

# NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL AS

JAN FRIIS

JAN FRIIS, MNIF, MRIF  
ODD S. HOLM, MNIF, MRIF  
GUNNAR DAGESTAD, MNIF, MRIF  
ALF G. ØVERLAND, MNIF



RÅDGIVENDE INGENIØRER

ADRESSE: Thv. Meyers gt. 9.  
TELEFON: 68 92 90

Deres ref.:

Sak nr. og ref.: JHB/R

Oslo 2, 6. mars 1967

Solheim offentlige skole.

Lunner.

Grunnundersøkelser.

Tegning nr. 6001-1,-2,-3.

Bilag 1 og 2.

## A. INNLEDNING.

Et nytt skolebygg skal oppføres på Solheim offentlige skole, Lunner, nord for de eksisterende bygninger. Samtidig er det planlagt et kloakkrenseanlegg syd for skolen.

Prosjektet tegnes av ark. MNAL Jordan & Jordan. Rådgivende ingeniører i byggeteknikk er Ingeniørene H.C. Sandbeck & Co., og Siv.ing. Arentz er konsulent for V.V.S.-anlegget.

Vårt firma er engasjert som rådgivende ingeniører i geoteknikk og har i denne forbindelse utført de nødvendige grunnundersøkelser. I tillegg til de boringer som er utført for skolebygget og renseanlegget, har vi foretatt utstikning og boring til fjell eller fast grunn med 10 m intervaller langs det planlagte ledningsnettet.

Undersøkelsene i marken ble utført i november 1966. Kopier av foreløpige tegninger med resultater av undersøkelsen er tidligere oversendt bygningsteknisk konsulent og V.V.S.-konsulenten.

## B. UNDERSØKELSER I MARKEN OG LABORATORIET.

Markundersøkelsene har bestått av en rekke sonderboringer med slagbor for å bestemme dybdene til fast grunn og fjell. Dessuten ble det for renseanlegget utført en del boringer med maskinelt dreiebor. Tre prøvesjakter ble utgravd for nærmere å kunne bestemme arten av løsavleiringene over fjell, samt grunnens geotekniske data.

Alle utstikninger og boringer er foretatt i punkter på forhånd fastlagt av V.V.S.-konsulenten og den bygningstekniske konsulent.

Vi viser til bilag 1 og 2 for beskrivelse av utstyr og undersøkelsesmetoder.

## C. GRUNNFORHOLD.

Boringenes og prøvesjaktens beliggenhet er vist på borplanen, tegning nr. 6001-1. Ved alle borhull er påført kotehøyder på nåværende terreng og dybder til fast grunn eller fjell.

Ved det prosjekterte skolebygg varierer dybdene til fjell fra 0 i det nordvestlige hjørne til ca. 2 m i det sydøstlige hjørne av øst-fløyen. Løsavleiringene består vesentlig av siltig tørrskorpeleire iblandet noe grus og stein. Innholdet av humufiserte organiske bestanddeler er høyt i topplaget, men ble funnet å være mindre enn en prosent i jordmassene under dybde 0.25 m.

De utgravde prøvesjaktene viser at det kan graves med vertikale skråninger uten fare for utrasinger. Det ble ikke observert grunnvann i prøvesjaktene.

Det planlagte renseanlegget er plassert i en naturlig forsenkning i terrenget ca 200 m sydvest for skoleområdet. Beliggenheten av de utførte boringer og prøvesjakt nr. 3 er vist i detalj i målestokk 1:100 på borplanen. Dybdene til fjell varierer fra 1.8 m i nord til ca. 5.6 m på midtpartiet av det planlagte anlegget. Prøvesjakt 3 ble gravd ned til 2.8 m dybde uten at utrasing fant sted.

I sjakt 3 er det torv til dybde ca. 1.7 m. Under torven finnes et ca. 30 cm tykt lag med siltig gytje. Så følger et 60 cm tykt sandig og grusig leirlag. I bunnen av utgravningen var det sand, grus og stein.

Et vannførende skikt ble observert i torvlaget ca. 1 m under terreng.

På tegning nr. 6001-3 er vist terrengprofiler og antatte fjellprofiler for renseanlegget. Profilenes beliggenhet er vist på borplanen.

De utførte boringer langs ledningstracéene viser at dybden til fjell er relativt liten med variasjonsområde fra 0.2 m til ca. 1.8 m langs hele tracéen. I noen ganske få borpunkter nord og syd for kote 17 ligger fjellet dypere enn 1.8 m. En må ellers regne med å måtte sprengre for det aller meste av ledningsnettets. Det er ikke blitt foretatt boringer i fjell og fjellets beskaffenhet er derfor ikke kjent.

NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A/S  
Jan Friis

*A.G. Øverland.*  
A.G. Øverland.

*J. H. Bertnes*  
J. H. Bertnes.

## Boringsutstyr. Opptegning av resultatet av sonderboringer

### HENSIKTEN MED MARKARBEIDET

Sonderboringer med forskjellige typer redskap brukes for å få den første orientering om dybdene til fjell eller fast grunn samt art og lagringsfasthet av massen. Ved sonderboringer finnes «antatt fjell» og orienterende verdier for massens geotekniske egenskaper.

Ved prøvetaking og laboratorieundersøkelsen av prøvene fåes nøyaktige data for prøvenes geotekniske egenskaper. Prøveseriene plasseres på grunnlag av resultatet av sonderboringer og det foreliggende tekniske problem, slik at de best mulig blir representative for byggegrunnen.

Undersøkelsene i marken kan foruten sonderboring og prøvetaking omfatte måling av grunnvannstanden eller porevannstrykket ved piezometere, vinge-boring for skjærfasthetsbestemmelse, belastningsforsøk direkte på grunnen eller på peler, setningsobservasjoner osv.

### DREIEBOR

er 20 mm spesialstål i 1 m lengder som skrues sammen med glatte skjøter og som nederst har en 30 mm skruespiss. Boret belastes med 100 kg og dreies ned for hånd eller motor.

Motstanden mot boret tegnes opp med en tverrstrek på borchullet dit borspissen er nådd for hver 100 halve omdreining. Antall halve omdreininger påføres høyre side av borchullet.

Skravert borchull angir at boret er sunket uten dreining for den belastning som er påført venstre side av borchullet. Er borchullet merket med kryss betyr det at boret er slått ned.

Dreiboret gir forholdsvis god orientering om art og lagringsfasthet av den masse som det bores gjennom.

### RAMSONDERING

utføres med 32 mm borestål i 3 m lengder som skrues sammen med glatte skjøter og som nederst har en 40 mm sylindrisk spiss. Boret rammes ned ved hjelp av et falllodd på 75 kg, som føres på borstangen og drives av en motornokk.

Rammearbeidet registreres som det antall slag med fallhøyde 50 cm som skal til for å drive boret ned 50 cm. Resultatet tegnes opp ved å avsette rammemotstanden

$$Q_0 = \frac{\text{Vekt av lodd} \times \text{fallhøyde}}{\text{Synkning pr. slag}} \quad (\text{tm/m})$$

som funksjon av dybden.

$Q_0 = 1-3$  tm/m tilsvarer en løs grunn.

$Q_0 = 10-20$  tm/m tilsvarer en fast grunn.

Ramboret har normalt større nedtrengningsevne enn dreieboret, men gir mindre pålitelige opplysninger om arten av jordmassene. Ramboret gir gode opplysninger om den dybde peler må rammes til for å oppnå den forutsatte bæreevne.

### SPYLEBOR

består av  $\frac{3}{4}$ " rør som spyles ned i grunnen ved hjelp av trykkvann fra lednings-nettet eller fra en motorpumpe. Spyleboret er nederst forsynt med en spylespiss med tilbakeslagsventil og øverst en vannsvivel. Spyleboret er egnet for oppsøkning av fjell i finkornet masse, men boret stopper lett i grove masser. Spyleboret gir i allminnelighet ikke pålitelige opplysninger om grunnens art.

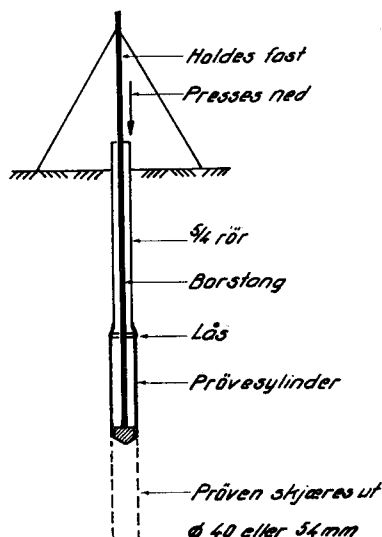
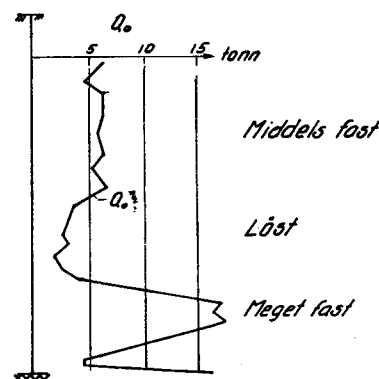
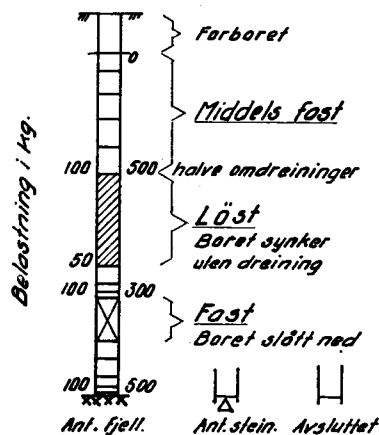
### PRØVETAKING

De vanlig brukte prøvetakere er 40 og 54 mm stempelbor. Begge prøvetakere består av en tynnvegget sylinder, som forbindes opp til terrengoverflaten ved hjelp av  $\frac{5}{8}$ " rør. Nederst i sylindren er et stempel som er forbundet til overflaten med borstenger. Stempelet er fastlåst i sylindrens nedre ende når prøvetakeren presses ned til ønsket dybde. Når en prøve skal tas, frigjøres låsen, stempelet holdes fast og sylindren presses ned ved hjelp av forlengelsesrørene og skjærer ut prøven.

Prøvetakeren trekkes opp og etter forsegling med voks blir prøvene sendt til laboratoriet for undersøkelse.

### RAM-PRØVETAKERE

brukes i meget fast masse. De er i prinsippet som 40 og 54 mm prøvetaker, men vesentlig solidere, slik at de kan rammes ned i grunnen. Prøvene blir ikke uforstyrrede, men blir representative for grunnen hva de øvrige geotekniske egenskaper angår.

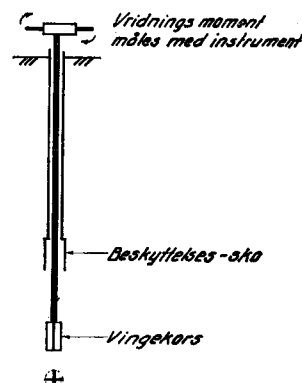


## RØRKJERNEBOR

(tubkjernebor) brukes til prøvetaking i faste masser. Et 3" foringsrør med spesiell sko og slagstykke rammes ned med et 150 kg fallodd. Prøver av massen trengs opp gjennom skoen og inn i et indre rør som av og til tas opp og tømmes for prøvemasse.

## VINGEBOR

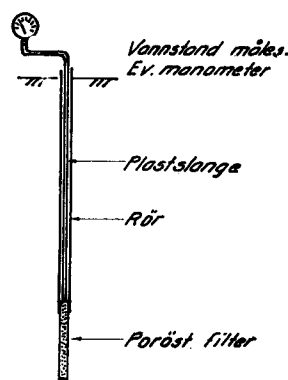
brukes for direkte bestemmelse av leirens skjærfasthet i marken uten å ta opp prøver. Et vingekorset som ligger inne i en beskyttelsessko føres ned til 60 cm over den dybde det skal måles og vingekorset skyves ut av beskyttelsesskoen og ned i leiren. Vingekorset er forbundet opp med borstenger, som gjør det mulig å dreie vingekorset rundt ved hjelp av et instrument som samtidig registrerer det maksimale torsjonsmoment ved brudd i leirmassen rundt vingekorset. Skjærfastheten finnes av en kalibreringskurve.



## PORETRYKKSMÅLING. BESTEMMELSE AV GRUNNVANNSTANDEN

Et piezometer for måling av porevannstrykket eller grunnvannstanden er et sylindrisk porøst filter med 32 mm diameter. Filteret presses ned i bakken ved hjelp av forlengelsesrør. Fra filteret går et stigerør av plast opp gjennom røret. Poretrykket bestemmes ved måling av vannstanden i røret ved et elektrisk instrument eller ved et tilkoblet manometer.

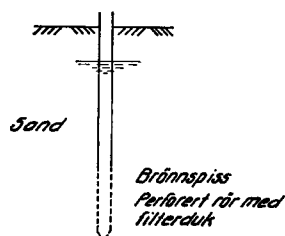
En brønnspiss brukes til å finne grunnvannstanden i grov sand og grus. Vannstanden måles direkte i røret.



## FJELLKONTROLLBORING

foregår med vognbormaskiner av type Atlas Copco BVB-21. Bormaskinen er montert på en føring på en vogn. Mating og opptrekk skjer via kjedetrekk fra en luftmotor. Til boringen brukes 32 mm borstenger i 3 m lengder, som skjøtes ved hjelp av muffer med repgjenger. Det brukes vanligvis 48 mm hardmetallkrysskjær og vannspyling. Maskinen krever en ca. 9 m<sup>3</sup>/min. kompressor og 6 at. lufttrykk.

Med dette utstyr kan bores gjennom all slags grunn fra leire til steinfylling. Overgangen mellom løs masse og fjell konstateres ved øket bormotstand og ved at boringen gir jevn fremdrift i fjell. Det bores vanligvis 3—5 m ned i fjellet for å påvise fjellets beliggenhet med full sikkerhet.



## ROTASJONSBORING

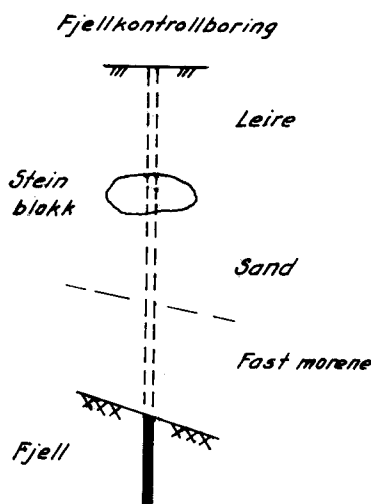
foregår ved hjelp av en diamanbormaskin, som roterer og mater et rør ned gjennom massen. Røret er nederst påskrudd hardmetall- eller diamantroner. Inne i røret føres borstenger som nederst har et kjernebor med påskrudd hardmetall- eller diamantroner for boring gjennom større stein og for boring ned i fjellet for påvisning av fjellets beliggenhet med full sikkerhet. Man får kjerner av større stein og av fjellet, men kun lite representative prøver av den masse som ligger over fjellet. Til kjøling av kroner og stabilisering av borchullet brukes enten vannspyling eller spyling med tung borvæske.

## HJELPEUTSTYR

består av rør av forskjellig art som kan senkes, spyles eller rammes ned i grunnen for utføring av borchullet, og som ofte er forsynt med en rammespiss som kan tas ut av røret når dette er rammet ned til ønsket dybde.

Tung borveske brukes i stor utstrekning ved prøvetakning i sand og grus. Borvesken består bl. a. av oppslemmet bentonit eller leire og hindrer borchull i sand fra å rase sammen.

I spesielle tilfeller blir borvesken pumpet ned gjennom en meisel som løsner massene ved bunnen av borchullet.



Det brukes motornokker, motorpumper og bortårn som muliggjør at redskapen kan heises opp til 20 m i luften over bakken uten å skru av rør.

Nedtrykingsåk og forankringsrammer, sandpumper, verktøy, arbeidsbrakker osv. er vanlig hjelpeutstyr.

## Geotekniske definisjoner. Laboratorieundersøkelse av prøver

### LEIRE

er et meget finkornig materiale med kornstørrelser ned til noen tusendels millimeter, og hvor omtrent halvparten av volumet opptas av vann. Ved en økning av belastningen oppstår porevannstrykk, som etterhvert ebber ut. Denne konsolidering krever tid og medfører setninger og bare en langsom økning i fasthet.

### SAND

er et grovkornet materiale, hvor porene kan utgjøre 20—60 % av volumet. Ved en belastningsøkning vil porevannstrykket straks dreneres ut og setningene og fasthetsøkningen kommer raskt.

**SILT** (MOSAND og MJELE eller KVABB) er mellomjordarter med kornstørrelse 0,002—0,006 mm.

### MORENE

er en usortert istidsavleiring inneholdende alle kornstørrelser fra leire til store stein. Det skilles mellom grusig, sandig og siltig morene samt moreneleire ut i fra den kornstørrelsen som dominerer jordarten.

### SKJÆRFASTHETEN ( $k$ , $S_u$ eller $\tau_f$ )

av en leire bestemmes ved konusforsøk eller ved trykkforsøk med uhindret sideutvidelse på uforstyrrede prøver. Ved trykkforsøket settes skjærfastheten lik halve trykkfastheten. Ved konusforsøket måles nedsynken av en konus med bestemt form og vekt og den tilsvarende skjærfasthetsverdi tas ut av en tabell.

Ved konusforsøk, enaksiale trykkforsøk eller vingebor bestemmes den udrenerte skjærfasthet hvis anvendelse i geotekniske beregninger er betinget av at belastningene påføres såvidt hurtig at jordarten ikke får anledning til å avgis eller oppta vann og endre sin skjærfasthet tilsvarende.

Skjærfastheten uttrykkes i  $t/m^2$  og opptegnes oftest i diagram på tegningene med angivelse av bruddformasjonen.

### SKJÆRFASTHETSPARAMETRENE ( $c'$ og $\varphi'$ )

(«tilsynelatende kohesjon og friksjonsvinkel») bestemmes ved triaksialforsøk og angir hvorledes skjærfastheten varierer med spenningen. En sylindrisk prøve omsluttet med en gummihud og får konsolidere med fri drenering under allsidig vanntrykk i en trykkselle. Prøven blir dernest belastet aksialt til brudd, mens porevannstrykket måles. Resultatet av flere forsøk med forskjellige konsolideringstrykk fremstilles i et Mohr's diagram hvor skjærfastheten angis som funksjon av de effektive hovedspenninger.

Skjærfasthetsparametrene må kjennes for å kunne utføre beregninger hvor det må tas hensyn til endringene i grunnens skjærfasthet som følge av endringer i belastningene og porevannstrykket.

### SENSITIVITETEN ( $S$ )

er forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og i omrørt tilstand, som bestemt ved konusforsøk. Sensitiviteten varierer vanligvis ved norske leirer mellom verdier på ca. 3 til verdier større enn 100 (kvikkleirer).

### RELATIV FASTHET ( $H_1$ )

er et sammenligningstall som gir uttrykk for hvor løs en leire er i omrørt tilstand.  $H_1$  bestemmes ved konusforsøk og varierer vanligvis mellom verdier på ca. 80 til verdier under 1.

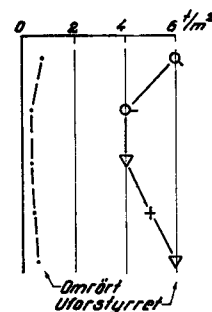
Vi definerer en kvikkleire som en leire med  $H_1$  mindre enn 3,0, hvilket tilsvarer en flytende konsistens.

### VANNINNHALDET ( $W$ )

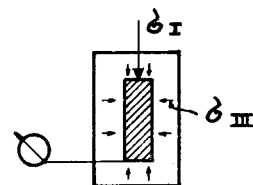
angir vekten av vann i % av vekten av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørring under  $110^\circ \text{C}$ .

Ved sandprøver kan det bero på tilfeldigheter hvor meget vann det er i porene. Vanligvis oppgis det vanninnhold som tilsvarer vannfylte porer ved den målte porøsitet.

Normalt vanninnhold i norske leirer ligger på omkring 35 %. Høyt vanninnhold tyder på høy kompressibilitet.



○ Trykkforsøk  
% deformasjon ved brudd  
▽ Konusforsøk  
+ Vingebor



**FLYTEGRENSE ( $W_L$ ) og UTRULLINGSGRENSE ( $W_P$ )**

(Atterbergs grenser) er det vanninnhold hvor en omrørt leire går over fra plastisk til flytende konsistens henholdsvis fra plastisk til smuldrende konsistens.

Vanninnhold, flytegrense og utrullingsgrense settes gjerne opp i et felles diagram, som gir oversikt over karakteristiske egenskaper ved leirlagene.

**PORØSITETEN ( $n$ )**

er volumet av prøvene i % av totalvolumet av prøven. En leire har normalt porøsitet på omkring 50 %. En sand kan ha porøsiteter fra ca. 20 % til ca. 60 %. En høy porøsitet tyder på høy kompressibilitet.

**PORETALLET ( $e$ )**

er definert som forholdet mellom porevolumet og volumet av fast stoff i en prøve.

**ROMVEKTEN ( $\gamma$ )**

er vekten pr. volumenhet av prøven. Romvekt, vanninnhold og porøsitet er sammenhengende verdier ved vannfylte prøver og er alle uttrykk for lagringsfastheten.

**TØRR ROMVEKT ( $\gamma_D$ )**

er vekten av tørrstoffet pr. volumenhet av en prøve.

**PAKNINGSFORSØK (Proctor-forsøk)**

utføres for å bestemme hvorledes en jordart best kan komprimeres (sammenpakkes). Prøver av den masse som skal undersøkes innstemples i en sylinder ved forskjellige vanninnhold. Komprimeringsarbeidet holdes konstant (6 kgm/cm<sup>3</sup> eller 25 kgm/cm<sup>3</sup>) og for hvert forsøk bestemmes tørr romvekt og vanninnholdet. Resultatene fremstilles i et diagram der tørr romvekt vises som funksjon av vanninnholdet.

Proctor-maksimum er den maksimalt oppnådde tørre romvekt. Det tilsvarende vanninnhold betegnes som det optimale vanninnhold.

**HUMUSINNHALDET ( $o$ )**

blir bestemt ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humusferte organiske bestanddeler tilnærmet i % av tørrstoff. Det tallmessige uttrykk har sin verdi bare for sammenligning. Høye humusinnhold på 2—3 % gir høy kompressibilitet og lang konsolideringstid.

**KOMPRESSIBILITETEN**

måles ved ødometerforsøk, hvor en leirprøve påføres belastning trinnvis og sammentrykningen avleses på hvert belastningstrinn for bestemte tidsintervaller. Ved forsøket bestemmes jordartens sammentrykningstall og konsolideringskoeffisient som gir grunnlag for beregning av setningens størrelse og tidsforløp.

**KORNFORDELINGSANALYSE**

utføres ved siktning fra fraksjonene større enn 0,012 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes i vann og suspensjonens romvekt måles med bestemte tidsintervaller ved et hydrometer. Kornfordelingskurven beregnes ut fra Stokes lov om partiklers sedimentasjonshastighet.

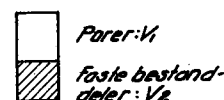
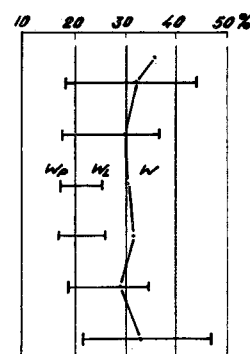
**TELEFARLIGHET**

bestemmes ut fra kornfordelingsanalysen og den kapillære stighøyde i massen som måles i et kapillarimeter. Telefariheden graderes i gruppene T 1 (ikke telefarih), T 2 (lite telefarih), T 3 (middels telefarih) og T 4 (meget telefarih).

**PERMEABILITETSKOEFFISIENTEN ( $k$ )**

er definert ved Darcys lov,  $V = k \cdot I$ , hvor  $V$  er strømningshastigheten av porevannet og  $I$  er gradienten.  $k$  uttrykkes vanligvis i cm/sek. og ligger for leirer i området  $10^{-6}$  til  $10^{-9}$  cm/sek. og for sand i området  $10^{-1}$  til  $10^{-3}$  cm/sek. Under en gradient på  $I = 1$  kan strømningshastigheten i fet leire følgelig være så liten som 1 cm i året.

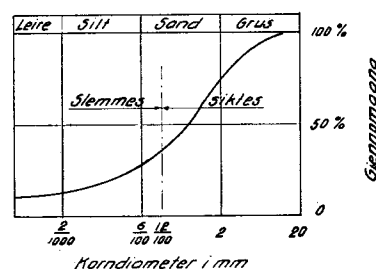
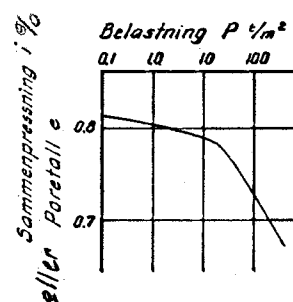
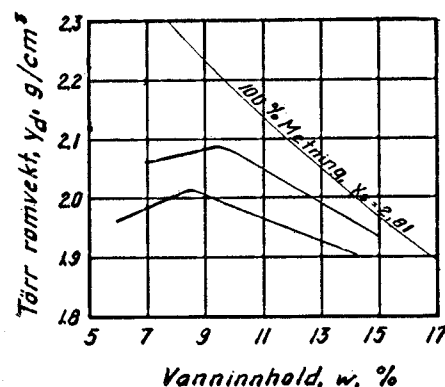
Permeabilitetskoeffisienten kan beregnes ut fra tidsforløpet ved ødometerforsøk eller kan bestemmes ved direkte forsøk, hvor det måles den vannmengde som går gjennom en prøve med et bestemt tverrsnitt under kjent trykkfall.



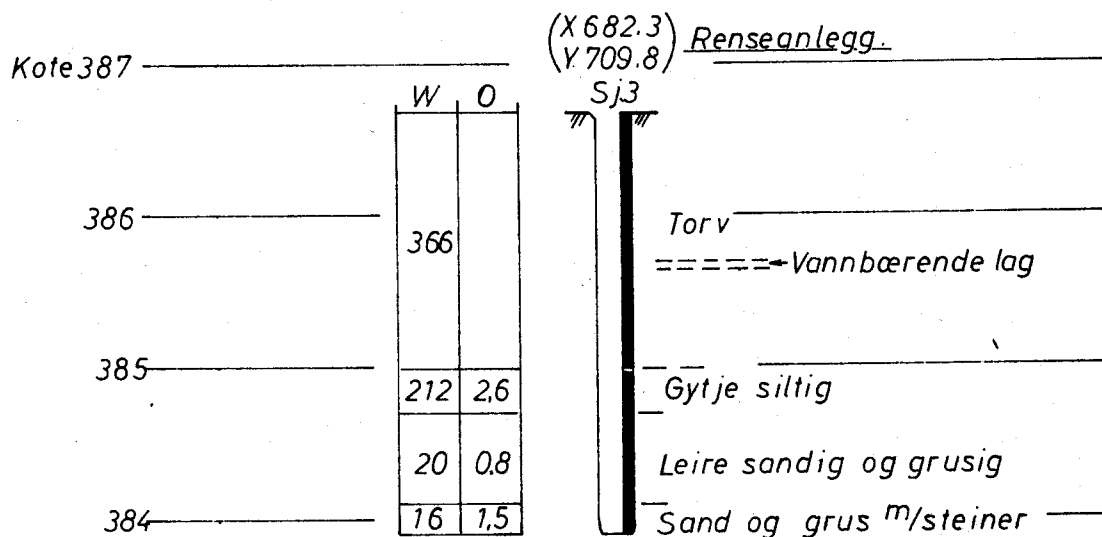
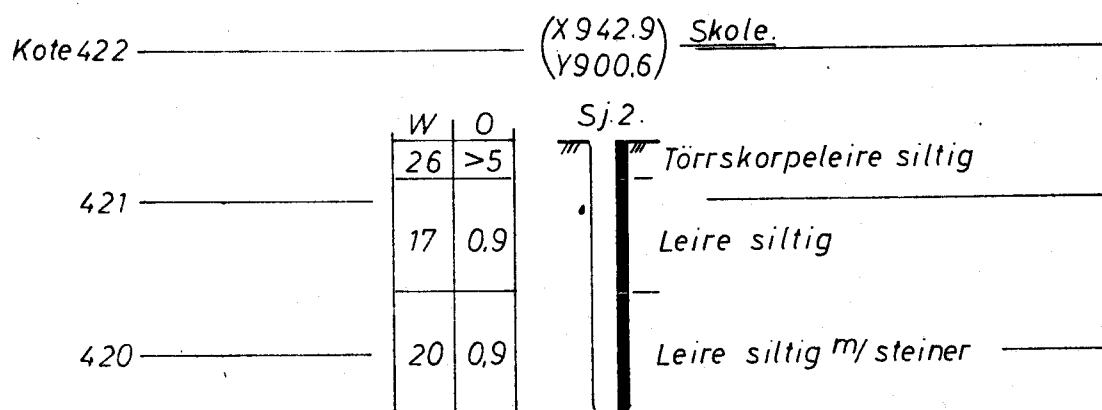
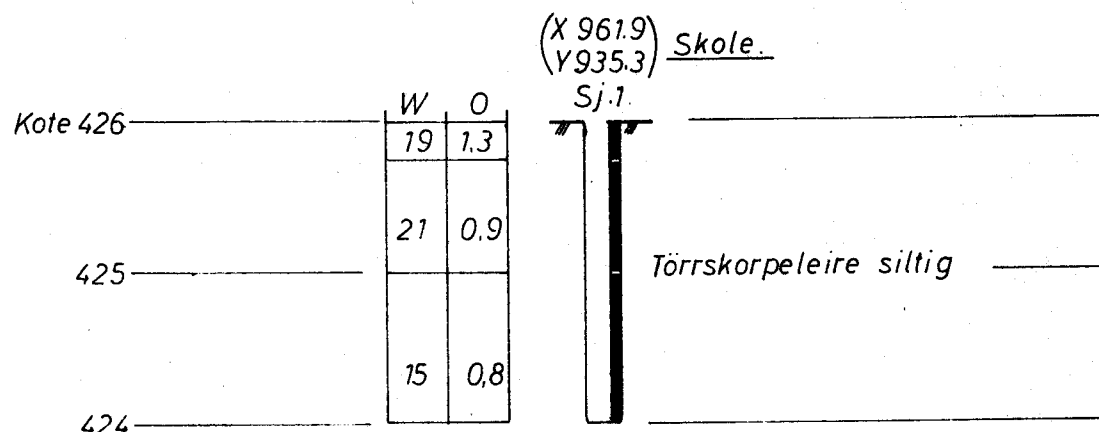
$$n = \frac{V_1 \cdot 100}{V_1 + V_2}$$

$$e = \frac{V_1}{V_2} = \frac{n}{1-n}$$

$$w = \frac{n}{1-n} \cdot \frac{1}{s_g} \%$$



Ang.: Prövesjakter.



M=1:50