

Rapport 2528.01 20.8.1968

Grunnundersøkelser og geoteknisk vurdering
for Auditorium Maximum

Norges Landbrukshøgskole, Ås

INNHALDSFORTEGNELSE

Innledning Side 1

Markarbeid og laboratorieundersøkelser

Seismiske målinger " 1

Grunnboringer " 2

Laboratorieundersøkelser " 3

Grunnforhold " 3

Fundamenteringsforhold

Fundamentering " 5

Utgravning " 8

BILAG OG TEGNINGER

Bilag 0(G) : Tegningssymboler

Bilag 0-1 til 0-4(G):Geotekniske undersøkelser, metoder
og definisjoner

Bilag 0-1 til 0-3(S):Seismiske målinger

Bilag 1 - 2 : Borprofiler for prøveserier

Bilag 3 - 6 : Diagrammer for kornstørrelsesfor-
delingsanalyse

Tegning 2528 - 2 : Situasjonsplan

Tegning 2528 - 3 : Oversiktskart, grunnundersøkelser

Tegning 2528 - 4 og 5: Profil I og III, grunnboringer

Tegning 2528 - 6 til 8:Profil I til III, seismiske målinger

INNLEDNING

A/S Sivilingeniør O. Kjølsen har i brev av 28/5-68 fra Apeland & Mjøset A/S fått i oppdrag å utføre grunnundersøkelser for det planlagte Auditorium Maximum ved Norges Landbrukshøgskole, Ås. Byggherre er Byggekomitéen for Auditorium Maximum, arkitekt er Leif Olav Moen, og bygningsteknisk konsulent er Apeland & Mjøset A/S.

Vårt firma har tidligere utført en orienterende grunnundersøkelse for et større område sør og vest for Studentersamfundet, som også omfatter tomten for Auditorium Maximum. Resultatene av denne undersøkelsen er fremstilt i vår rapport nr. 2054, datert 27/5-66, og vi har benyttet en del av disse resultatene under det arbeidet som nå er utført. De nåværende grunnundersøkelsene er lagt opp for å gi grunnlaget for prosjektering av fundamentering og utgravning for auditoriet.

I forbindelse med grunnundersøkelsene har vi også fått i oppdrag å ta opp et kart over tomten for Auditorium Maximum og området nærmest rundt Studentersamfundet. Oppmålingsarbeidet ble utført 7/6 og 10/6-68 av sivilingeniør H.E. Haug. Kartet, som har tegningsnummer 2528 - 1, er tegnet opp i målestokk $M = 1 : 200$ og med ekvidistanse 0,5 m. Koordinater og høyder refererer seg til polygonpunkter oppgitt av Ås kommune. Kartet er oversendt arkitekt og bygningsteknisk konsulent med brev av 4/7-68.

MARKARBEID OG LABORATORIEUNDERSØKELSER

Seismiske målinger

De seismiske målingene ble utført 6/6-68 under ledelse av cand.real. J. Bleie. Det ble foretatt målinger langs tre profiler i byggets lengderetning: ett profil like innenfor hver langvegg og ett langs byggets midttakse. Hvert profil hadde en lengde på ca. 100 m, og det ble

benyttet en geofonavstand på 10 m. Profilene ble målt inn i forbindelse med kartleggingen. Hensikten med de seismiske målingene var først og fremst å få en nøyaktig fjellldybdebestemmelse, og også å få en orientering om grunnens beskaffenhet.

Plasseringen av de seismiske profilene med skuddpunkter er vist på oversiktskartet, tegning nr. 2528 - 3. Resultatene av målingene er vist på de seismiske profilene, tegning nr. 2528 - 6 til 8.

I bilag 0 (S) er det gitt en fremstilling av prinsippene for og fremgangsmåten ved seismiske målinger.

Grunnboringer

Grunnboringene ble utført i tiden 13 - 26/6-1968 under ledelse av boreformann O. Blomquist. Det ble først foretatt fire ramsonderinger for å få en orientering om grunnens fasthet og lagdeling og for om mulig å kontrollere de seismiske fjellldybdebestemmelsene. Sonderingene ble plassert i punktene for byggets fire store bæresøyler. Ved to av disse punktene, henholdsvis det høyeste og det laveste, ble det så tatt prøver av grunnen. Det ble delvis tatt uforstyrrede sylinderprøver, delvis forstyrrede skovleprøver. Ved prøvetagningen ble det benyttet en hydraulisk borerigg utleid fra Scandinavian Drill Service A/S. Både sonderingene og prøvetagningen måtte stoppes i faste masser før fjell var påtruffet, men godt under fundamentnivået. Ved det høyestliggende borpunktet ble det endelig satt ned et observasjonsrør for måling av grunnvannsstanden. Grunnvannsmålingene er blitt utført regelmessig i tiden etter grunnboringene, og de vil bli fortsatt i tiden fremover. Borpunktene ble satt ut i forbindelse med kartleggingen.

Plasseringen av borpunktene er vist på oversiktskartet, tegning nr. 2528 - 3. Resultatene av boringene er vist på grunnbøringsprofilene, tegning nr. 2528 - 4 og 5.

I bilag 0 (G) vil en finne beskrevet vanlige metoder og utstyr ved grunnboring.

Laboratorieundersøkelser

De opptatte jordprøvene er blitt undersøkt i laboratoriet. Det er foretatt en klassifisering av prøvene, og det er målt vanninnhold, porøsitet, romvekt og udrenert skjærfasthet. På fire representative prøver fra det ene borhullet ble også kornstørrelsesfordelingen bestemt ved våtsikting og hydrometeranalyse.

Resultatene av laboratorieundersøkelsene er vist i borpofilene, bilag 1 - 2, og i kornstørrelsesfordelingsdiagrammene, bilag 3 - 6.

I bilag 0(G) er det gitt en beskrivelse av de vanlige undersøkelsesmetodene i laboratoriet, og de vanlige geotekniske begreper er definert.

GRUNNFORHOLD

Tomten for Auditorium Maximum ligger mellom Student-samfundet og Skogsdammen, like sør for Drøbakveien, som vist på situasjonsplanen, tegning 2528 - 2. Mot sør går tomten over i det parkmessige området vest for Studentsamfundet. Terrenget på tomten heller svakt i vestlig retning, fra ca. kt. 103 nærmest Studentsamfundet til ca. kt. 94,5 nærmest Skogsdammen. Topografien på tomten og byggets plassering fremgår ellers av oversiktskartet, tegning 2528 - 3.

Grunnen på tomten består av forholdsvis faste morenemasser med relativt stort leirinnhold. Matjordlaget er forholdsvis tykt. En kan regne med at massene ned til en dybde av ca. 1 m består av matjord eller i hvert fall humusholdig materiale. Videre ned til ca. kt. 93 - 94, altså til en dybde av mellom 2 og 5 m på det undersøkte området, er massene forvitret og må nærmest karakteriseres som tørrskorpe. Tørrskorpekarakteren skyldes sannsynligvis massenes relativt høye leirinnhold. Under ca. kt. 93 - 94 ser det ut til å være uforandrede morenemasser. Steininnholdet er relativt stort gjennom hele moreneavsetningen, og i de uforstyrrede prøvene er det observert tynne horisontale sandlag.

Det som er skrevet ovenfor er en beskrivelse av grunnforholdene i store trekk. Sonderingene viser forholdsvis stor variasjon i rammemotstanden, som vist på profilene, tegning 2528 - 4 og 5, noe som kan skyldes en uregelmessig vekslning mellom bløtere leirholdige partier og fastere partier med mindre leirinnhold. Sonderresultatene tyder imidlertid ikke på at det fins gjennomgående lag av bløt leire. Prøveseriene viser da også at materialene er morenemasser, selv om materialet varierer en del fra prøve til prøve. Sonderinger og prøveserier er ført ned til godt under fundamentnivået, men på grunn av bormotstanden var det ikke mulig å føre boringene til fjell. De seismiske målingene tyder imidlertid på at det er samme slags morenemasser uten gjennomgående bløte leirlag videre helt ned til fjell, og denne vurderingen støttes av resultatene fra en tidligere dypere sondering i nærheten.

Dybden til fjell er bestemt ved seismiske målinger, og resultatene er vist på grunnbøringsprofilene. Fjell- dybden varierer forholdsvis meget, fra ca. 8 m lengst mot nordvest til ca. 30 m lengst mot nordøst, tilsvarende en fjellkote på henholdsvis ca. kt. 86 og ca. kt. 70. Langs den søndre begrensningen av bygget er fjelloverflaten mere jevn, varierende mellom ca. kt. 75 og ca. kt. 79.

Grunnvannsstanden på tomten reguleres av vannstanden i Skogsdammen. Skogsdammen har sitt utløp på østsiden gjennom en kulvert under grusveien mellom dammen og tomten for auditoriet, og vannet føres videre nordover og ned i kloakkledningen som går under Drøbakveien, som vist på oversiktskartet, tegning 2528 - 3. Kulverten har en terskelhøyde på ca. kt. 94,3, og innføringen til kloakken en terskelhøyde på ca. 94,2. Under kartleggingen ble vannstanden i Skogsdammen og i utløpet målt til kt. 94,35. På grunn av terskelhøydene må en anta at vannstanden neppe kommer særlig høyere enn dette, og siden Skogsdammen fylles kunstig, vil den sannsynligvis heller aldri være særlig lavere. Grunnvannsstanden lengst vest på tomten, nærmest Skogsdammen og utløpet, kan derfor regnes tilnærmet konstant på ca. kt. 94,4. For å få et bedre grunnlag for å bedømme hvordan grunnvannsstanden går under tomten, og hvordan den varierer i løpet av året, ble det satt ned et observasjonsrør for grunnvannsmåling ved borpunkt 1, nær det sørøstre (høyestliggende) hjørnet av bygget. Grunnvannsstanden er blitt målt regelmessig fra begynnelsen av juli (-68), og den har ligget temmelig konstant på kt. 95,0, altså ca. 0,6 m høyere enn i Skogsdammen. Terrengghøyden ved målestedet er ca. kt. 99,0, og avstanden til utløpet av dammen er ca. 60 m. På grunn av terrengforholdene, og siden morenemassene må antas å ha en forholdsvis stor permeabilitet i horisontal retning på grunn av tynne horisontale sandlag, vil vi tro at grunnvannsstanden på tomten neppe vil stige særlig høyere enn det som er observert hittil. Vi vil imidlertid fortsette grunnvannsmålingene, slik at vi også får med de perioder når grunnvannet vanligvis står høyest, nemlig sent på høsten og under teleløsningen om våren.

FUNDAMENTERINGSFORHOLD

Fundamentering

Belastningene fra bygget er tenkt ført ned til fundamentene ved hjelp av søyler og bærende vegger. De største

belastningene kommer ned gjennom fire store søyler som bærer takkonstruksjonen. Disse er plassert nær byggets hjørner. Bygningskonstruksjonen må regnes som setningsømfintlig.

Med det kjennskapet vi nå har til grunnforholdene vil vi anbefale at bygget fundamenteres direkte på grunnen ved hjelp av enkeltfundamenter under søylene og banketter under bærende vegger. Fundamenttrykket bør velges forholdsvis forsiktig. Dette er for det første for å redusere setningene og dermed setningsdifferansene, og dessuten fordi morenemassene under fundamentnivået kan være av noe vekslende kvalitet. Vi vil anbefale at fundamenttrykket velges lik 15 t/m^2 for alle fundamentene, med unntak av de minste fundamentene, hvor beregningsmessig tillatt fundamenttrykk sannsynligvis blir mindre enn dette. Tillatt fundamenttrykk er avhengig av fundamenteringsdybde, og for de minste fundamentene bør dette kontrolleres på vanlig måte for fundamenter på friksjonsmaterialer, som for eksempel beskrevet i NGI Publ. 16. Ved beregningen bør en bruke friksjonsvinkel $\varphi = 35^\circ$, romvekt $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$, sikkerhetsfaktor $F = 1,5$, og en bør anta grunnvannsstanden i underkant fundament. Ved beregning av fundamenteringsdimensjonene må en regne med egenvekt (inklusive vekt av jord over fundament) pluss full nyttelast. Vi har utført orienterende setningsberegninger med kompressibiliteter vurdert ut fra jordartens porøsitet, og disse viser at med det fundamenttrykk som er anbefalt ovenfor, vil setningene for de høyest belastede søylefundamentene sannsynligvis bli av størrelsesorden ca. 2 cm, og neppe større enn 5 cm. Det vesentlige av setningene vil finne sted i løpet av byggetiden.

Når det gjelder nivåene for de enkelte fundamentene er det visse forhold en må ta hensyn til. For det første må fundamentene ikke settes på matjord eller humusholdig materiale. Fundamentene må derfor føres i hvert fall

ca. 1 m under nåværende terreng, slik at de kan settes på tørrskorpe eller uforandrede morenemasser. Fundamentene bør ikke settes på oppfylt grunn. For det andre må fundamentene føres ned til frostfritt dyp. Morenemassene er meget telefarlige, og siden grunnvannsstanden ligger forholdsvis høyt, må en regne med teleskader på for grunne fundamenter. Etter det en har fått opplyst regner Ås kommune med en frostfri fundamenteringsdybde på 1,6 m (1,8 m ved snøbar mark). Der hvor fundamentene ligger under eller grenser inn til permanent oppvarmede rom i bygget burde en kunne regne med en frostfri dybde som er mindre enn dette (som for eksempel tillatt etter svenske forskrifter). Der hvor frostdybden ikke blir influert av varme fra bygget, som for eksempel ved inngangspartiet, må en regne med full frostdybde etter kommunens regler. For det tredje vil det av hensyn til gravearbeidet være en fordel om fundamentnivået kan velges høyere enn naturlig grunnvannsstand på tomten. Dette forholdet er nærmere omtalt i avsnittet om utgravning.

Kjellergulvet kan legges på kult direkte på grunnen. Med det gulvnivået som foreløpig er valgt (overkant gulv på kt. 96,4), er det neppe noen fare for at grunnvannsstanden på tomten vil stige så høyt som opp til kultlaget under gulvet. Imidlertid har morenemassene sannsynligvis en forholdsvis stor permeabilitet i horisontal retning på grunn av tynne horisontale sandlag, slik at en ikke kan regne med å kunne senke grunnvannsstanden på tomten permanent ved hjelp av drenering. Det kan derfor være nødvendig å ta opp gulvnivået i kjelleren til ny vurdering når grunnvannsstandens variasjon er bedre kjent.

Rundt byggets ytre fundamenter må det være drenering i frostfri dybde. Kulten under kjellergulvet må også dreneres, og dette drenssystemet bør stå i forbindelse

med den utvendige dreneringen som igjen bør føres ut i Skogsdammen. Drensgrøftene må fylles igjen med ikke telefarlig materiale, helst grov sand. Utgravde masser fra tomten kan ikke brukes i drensgrøftene, og heller ikke som fyllmasse der hvor en teleløftning kan få skadelige virkninger. Ellers skulle morenemassene være godt egnet som fyllmasse, hvis en kan holde vanninnholdet under kontroll.

Utgravning

Det er av avgjørende betydning for en vellykket fundamentering at utgravningen utføres slik at massene under fundamentnivået ikke blir omrørt. En må regne med at massene på tomten lett kan bli omrørt hvis det kommer vann til, og det er derfor meget viktig å sørge for at byggegropen holdes tørr. Dersom noen av fundamentgrøftene må graves dypere enn naturlig grunnvannsstand på tomten, må grunnvannsstanden senkes midlertidig før gravingen utføres. En mindre grunnvannssenkning kan sannsynligvis utføres ved hjelp av pumping, og det er også mulig at en midlertidig kan senke vannstanden i Skogsdammen. Uansett gravedybde i forhold til grunnvannsstand må en sørge for en effektiv drenering av overflatevann. Eventuelt omrørte masser må skiftes ut med sand eller grus. Utgravning av massene nærmest over bunn byggegrop i en tykkelse av ca. 0,5 m må skje ved hjelp av bakgraver, slik at en ikke får kjøring med anleggsmaskiner på ferdig utgravet bunn.

Der hvor gravedybden blir større enn ca. 2 m bør graveskråningen ikke gjøres brattere enn 1 : 1, for ikke å risikere overflateglidninger ned i byggegropen. Det er ingen fare for dyperegående glidninger på grunn av utgravningen, og det er heller ingen fare for stabiliteten av Studentsamfundets hus som ligger i nærheten.





Haslum 20. august 1968
pr.pr. A/S SIVILINGENIØR O. KJØLSETH

Ole Kjølneth
Ole Kjølneth

Svein-Erik Mortensen
.....
Svein-Erik Mortensen

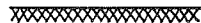
TEGNINGSSYMBOLER

● DREIESONDERING	⊙ PRØVESERIE
▼ RAMSONDERING	+ VINGEBORING
▽ TRYKKSONDERING	● SKOVLBORING
○ SPYLEBORING	□ PRØVEGROP
■ BORING MED FJELLBORMASKIN	⌞ SEISMISK MÅLING
⊖ PORETRYKSMÅLING	Ω ELEKTRISK MOTSTANDSMÅLING

 BORING AVSLUTTET UTEN ANGITT ÅRSÅK	 STEIN ELLER BLOKK	 HINDRING P.G.A. FAST MATERIALE	 SANNSYNLIG FJELL
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------



TERRENG



FJELL

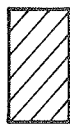


VANN

PUNKT NR.	TERRENGKOTE	BOREDYBDE
	SANNSYNLIG FJELLKOTE	



FYLLING



LEIRE



FYLLMASSE

TORV

SILT, SANDIG
MED ENKELTE
SANDLAG

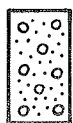
LEIRE, GRUSIG



MATJORD
(MOLD)



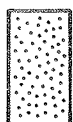
SILT



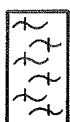
GRUS



TORV



SAND



GYTJE

VED BLANDINGSJORDARTER
KOMBINERES SYMBOLENE

MARKUNDERSØKELSER OG BYGGEKONTROLL

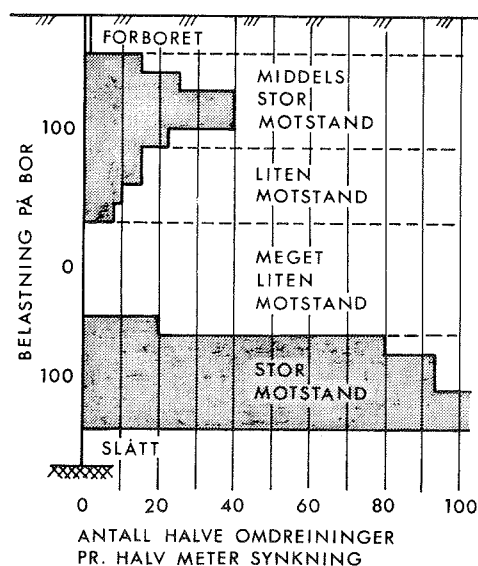
For å få den første orientering om grunnforholdene benyttes seismiske målinger og sonderboringer til å bestemme dybdene til fjell eller fast grunn, og som et grunnlag for svært tilnærmet å vurdere lagdeling, type og fasthet av jordmassene.

For å bestemme grunnens geotekniske egenskaper mer nøyaktig benyttes prøvetaking og laboratorieundersøkelser av uforstyrrede jordprøver. Den udrenerte skjærfasthet for midtels faste til meget bløte leirer kan måles in situ ved hjelp av vingebor.

I enkelte tilfeller benyttes graving av prøvegroper som et middel til å få en forståelse av grunnforholdene og vurdere omfanget av videre markundersøkelser. Andre markundersøkelser omfatter observasjon av grunnvannstanden, måling av poretrykk med piezometer og utførelse av platebelastningsforsøk på grunnen.

For å kontrollere vår vurdering av grunnforholdene og kontrollere utførelsen av grunnarbeidene ved et prosjekt, består videre markarbeid av inspeksjon og kontroll av utgravninger, fyllingsarbeider og installasjon av peler og pillarer. Prøvebelastning av peler utføres for å vurdere den mest hensiktsmessige og økonomiske peltype, eller som en kontroll på at en forutsatt belastning gir tilstrekkelig sikkerhet. Observasjon av setninger er en viktig og nødvendig kontroll ved setningsømfindtlige bygg og f.eks. ved forbelastning av byggegrunn.

BORINGSMETODER

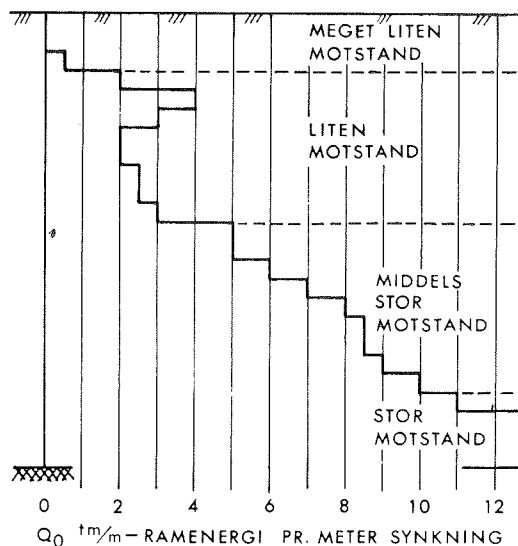


Dreiesondering

Utføres med Ø 20 eller 22 mm borstål som skrues sammen med glatte skjøter og forsynes med Ø 30 mm skruespiss.

Resultatene av dreiesonderingene angis som vist i et stolpediagram med antall halve omdreininger pr. halvmeter synkning under belastningen av boret som funksjon av boredybden. Belastningen på boret påføres diagrammet som vist. Dreiemotstanden må vurderes i forhold til den med dybden økende friksjonsmotstand langs borstengene.

Dreiesondering anvendes i jordarter med relativt lav fasthet og gir en god orientering om lagdeling og fasthet.



Ramsondering

Utføres med Ø 32 mm borstål som skrus sammen med glatte skjøter og med 40 mm firkantet eller sylindrisk spiss. Boret rammes med et lodd på 75 kg som drives av et spill.

Resultatene av ramsonderingen angis som vist i et stolpe-dia-gram med ramenergien pr. meter synkning

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

som funksjon av dybden.

Ramsondering anvendes i fastere jordarter og gir blant annet opplysninger som kan benyttes til å vurdere pelligder og pel-ramming. (Kfr. Standard Penetration Test).

Prøvetaking

Den vanlige anvendte prøvetaker er en Ø 54 mm tynnvegget stempel-type prøvetaker som presses ned ved hjelp av et 5/4" rør. Når en prøve tas, holdes stemplet fast med en stålstang som ligger inne i nedpresningsrøret, og den tynnveggede sylindren presses ned ved hydraulisk eller annen mekanisk metode.

De uforstyrrede jordprøvene forsegles ute i marken og sendes til laboratoriet for undersøkelse.

Prøvetaking i fastere jordmasser foregår ved å ramme tykkveggede splittbare prøvetakere med skarp egg ned i jordmassen. Det må bores eller spyles et hull suksessivt, slik at prøvetakeren kan settes ned på uforstyrrede jordmasser i bunnen av hullet. En annen metode består i å ramme et rør slik at en får en kontinuerlig prøve av grunnen. Ofte registreres rammemotstanden som en ekstra opplysning om fastheten.

Vingebor

Med vingeboret kan den udrenerte skjærfastheten i en jordart måles direkte. Vingeboret presses ned ved hjelp av et 5/4" rør. Vingen, som kan ha forskjellig utførelse, er 4-bladet og står i forbindelse med måleinstrumentet gjennom en stålstang inne i nedpresningsrøret. I den ønskede måledybde presses vingen ut av sin beskyttelsesko. Vingen dreies med lav og konstant hastighet inntil brudd oppstår, og vridningsmoment og deformasjon registreres. Skjærfastheten av omrørt materiale måles ved først å dreie vingen rundt et antall ganger og gjenta målingen.

Skjærfasthetsverdiene finnes av kalibreringskurver.

Annet borutstyr

Fjellldybden kan finnes ved å slå ned armeringsstål med slegge, ved bruk av bormaskiner eller ved å spyle ned rør med vann eller trykkluft.

For boring i ekstra harde jordmasser, stein og fjell benyttes rotasjons- eller kombinert rotasjons- og slagborutstyr. Dette utstyret har hardmetall- eller diamantskjær og kan utstyres for kjerneboring.

LABORATORIEUNDERSØKELSER OG GEOTEKNISKE DEFINISJONER

Jordprøvene blir beskrevet og rutineundersøkt i laboratoriet og på dette grunnlag klassifisert. Rutineundersøkelsen tilpasses jordarten, men består i alminnelighet av bestemmelse av vanninnhold, plastisitetsgrenser, romvekt, porøsitet, udrenert skjærfasthet og kornstørrelsesfordeling. Andre laboratorieforsøk utføres i den grad de er nødvendige for å vurdere de geotekniske forhold.

Jordartene, unntatt torv og matjord, klassifiseres ifølge kornstørrelsesfordeling og plastisitetsegenskaper.

Leirfraksjon - kornstørrelse					< 0,002 mm
silt	"	-	"	0,002	- 0,06 mm
sand	"	-	"	0,06	- 2,0 mm
grus	"	-	"	2,0	- 60,0 mm
stein	"	-	"	60,0	- 600,0 mm
blokk	"	-	"		> 600,0 mm

Vanninnhold (w)	:	Bestemmes ved uttørking av prøven ved 110°C som vekten av vann i % av vekten av fast stoff.
Flytegrense (w_L)	:	Vanninnholdet for en leire når den er på grensen mellom plastisk og flytende tilstand. Bestemmes ved standardisert metode.
Utrullingsgrense (w_p)	:	Vanninnholdet for en leire når den er på grensen mellom plastisk og smuldrende tilstand. Bestemmes ved standardisert metode.
Romvekt (γ)	:	Total vekt pr. volumenhet av prøven.
Tørr romvekt (γ_d)	:	Vekten av fast stoff pr. volumenhet av prøven.
Porøsitet (n)	:	Volum av porer i % av totalvolumet av prøven.
Poretall (e)	:	Volum av porer i forhold til volum av fast stoff i en prøve.

Skjærfasthet (s_u, c og ϕ): Den udrenerte skjærfasthet (s_u) bestemmes direkte i marken med vinge-
bor eller med konusinntrykkmetode
og forskjellige typer trykkforsøk
på prøver. Den mest alminnelige metode er den enaksiale hvor prøven trykkes til brudd uten noe omgivende trykk. Med triaksialutstyr kan faktorer som omgivende trykk, deformasjonshastighet og dreneringsbetingelser varieres, og poretrykket kan avleses under forsøket. De effektive skjærfasthetsparametre "kohesjon" (c) og "friksjonsvinkel" (ϕ) bestemmes på basis av minst 3 forsøk i et Mohr's diagram, hvor skjærfastheten fremstilles som funksjon av den effektive spenning i prøvene.

LEIREBETEGNELSE s_u t/m²

meget bløt < 1,25
bløt 1,25 - 2,5
middels fast 2,5 - 5,0
fast 5,0 - 10,0
meget fast > 10,0

Sensitivitet (S_t) : Forholdet mellom den udrenerte skjærfasthet i en leire i uforstyrret og omrørt tilstand. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende ($s_u < 0,05$ t/m²).

lite sensitiv - $S_t < 8$
middels " - S_t 8-30
meget " - $S_t > 30$

Kompressibilitet (C_c, c_v): Setningsegenskapene av en leire vurderes på grunnlag av ødometerforsøk. En uforstyrret prøve utsettes for trinnvis belastning, og deformasjonen avleses for hvert intervall. Fra spennings-deformasjonskurven beregnes eventuell overkonsolidering (p_c) og kompresjonsindeksen (C_c). Konsolideringskoeffisienten (c_v) vurderes på basis av deformasjons-tidskurvene fra ødometerforsøket. Verdiene (p_c), (C_c) og (c_v) gir grunnlag for å beregne størrelse og tidsforløp av setninger i leire.

Kornstørrelsesfordeling : Bestemmes ved mekanisk sikting og hydrometeranalyse hvor Stokes lov om partiklers synkehastighet anvendes.

Komprimering : Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved å tilføre et volum av jordarten et komprimeringsarbeid angitt ved standardisert metode (standard og modifisert Proctor og AASHO). Den tørre romvekten fremstilles som funksjon av vanninnholdet for flere forsøk, og det vanninnhold som gir den beste komprimering kan vurderes av kurven.

Av andre laboratorieundersøkelser nevnes bestemmelse av permeabilitet, humusinnhold, telefarlighet, korrosjonsangrep på stål og angrep på betong. Egenskapene av byggegrunn og bærelag for flyplasser og veier vurderes i enkelte tilfeller på basis av konus- og stempelinntrykkforsøk (f.eks. CBR-forsøk).

SEISMISKE MÅLINGER

ANVENDELSE

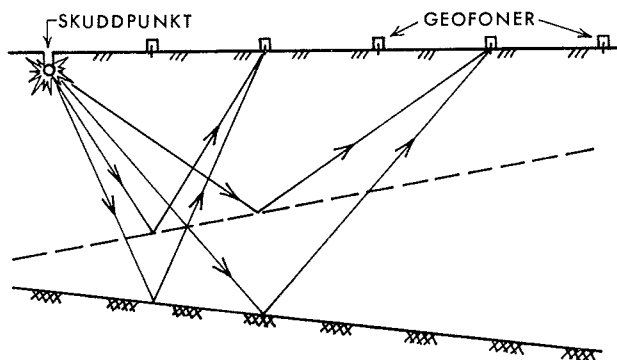
Seismiske målinger kan benyttes til å besvare en rekke viktige spørsmål angående grunnforholdene. Metoden er ikke bare begrenset til beregning av dybder til fjell og andre diskontinuitetsflater. En analyse av hastighetene i berggrunnen gir verdifulle opplysninger om fjellets kvalitet. Oppsprukket fjell og knusningssoner kan påvises, og dette er av stor betydning for ingeniørgeologiske vurderinger av berggrunnen i forbindelse med f. eks. kraftverksprosjektering. En vurdering av løsmassehastighetene kan også til en viss grad gi opplysninger om massenes sammensetning og karakter som støtte ved geotekniske undersøkelser. Ved seismiske målinger kan en også i svært mange tilfeller påvise grunnvannsstanden i løsmassene.

En spesiell fordel ved seismiske målinger er at fjelldybdeberegningene ikke influeres av store steiner og blokker i grunnen, hvilket ofte vanskeliggjør vanlige boringer.

Seismiske målinger kan også utføres under vann, og metoden er således meget anvendbar blant annet ved undersøkelser for havneanlegg og tunnelutslag under vann.

METODER

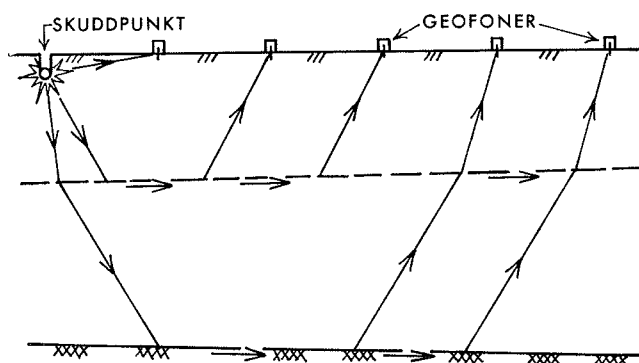
En kan tale om to hovedtyper av seismiske målemetoder.



PRINSIPPSKISSE FOR REFLEKSJONSMÅLINGER

1. Refleksjonsmålinger

Ved denne metode registrerer en bølger som er blitt reflektert fra dypereliggende diskontinuitetsflater. Når hastighetsfordelingen som funksjon av dypet er funnet, kan refleksjonsflatens beliggenhet beregnes.



PRINSIPPSKISSE FOR REFRAKSJONSMÅLINGER

2. Refraksjonsmålinger

Denne metode bygger på at en registrerer bølger som er blitt bøyet inn i dypereliggende lag og som har fulgt disse.

Ved grunnundersøkelser der det er spørsmål om dybder til fjell og hastighetsanalyser med tanke på en vurdering av løsmassenes og fjellets kvalitet, er den refraksjonsseismiske metode mest benyttet.

REFRAKSJONSSEISMISKE MÅLINGER

ARBEIDSOPPLEGG - PRINSIPP - NØYAKTIGHET

Små seismometre, geofoner, blir plassert langs en målelinje. Det blir vanligvis benyttet en geofonavstand på 5 - 10 meter. Små sprengladninger blir avfyrt i overflatelaget, og lydbølgene som forplanter seg ut fra skuddpunktet, blir registrert av geofonene. I geofonene blir vibrasjonene i grunnen omsatt til elektriske impulser som gjennom kabler blir ført frem til registreringsapparatet, bestående av forsterker og oscillograf med kamera. De elektriske impulsene blir her overført til en film, seismogram, som også med stor nøyaktighet registrerer skuddøyeblikket. På denne måten kan en finne den tiden lydbølgene har brukt gjennom de forskjellige lagene frem til geofonene. Gangtiden vil variere fra geofon til geofon. Den er avhengig av den hastighet bølgene har forplantet seg med i de forskjellige lagene, samt av geofonenes posisjon i forhold til skuddpunktet.

Ved å benytte forskjellige profil, utleggs- og skuddmønstre bestemmes hastigheten i de lag som undersøkes. Dette gjøres ved å plote de observerte gangtider i et diagram som funksjon av avstanden mellom geofon og skuddpunkt. Etter at hastighetene er bestemt, kan dypet til de forskjellige diskontinuitetsflater beregnes på grunnlag av matematisk utledede formler. Disse formler bygger på følgende forutsetninger:

1. Konstant hastighet innenfor lagene i området ved hvert beregningspunkt, skuddpunkt.
2. Hastigheten fra lag til lag må øke nedover i dypet.
3. Økningen i hastighet mellom lagene må være så stor at hvert lag blir representert i gangtidsdiagrammet med sin typiske hastighet.

Avvik fra disse forutsetninger kan gi grunnlag til følgende feilkilder:

- A. Dersom bunnlagene har lavere hastighet enn topplagene, kan en beregne for store dyp til fjell.
- B. "Blindsoner" er lag som har høyere hastighet enn overliggende lag, men der lagets mektighet og lagets beliggenhet i dypet er slik at de bølger som har gått gjennom blindsonelaget kommer senere inn enn de tilsvarende bølger gjennom dypereliggende lag. I slike tilfeller kan en beregne for små dyp.

Måleresultatene vil i de aller fleste tilfeller gi indikasjoner på om de nevnte forutsetninger er oppfylt. På dette grunnlag kan en både med hensyn til opplegg av markarbeid og beregninger utføre korreksjoner som innenfor rimelige feilgrenser gir tilfredsstillende resultater hva angår dybden til fjell. Lang erfaring både med hensyn til markarbeid og beregningsteknikk, samt grundig teoretisk bakgrunn er i slike tilfeller av fundamental betydning.


Generelle matematiske feilgrenser når det gjelder fjelldybdebestemmelser ved refraksjonsseismikk kan vanskelig oppstilles. Måleresultatene er i stor grad avhengig av grunnforholdene på stedet. Som nevnt tidligere er nøyaktigheten også i stor grad avhengig av de erfaringer en har både når det gjelder beregningsteknikk og opplegg av markarbeid.

Boringer og avdekninger ved f.eks. tunnelpåslag, har de siste årene derimot gitt oss et rikholdig statistisk materiale. På grunnlag av dette har vi kunnet sette opp følgende verdier for middelavviket av våre fjelldybdebestemmelser:

Dyp mindre enn 10 meter: $\pm 1,0$ meter


Dyp større enn 10 meter: $\pm 10\%$ av beregnet dyp


T E G N F O R K L A R I N G

 TERRENG


 FJELL I DAGEN

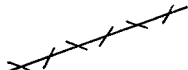
 VANN

 UR, STEIN, BLOKKER

 PUNKT PÅ
FJELLFLATEN

 OPPSPRUKKET FJELL

 SKUDDPUNKT







 SANNSYNLIG
KNUSNINGSSONE

 GRENSE MELLOM
FORSKJELLIGE LAG

Oppdr. <u>G 2528</u>		Prøveserie <u>Pkt. 1</u>	
Prosjekt <u>Auditorium Maximum</u>		54 mm prøvetaker/skovlbør	
Sted <u>N.L.H. Ås</u>		Dato <u>Juli - 68</u>	
		Sign. <u>US/PSK</u>	

Jordart	Dybde m	Symbol	Prøve	Vanninnhold: O W Porøsitet: \cdot n Plastisk område W_p — W_L 20 30 40 50 %	Romvekt t/m^3	Skjærfasthet ved: vingeboing: +, trykkforsøk: ∇ 15 \square 5 konusforsøk: ∇ 10 t/m^2	Sensi- tivet
Terrengkote 99,0 \rightarrow							
MATJORD SILTIG, LEIRIG					2,01		
PLANTERESTER NOE SANDIG							
SANDLAG					2,10		
TØRRSKORPE							
SILTIG, LEIRIG							
SANDIG							
GRUSIG NOEN PLANTE- RESTER	50						
SILTIG							
MORENE SANDIG, LEIRIG	100						
	15,0						
	200						

\square = ødometer P = permeabilitetsforsøk K = kornfordeling T = triaksialforsøk

Symboler:
  Humusjord
  Fyllmasse
  Leire
  Silt
  Sand
  Grus

Bilag nr. 1

Oppdr. G 2528		Prøveserie Pkt. 4	
Prosjekt Auditorium Maximum		54 mm prøvetaker/skovlbor	
Sted N.L.H., Ås.		Dato Juli - 68	
		Sign. US/PSK.	

Jordart	Dybde m	Symbol	Prøve	Vanninnhold: O W Porøsitet : . n Plastisk område w_p — w_L 20 30 40 50 %	Romvekt γ/m^3	Skjærfasthet ved vingeboresing: +, trykkforsøk: □ konusforsøk: ▽ 10 5 10 t/m ²	Sensitivitet
(MATJORD)							
TØRRSKORPE SILTIG, LEIRIG <small>NOEN SANDLAG OG PLANTERESTER GRUSKORN</small>					205		
MORENE SANDIG, LEIRIG	5.0					(▽)	
	10.0					(▽)	
	15.0					(▽) Konusforsøk på delvis forstyrt materiale	
	20.0						

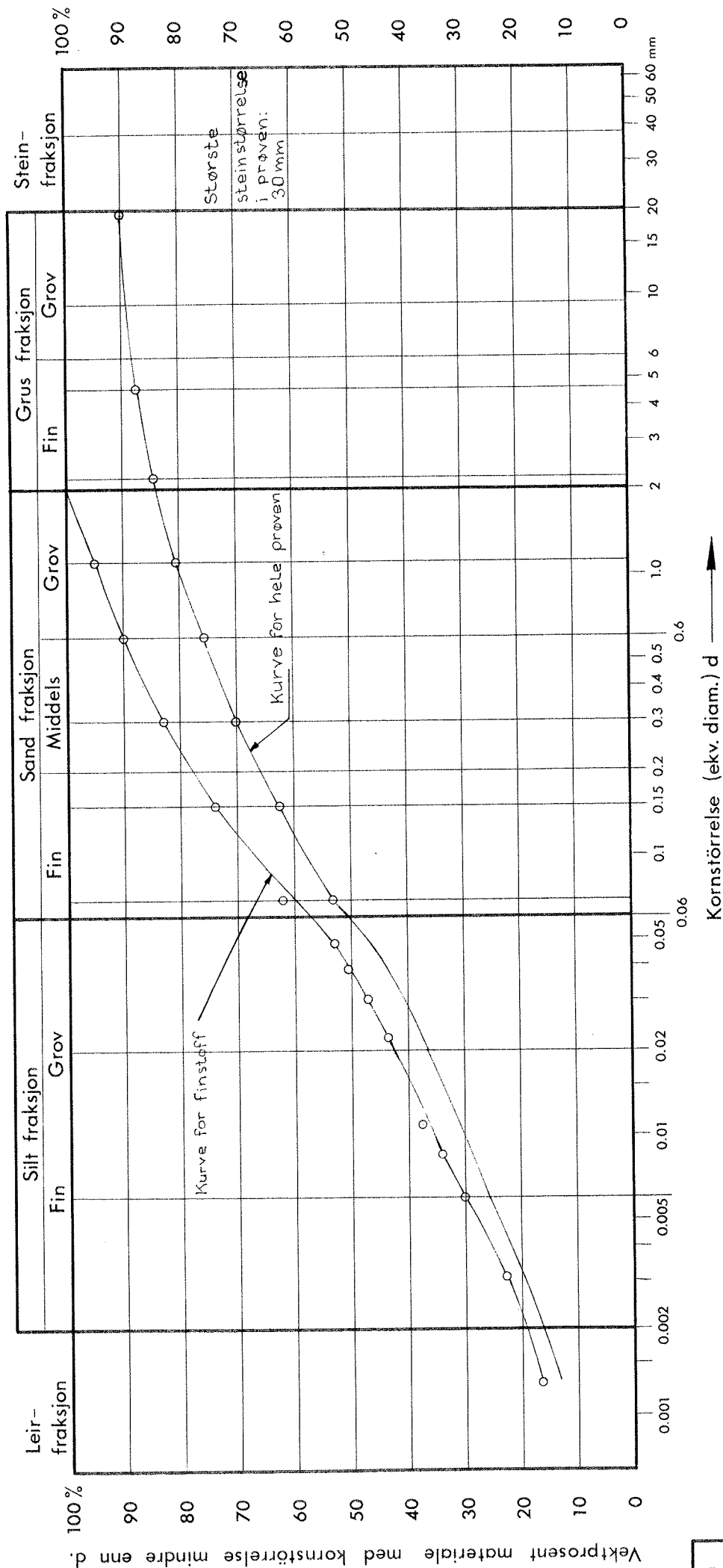
Ø = ødometer P = permeabilitetsforsøk K = kornfordeling T = triaksialforsøk

Symboler:

Humusjord
 Fyllmasse
 Leire
 Silt
 Sand
 Grus

Bilag nr. 2

KORNSTØRRELSE - FORDELING

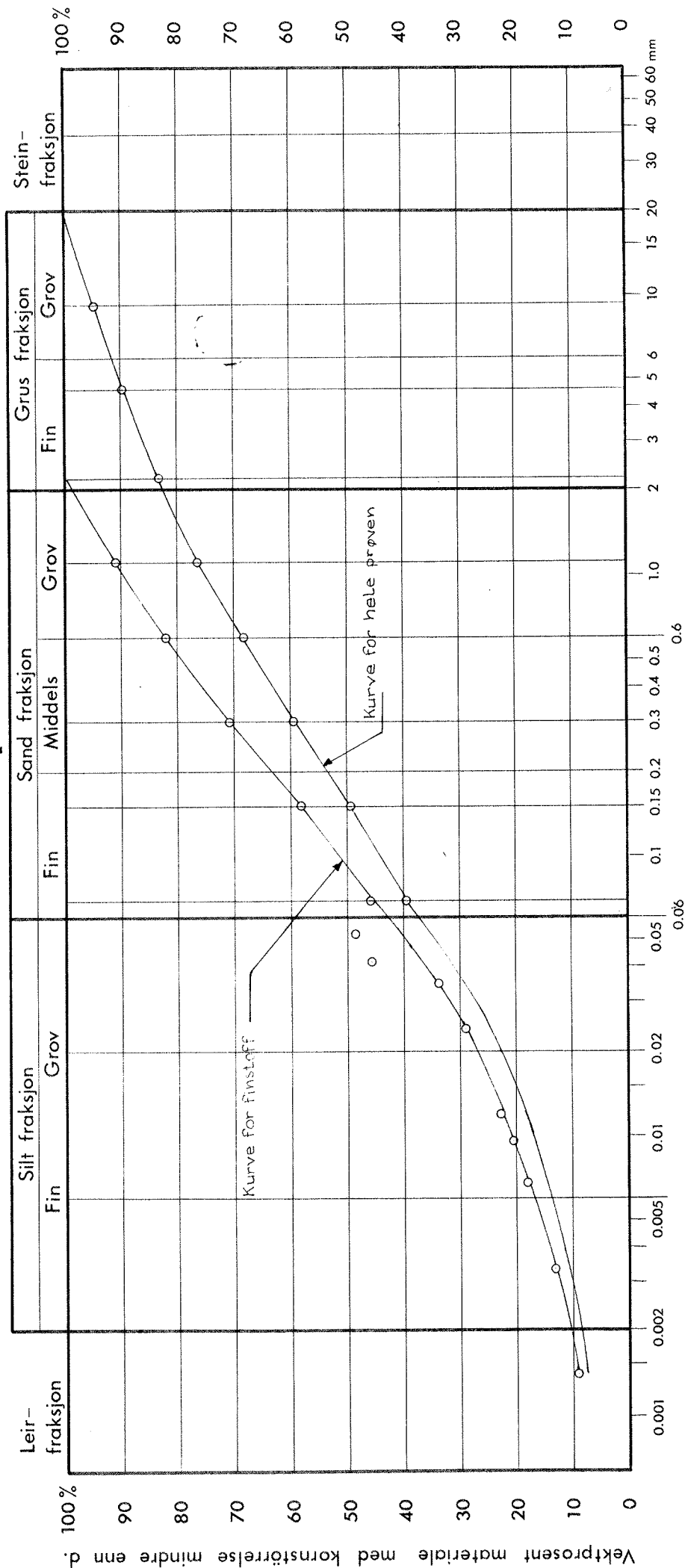


Jordart: Morene, siltig, leirig
(Tørrskorpe)

Oppdrag	G 2528	Prøveserie	Pkt. 1	Dato	Jul - 1968
Prosjekt	Auditorium Maximum	Nr.	Dybde 3.5 m		
Sted	N.L.H., Ås	Sign.	P.S.K.		

A/S SIVILINGENIØR O. KJØLSETH
KIRKEVN. 71 - HASLUM - TLF. 53 15 80

KORNSTØRRELSE - FORDELING



Bilag

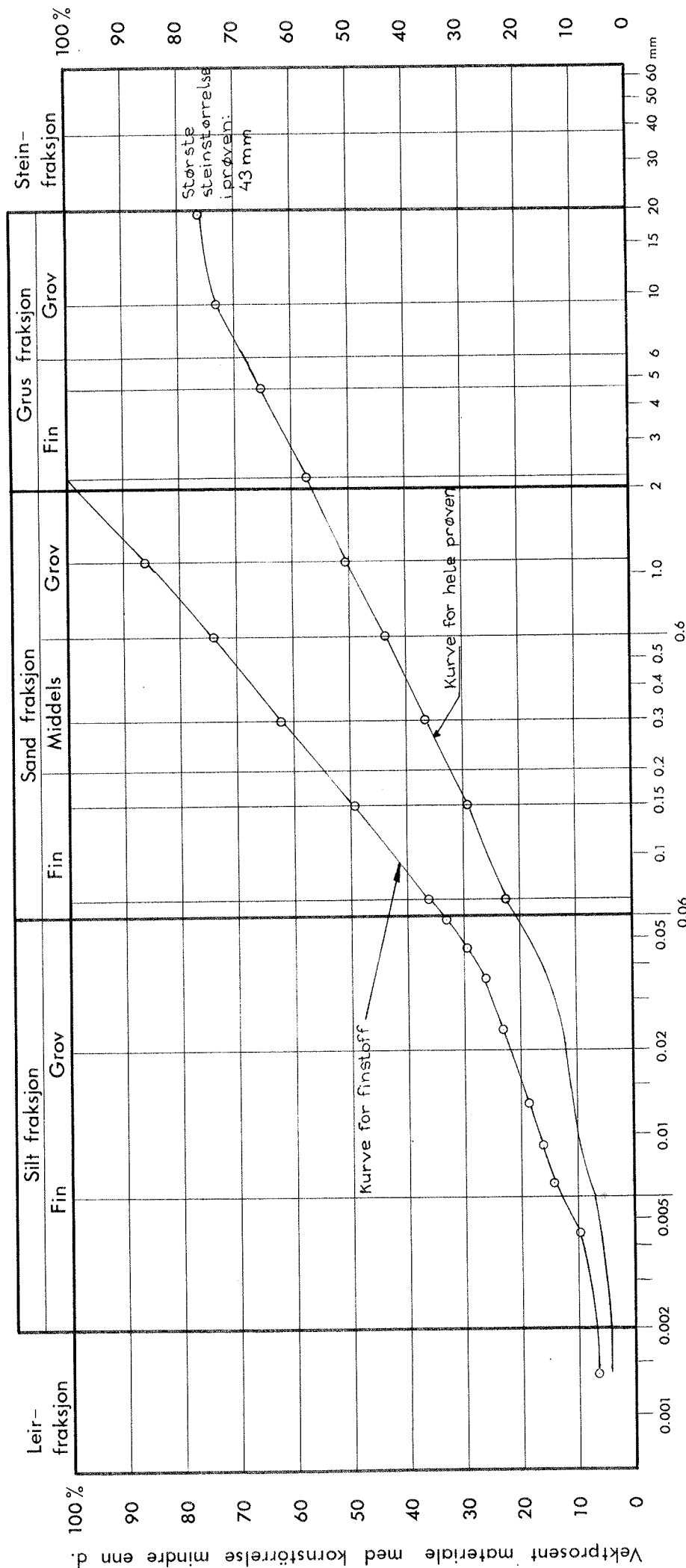
4

Jordart: Morene, siltig, sandig, leirig

Oppdrag	G 2528	Prøve	Pkt. I	Dato	Juli-1968
Prosjekt	Auditorium Maximum	Nr.	Dybde 6,0 m		
Sted	N.L.H., Ås	Sign.	P.S.K.		

A/S SIVILINGENIØR O.KJØLSETH
KIRKEVN. 71 - HASLUM - TLF. 53 15 80

KORNSTØRRELSE - FORDELING



Jordart: Morene, sandig, leirig

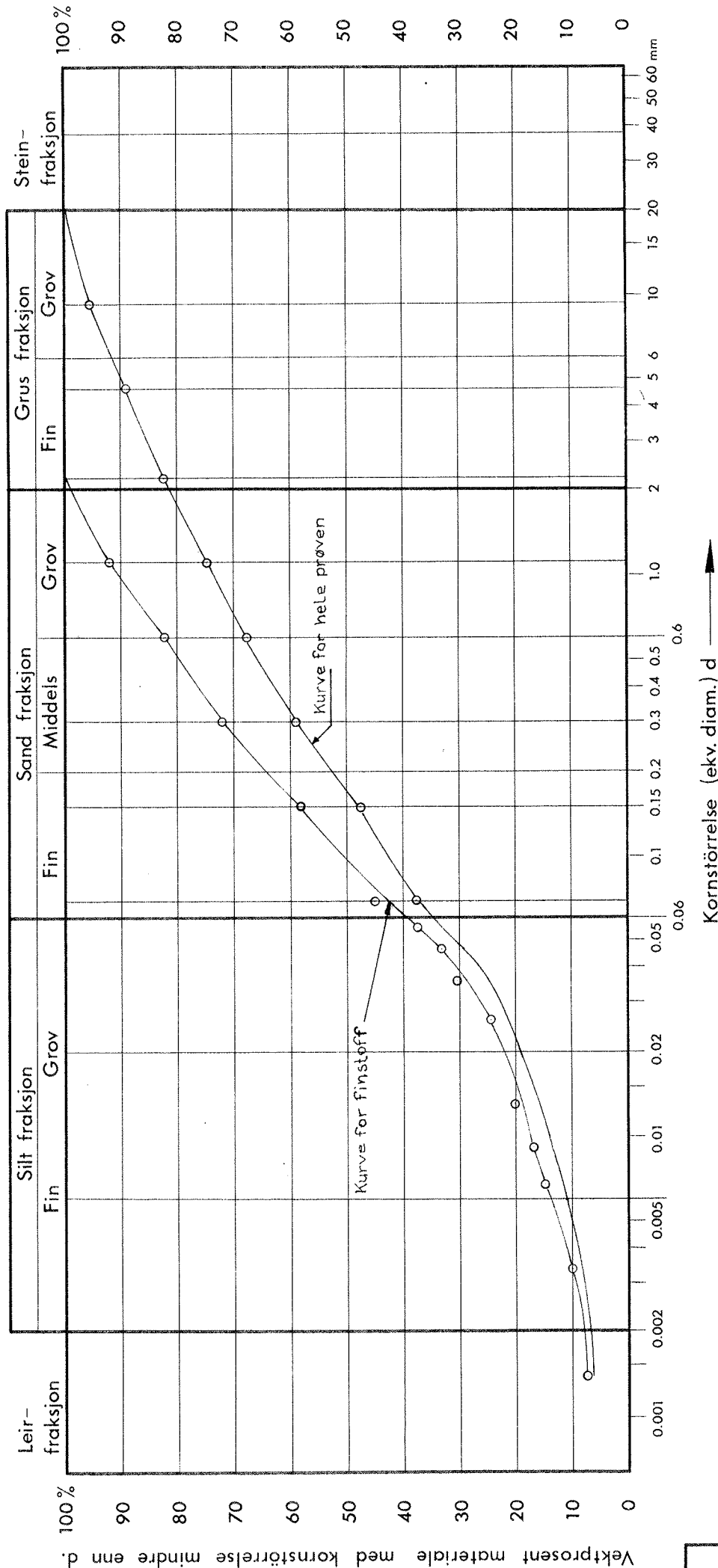
Bilag

A/S SIVILINGENIØR O. KJØLSETH
KIRKEVN. 71 — HASLUM — TLF. 53 15 80

Dato
Juli-
1968

Oppdrag	G 2528	Prøve	Pkt. I
Prosjekt	Auditorium Maximum	Nr.	Dybde 6,5 m
Sted	N.L.H., Ås	Sign.	P.S.K.

KORNSTØRRELSE - FORDELING



Jordart: Morene, sandig, leirig

Bilag

Oppdrag G 2528

Prøve Pkt. 1

Dato

Prosjekt Auditorium Maximum

Nr.

Dybde 8.0 m

Jul -

A/S SIVILINGENIØR O. KJØLSETH

KIRKEVN. 71 - HASLUM - TLF. 53 15 80

Sted N.L.H., Ås.

Sign.

PSK.

1968

6