsås. Ved grunnboringer ble bunnmorenen påtruffet på 16 m dyp. Her ble det bygget en 12" rørbrønn med 10" grusfilter fra 10—15,5 m. Brønnen ga 500 l/min. Vannspeilet lå ca. 0,5 m under vannstanden i Vesleelven. Dette tyder på infiltrasjon fra elvebunnen.

Vannet i brønnen var sterkt jernholdig. For om mulig å unngå jerninnholdet ble det siste år boret lenger vest langs nordsiden av veien til Vestre Gausdal, nærmere Gaussa. Her er det noe myrlendt. Dette skyldes at en i de øvre meter har en leirblandet masse som hindrer nedtrengning. En får på denne måte et hengende grunnvann. (Fig. 6).

Fra 9—16,5 m er det jevn grov sand med gruslag. Vannspeilet er ca. 6 m fra terrengoverflaten. Prøvepumping viste at vannet var av god kvalitet. I den nye brønn ble det nytt 5,5 m langt 10" slissefilter, med åpninger 4×25 mm, fra 11—16 m. Brønndiameter er 16,5" og senkningen i hovedbrønnen med kontinuerlig uttak av 2000 l/min. er 150 cm (Fig. 7).

Lillehammer — Hovemoen, Fåberg. — Vannavdelingen ved NGU har foretatt hydrogeologiske undersøkelser i området fra riksvei 50 syd for Stor-Hove landbruksskole, og i de glacifluviale avsetningene ved Hovemoen ned mot Mjøsa.

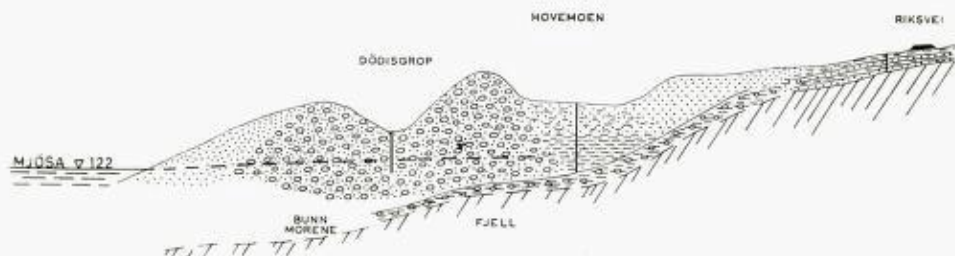


Fig. 8. Skjematisk profil fra riksvei 50 nord for Lillehammer over rullesteinsås på Hovemoen.

Simplified section from the main road north of Lillehammer through well in an esker at Hovemoen near Mjøsa.

Nord for Lillehammer er det langs riksveien laterale sandavsetninger over en leirholdig bunnmorene. Flere oppkommer er der betinget av grensen mellom sandlagene og den impermeable bunnmorenen. — Ved Lillehammer meieri er det dype sandfylte erosjonsfurer i bunnmorenen. En gravet brønn ca. 7 m dyp med innfangningsgrøfter ga der mere enn 10 000 l/time. De laterale sandavsetningene tiltar i dybde ned mot sandtak på nedsiden av jernbanelinjen. (Fig. 8).

Hovemoen er bygget opp omkring en svær rullesteinsås som strekker seg parallelt med dalen fra Lågen nedenfor Hovemoen mot Mjøsa. Asen inneholder store steinblokker som tildels ligger på overflaten. Dette sammen med dype dødisgropene viser at åsen er dannet subglacialt. I en av disse gropene ble bygget en rørbrønn. Bunnen av gropen er helt tørt med furuskog. Dette tydet på permeable avsetninger. Helt ned til 25 m dybde er det rullestein uten særlig finere materiale. Grunnvannspeilet ligger på 17 m dyp. Rørbrønnen er her utført nær kjernen av rullesteinsåsen, der det er mulighet for uttak av store vannmengder.

Mellom rullesteinsåsen og dalsiden østenfor er det en flate med fin-kornete sedimenter. Midt på flaten er det en veksling mellom finsand, mo og leire ned til 40 m dybde der bunnmorenen ble påtruffet ved boring.

Dokka: — Dokka vannverk hadde tidligere sitt vanninntak i Dokka-elven ca. 500 m ovenfor veibroen til Etnedal. Store temperatursvingninger og underkjølt vann om vinteren medførte unormalt stort vannforbruk og frysing av vannledningene i vinterhalvåret. En regnet med at det ville være en stor fordel å få grunnvann med konstant og høyere temperatur inn på nettet.

Det ble først bygget en rørbrønn nær Dokkaelven. Massen der var dårlig sortert, og brønnen ga lite vann. Videre undersøkelser ble foretatt på flaten østenfor. Her støter flaten sammen med skråningen av en øvre terrasse og delta ved Dokka. Det øvre delta viser en tydelig skrånning med fall mot Dokka-bebyggelsen. Ved foten av skrenten er det ca. 10 m løst pakket sand og grus. Vannspeilet er 2 m fra terrengoverflaten. En 16,5" brønn med 12" slissefilter, 4×25 mm ga 1200 l/min. med 1,50 m senkning. Vannet var litt jernholdig. Temperaturen av vannet ble målt i løpet av et år og varierte fra 5—7° C. Anlegget ble tatt i bruk vinteren 1961—62.

Etne, Sunn-Hordland. Etne ligger på en sandterrasse som er begrenset av fjell på sidene. Terrassen ligger 8—9 m over sjøen ved Etne og strekker seg ca. 1 km inn i landet, der den støter mot høyereliggende terrasser. Terrassen gjennomskjæres av Etne-elven.

Sommeren 1960 ble det foretatt grunnundersøkelser for å finne muligheter for grunnvannsforsyning til Etne meieri og bebyggelsen på stedet. Meieriet ligger nær sjøen og hadde sin vannforsyning fra en 3 m dyp brønn. Vannstanden var ca. 1/2 m over havnivået. Ved stort uttak av vann fra brønnen med senking av vannspeilet fikk en brakkvann. Ved boring fant en at ferskvannlaget var ca. 4 m dypt. Grunnvannet var dessuten svært jernholdig og uegnet til de fleste formål. Vannspørsmålet lot seg ikke løse ved boring nær meieriet. Det ble forsøksvis boret lenger inne på terrassen ca. 500 m fra sjøen i 8—9 m høyde over havet nær Etne-elven. En fant der at de 22 øvre meter besto av løst lagrete sedimenter som ligger på et fast underlag. De øvre 3 m besto av en dårlig sortert masse med stein. Fra 3—9 m var det sand, og fra 9—14 m sand og grus i løs lagring. Så fulgte et tett lag med sinstoff fra 14—18 m. Under dette laget var det igjen et 4 m tykt gruslag. (Fig. 9).

Etter sonderboring ble det foretatt prøvepumper og utspyling av jordartsprøver fra forskjellig dybde. Det vannførende lag fra 6—14 m hadde en gunstig kornfordeling. Vannet var dessuten av god kvalitet. Laget fra 14—18 m inneholdt leire og er impermeabelt. Fra 18—22 m ble det konstatert brakkvann av samme type og kvalitet som brakkvannskiktet ved meieriet.

Høsten 1960 ble det bygget en 8" rørbrønn med 6" filter påstøpt filter-sand, fra 8—13,5 m dyp. Brønnen gir ca. 400 l/min. Det er muligheter for uttak av langt større vannmengder.

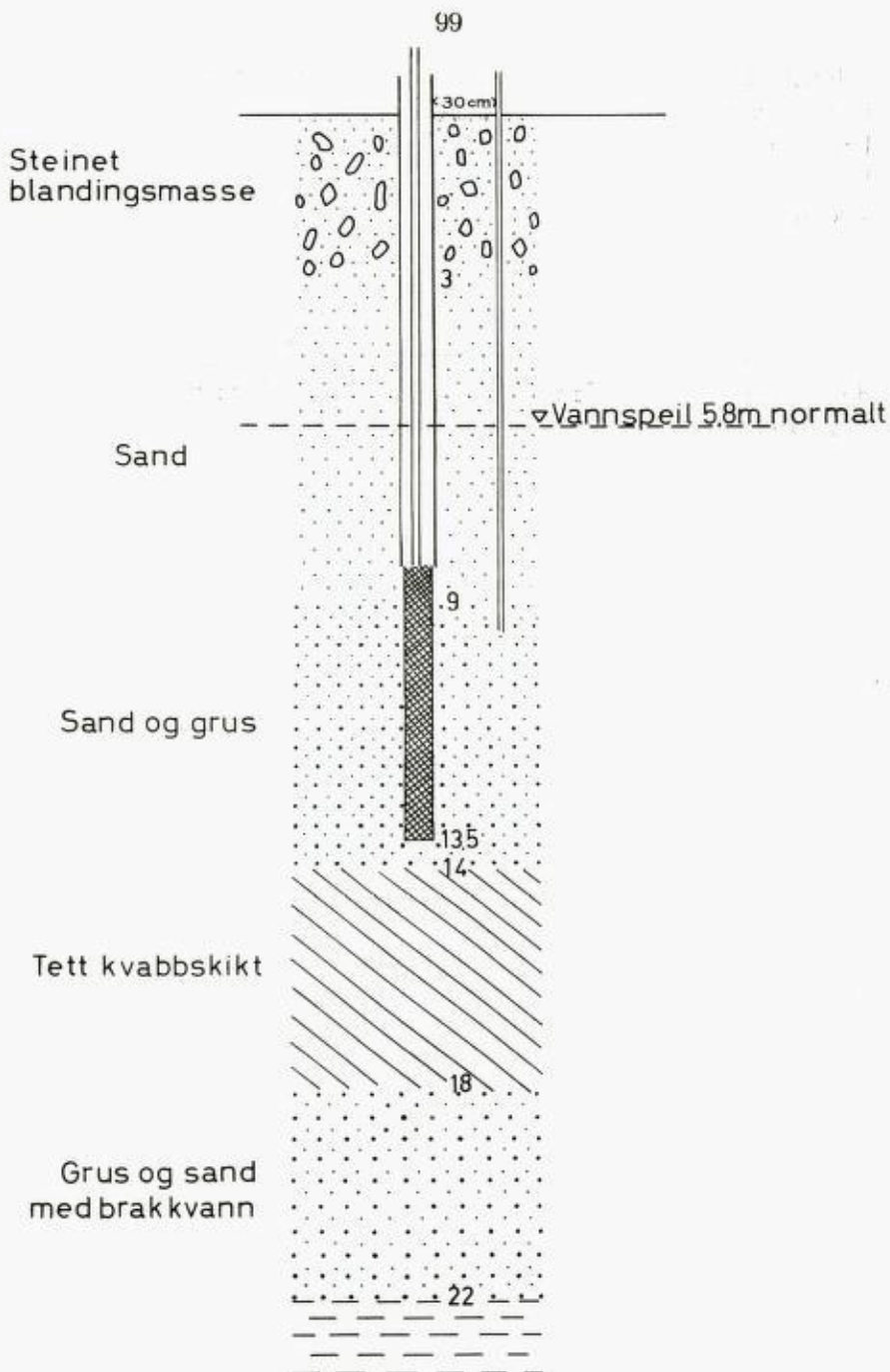


Fig. 9. Snitt gjennom rørbrønn ved Etne i Hordaland.

Section through well in delta at Etne in Hordaland.



Forsøksboringene og brønnen ved Etne gir en orientering om de muligheter som finnes for grunnvannsanlegg i delta-avsetningene nær utløpene av flere elver. Billige vannanlegg kan på denne måten lages til bebyggelse og til industrianlegg som finnes eller aktes reist på disse stedene.

Summary.

Screened wells.

During the last years several screened wells are build in glacifluvial deposits in different valleys in Norway. The yield of the wells are 1000—7000 l/min. The quality of the water is very satisfactory.