**NOTEBY**
NORSK TEKNISK
BYGGEKONTROLL A.S

RÅDGIVENDE INGENIØRER - MNIF, MRIF
GEOTEKNIKK, INGENIØRGEOLOGI, GEOFYSIKK
BETONGTEKNOLOGI, MATERIALKONTROLL



Gi1

7 7 7 0

STATENS BYGGE- OG EIENDOMSDIREKTORAT

STAVANGER LUFTHAVN, SOLA

NYTT SIKRINGSBYGG OG DRIFTSBYGG

---

GRUNNUNDERSØKELSER

GEOTEKNISK VURDERING

9. januar 1979

EBY

INNHOLDSFORTEGNELSE:



Tegninger:

| | | |
|---|---|---|
| 7770 | - 1 | Borplan (løs i lomme) |
| | - 10 og | |
| | -11 | Geotekniske data. Prøveserie I og II |
| | -41, -42 | |
| | og -43 | Korngradering |
| | -71 | Ødometerforsøk |
| | -100 | Profil A-A og B-B (Sikringsbygg) |
| | -101 | Profil C-C og D-D (Driftsbygg) |
| 4000 -1 og -2 | | Geotekniske bilag |

Overingeniør : H.P. Jensen

Oppdragsleder : O.Kr. Sande/ST

EBY

## A. INNLEDNING

Statens bygge- og eiendomsdirektorat planlegger å oppføre nytt sikringsbygg og driftsbygg ved Stavanger Lufthavn, Sola, beliggende som vist på tegning nr. 7770 -1.

Byggene tegnes av arkitekter MNAL AROS A/S, Sandnes.

Ingeniør P.A. Bakkejord A/S, Stabekk er rådgivende ingeniører i byggeteknikk for prosjektet.

Vårt firma er engasjert som rådgivende ingeniører i geoteknikk og har utført grunnundersøkelser på tomten.

Den foreliggende rapport inneholder resultatet av grunnundersøkelsene og en geoteknisk vurdering av prosjektet.

## B. UTFØRTE UNDERSØKELSER.

For undersøkelse av massenes art og lagringsfasthet samt dybder til fast grunn er det utført sonderboringer med dreiebor- og ramborutstyr.

Dreieboret gir relativt detaljerte opplysninger om variasjonene i lagringsfasthet i løsere masser, men har begrenset nedtrengningsevne i fastere grunn. Vi har derfor i enkelte borpunkter valgt å fortsette sonderingene med ramborutstyr som har større nedtrengningsevne og som normalt gir sikre opplysninger om dybder til meget fast grunn. Ved store dybder vil imidlertid en del av rammeenergien gå tapt ved friksjon mot borstålet, og registreringen blir dermed noe usikker.

Massenes sammensetning er undersøkt ved opptak av 2 serier uforstyrrede prøver med 54 mm stempelprøvetaker.

Prøvene er undersøkt i vårt geotekniske laboratorium hvor det foruten klassifisering er foretatt bestemmelse av vanninnhold, porøsitet, organisk innhold og romvekt. På leirige prøver er det dessuten målt udrenert skjærfasthet ved konus og enaksialt trykkforsøk. Videre er det utført kornfordelingsanalyse på utvalgte prøver samt 3 stk. ødometerforsøk for undersøkelse av leirens kompressibilitet.

Variasjonene i massenes sammensetning i øvre lag er undersøkt ved spredte skovlboringer.

BY

Det er videre foretatt orienterende måling av grunnvannstand ved peiling i et borhull.

For nærmere beskrivelse av undersøkelsesmetoder og opptegning av resultater henvises til de geotekniske bilag, tegninger nr. 4000 -1 og -2.

C. GRUNNFORHOLD

Resultatet av undersøkelsene er vist i profil på tegninger nr. 7770 -100 og -101. Data fra laboratorieundersøkelsene er videre gjengitt på tegninger nr. 7770 -10, -11, -41, -42, -43 og -71. Borpunktenes beliggenhet fremgår av borplanen, tegning nr. 7770 -1.

Stavanger Lufthavn ligger for en stor del utover et flyvesandområde hvor grunnen består av ensgradert finsand med en karakteristisk kornfordeling som vist på tegninger nr. 7770 -41 og -43. Som følge av vindtransport har det foregått en stadig omskifting av terrengoverflaten med gjentatte dannelser av vegetasjonslag og overdekking med sand.

Aktive flyvesandområder finnes nær strandlinjen vest for flyplassområdet hvor det er typiske sanddyneformasjoner.

Terrenget på de aktuelle tomter ligger på ca kote 5 til 7 med svakt fall mot sørvest.

De utførte sonderinger viser at løsmassenes lagringsfasthet generelt er gradvis økende med dybden fra meget løst lagring i toppen til fast lagrede masser ned mot stoppnivået. For de dypeste boringene vil imidlertid en del av sondermotstanden bestå i friksjon langs borstålet og lagringsfastheten i større dybde vil dermed være mindre enn hva som registreres ved boringene.

Lagringsfasthetens økning med dybden er noe varierende mellom borpunktene. Dette indikerer varierende mektigheter av løsmasseavsetningens forskjellige lag.

Variasjonene mellom borpunktene innbyrdes er størst på tomten for sikringsbygget hvor det også er registrert de største mektigheter av løst til middels fast lagrede masser.

Stedvis, og i størst grad på tomten for sikringsbygget, er det registrert et begrenset fast lag i 6-8 m dybde.

Ramsonderingene er ført til stopp for en vesentlig del i dybder på 25-35 m. En

BY

enkelt boring på tomten for driftsbygget har imidlertid stoppet i 16.5 m dybde (boring nr. 17). Da dette samsvarer dårlig med de øvrige sonderinger vil vi anta at denne boringen har stoppet mot stein eller et lokalt fast lag i massene.

Som tidligere påpekt vil registreringen av dybder til fast grunn eller fjell være usikker ved så store løsmassemektigheter som registrert ved de aktuelle ramsonderinger. Sikker fjellpåvisning betinger bruk av vognbormaskin.

Prøveseriene viser at det vindavsatte finsandlaget har en mektighet på 7-8 m.

Finsandlaget inneholder organisk materiale i varierende mengder. Foruten det organiske topplaget er det således registrert et markert sterkt humusholdig lag ved bunnen av avsetningen.

Det organiske topplaget har gjennomgående en mektighet på 1-1.5 m og består av sandholdig matjord avbrutt av finsandlag med høyt organisk innhold.

Under topplaget er humusinnholdet gradvis avtagende til 0.5 til 1 % inntil det sterkt organiske laget ved bunnen av avsetningen påtreffes.

Det organiske laget ved bunnen av finsandavsetningen har en mektighet på 2-3 m ved de to prøveseriene. Det må imidlertid påregnes lokale variasjoner og stedvis større mektigheter. Videre må det påregnes at det i finsandavsetningen forøvrig kan finnes lokale organiske lommer eller lag.

På tomten for sikringsbygget etterfølges finsandlaget av et lag leire som ved prøveserie I har en mektighet på ca 6 m.

Også leirelaget er noe humusinfisert og det er målt organisk innhold på ca 1 %.

Vanninnholdet i leirelaget er målt til 40-45%, som sammen med den målte porøsitet (ca 50-55%) indikerer middels til meget kompressible masser. Dette bekreftes av de utførte ødometerforsøk, kfr. tegning nr. 7770 -71.

Det målte vanninnhold ligger tildels høyere enn materialets flytegrense.

Leirens udrenerte skjærfasthet er målt til ca 2-3 $Mp/m^2$. Leiren er for en stor del meget sensitiv med skjærfasthet i omrørt tilstand av størrelsen 0.1 $Mp/m^2$ som betyr at leiren vil få tilnærmet flytende konsistens ved forstyrrelse.

BY

Leire er ikke registrert på tomten for driftsbygget. I underkant av finsandlaget er det her funnet grusig sand.

Prøveseriene er avsluttet i henholdsvis 14 og 7.3 m dybde. Massenes sammensetning under disse nivåer er således ikke kjent. Ut fra det foreliggende grunnlag vil vi imidlertid anta at massene i større dybde består hovedsaklig av sand og grus med gradvis overgang til mer velgradert morenemateriale ned mot fjell.

Dybden til fjell er ukjent.

Det øvre finsandlaget på tomten kan ut fra kornfordelingskurvene klassifiseres som ikke telefarlig (klasse T 1).

Grunnvannstanden på tomten er målt ved peiling i borhullet for prøveserie II, hvor vannspeilet ble funnet å ligge på kote 4.1 d.v.s. 1.2 m under terreng. Denne verdi må kun betraktes som orienterende p.g.a. av den enkle målemetoden. Det må videre påregnes sesongmessige variasjoner.

Grunnvannstanden er erfaringsmessig generelt høy og vil kunne nå terrengnivå i nedbørrike perioder.

Sikre opplysninger om grunnvannstanden vil kunne fåes ved nedsetting av piezometre og måling over en lengre periode.

Seismiske hastigheter.

Som følge av at sikringsbygget skal dimensjoneres for grunnsjokk er vi blitt bedt om å vurdere seismiske hastigheter i de aktuelle masser ut fra de foreliggende data.

Vi vil anslå de seismiske hastigheter som følger:

Over grunnvannstanden:

Relativt ren finsand ($O_{na} < 1\%$) : $V_p$ = 350 m/s

Under grunnvannstanden:

Moderat til lite humusholdig finsand: $V_p$ = 1500 m/s

Sterkt organisk finsand ($O_{na} > 3\%$): $V_p$ = 1000-1300 m/s

Leire : $V_p$ = 1500-1600 m/s

Underliggende masser (antatt velgradert sand/grus) : $V_p$ = 1900-2100 m/s

BY

Det understrekes at ovenstående er gjennomsnittlige erfaringstall og således kun må betraktes som veiledende.

Videre må poengteres at ovenstående verdier er primærbølgehastigheter ($V_p$) (d.v.s. longitudinalbølger) som måles ved vanlig refraksjonsseismikk.

Tilsvarende opplysninger om sekundærbølgehastigheter ($V_s$) (d.v.s. transversalbølger) vil eventuelt kunne fremskaffes ved litteraturstudium.

## D. GEOTEKNISK VURDERING

Ifølge mottatte tegninger vil sikringsbygget få en grunnflate på ca 1350 $m^2$. Hertil kommer et flyplasstårn som skal tilknyttes bygget mot sørøst. Bygget skal oppføres som stedstøpt betongkonstruksjon i 2 etasjer hvorav størstedelen av nedre etasje skal utføres som sikret konstruksjon.

Laveste gulv vil bli liggende i terrengnivå. Mot sørøst skal det imidlertid etableres en kulvert som forbindelse mellom tårnet og byggets sikrede del. Dette antas å ville medføre utgraving til 2-3 m dybde under naturlig terreng.

Flyplasstårnet vil få en total høyde på ca 40 m over terreng.

Driftsbygget vil få en grunnflate på ca 2450 $m^2$ og består for en stor del av garasje og verksted i 1 etasje. Sørvestre del av bygget skal imidlertid benyttes til kontorer etc. hvor det skal etableres 2 etasjer ved hjelp av et innskutt dekke.

Driftsbygget skal oppføres i prefabrikkert betong med bærende søyler og bjelker. Bygget skal ikke ha kjeller.

### Fundamentering.

En direktefundamentering av byggene vil ved de rådende grunnforhold medføre risiko for store total- og differansesetninger for en stor del som følge av de organiske lag i finsandavsetningen. På tomten for sikringsbygget vil en imidlertid også måtte påregne setninger i den underliggende kompressible leire.

Setningene i finsandavsetningen kan vanskelig beregnes eksakt, men må erfaringsmessig påregnes å bli av størrelsen 10-20 cm. For sikringsbygget viser setningsberegninger at det i tillegg må påregnes 5-10 cm setning i den underliggende leire.

BY

Setningene vil pågå over lang tid (flere år).

Det må påregnes betydelige setningsdifferanser som følge av variasjoner i grunnforholdene (ujevne lagtykkelser og vekslende organisk innhold) samt varierende belastninger. Erfaringsmessig må det således påregnes differansesetninger på 50 % av totalsetningene.

Etter vår vurdering vil en tilfredsstillende fundamentering av byggene bare kunne oppnås ved bruk av peler. Eventuelt kan driftsbygget fundamenteres direkte dersom det ved feltmåling av grunnens kompressibilitet (ved prøvebelastninger eller måling med feltkompressometer) kan påvises at setningene ikke vil overstige akseptable grenser.

Ut fra ovenstående vil vi anbefale at byggene fundamenteres på peler som fortrinnsvis bør være spissbærende, d.v.s. peler som rammes til stopp i faste masser eller mot fjell etter et på forhånd oppsatt stoppkriterium beregnet ut fra nyttelaster og pelelengder.

Driftsbygget vil bli en relativt lett konstruksjon og en vil trolig oppnå dårlig kapasitetsutnyttelse på spissbærende peler. Det kan således her være aktuelt å benytte friksjonspeler hvor belastningene opptas ved sidefriksjon mot pelene i massene under finsandavsetningen. Eventuelt valg av friksjonspeler bør foretas etter en samlet teknisk/økonomisk vurdering ut fra mulige pelelaster og nødvendige pelelengder ved de 2 alternativer.

Omtrentlig lengder på spissbærende peler vil normalt kunne bedømmes på forhånd ut fra stoppnivået ved ramsondering. Som følge av de store dybder bør det imidlertid for de aktuelle bygg regnes med noe større pelelengder enn hva ramsonderingene tilsier.

Vi vil anbefale at det utføres fjellkontrollboringer for forhåndsbestemmelse av nødvendige pelelengder. Ved fjellkontrollboringene vil en dessuten i noen grad kunne registrere eventuelle bæredyktige faste masser over fjell.

Aktuelle peletyper vil være prefabrikkerte, skjøtbare betongpeler med tverrsnitt 600-800 $cm^2$ som kan belastes med 75-100 Mp (brukslast) forutsatt at et tilfredsstillende stoppkriterium oppnås.

Stålpeler kan være et aktuelt alternativ som spissbærende peler til stor dybde.

Pelenes nyttelast vil måtte reduseres dersom det foretas oppfylling, grunnvanns-

BY

senkning eller lignende som medføres setning og derved vedhengskrefter på pelene.

Ved eventuell vurdering av friksjonspeler kan den mobiliserbare friksjonsmotstand ut fra den registrerte sondermotstand anslås til ca 5 $Mp/m^2$ (bruddlast). Ved beregning av brukslast må denne verdi divideres med en sikkerhetsfaktor F = 2.5-3.

Den antatte friksjonsmotstand må kontrolleres ved prøvebelastning eller etterregnes ut fra rammedata.

Det ensgraderte finsandlaget vil være meget ømfindtlig overfor vibrerende belastninger som kan bevirke at massene får tilnærmet flytende konsistens (liquefaction). Dette vil medføre tap av bæreevne og pelenes sidestøtte i massene. Det må kontrolleres at fundamentene har tilfredsstillende stabilitet ved eventuelle vibrerende belastninger.

Fundamentering av laveste gulv.

Fundamenteringen av laveste gulv må sees i sammenheng med fundamenteringen av de bærende konstruksjoner.

Dersom de bærende konstruksjoner fundamenteres på peler som ovenfor beskrevet, vil en kunne få setningsdifferanser mellom gulv og vegger ved bruk av gulv på grunnen.

Setninger vil kunne inntre som følge av nyttelaster, oppfylling for gulvet eller av inntilliggende terreng, ved grunnvannssenkning eller andre tiltak som medfører tilleggsbelastninger på underliggende masser. Endelig vurdering av eventuelle gulv på grunnen bør således foretas når fundamenteringsløsning for de bærende konstruksjoner er valgt, når gulvkoter er bestemt og øvrige forhold som nevnt ovenfor er klarlagt.

Vi vil foreløpig anta at det bør benyttes frittbærende gulv i kontorer og lignende. For å spare underforskaling kan gulvet støpes på avrettet terreng.

Garasjedelen av driftsbygget bør kunne utføres med gulv på grunnen forutsatt at det benyttes asfaltdekke som muliggjør relativt enkel oppretting av eventuelle setninger.

Forut for oppbygging av eventuelt gulv på grunnen må det foretas avgraving av det organiske topplaget (til 1-1.5 m dybde). Ved tilbakefylling må benyttes velgradert

BY

sand/grus eller sprengstein ved lagvis utlegging og grundig komprimering.

Bruk av sprengstein vil medføre at det må legges ut et filterlag av velgradert sand/grus mot underliggende naturlige masser. Alternativt kan det benyttes fiberduk.

Det må påsees at massene i et øvre 15-20 cm lag under gulvene er fritt drenerende og kommuniserer med den utvendige drenasje.

Grave- og fyllingsarbeider.

Grave- og fyllingsarbeidene i tilknytning til prosjektet vil ut fra de foreliggende planer bli begrensede og hovedsaklig omfatte graving og tilbakefylling for pelehoder, gulv på grunnen, ledningsgrøfter og kulvertforbindelsen mellom sikringsbygget og tårnbygget.

Den største gravedybden vil trolig bli 2-3 m for kulverten. Utgraving til denne dybde i ensgradert finsand under grunnvannstanden vil medføre behov for pumpeutstyr (well-point) eller tett lang spunt for å sikre utgravingens stabilitet. Tilsvarende tiltak kan bli nødvendige for dype ledningsgrøfter eller annen utgraving under grunnvannstanden.

Ved tilbakefylling hvor massene skal danne underlag for gulv på grunnen, veier og plasser eller lignende, må det benyttes velgradert sand/grus ved lagvis utlegging og komprimering for å sikre et enhetlig underlag.

E. SLUTTBEMERKNING

Vi bistår gjerne ved den videre planlegging og ved utførelsen av grunn- og fundamenteringsarbeidene.

Vi vil be om å få tilsendt de endelige planer for gjennomsyn.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

H.P. Jensen

O.Kr. Sande

NG.: BORINGSUTSTYR OG OPPTEGNING AV RESULTATER.

● DREIESONDERING

utføres med 22 mm borstål med glatte skjøter og med en 30 mm skruespiss nederst. Boret belastes med opptil 100 kg og dreies ned med motorkraft eller for hånd.

Motstanden mot boret illustreres ved en tverrstrek på borhullstegningen ved den dybde spissen har nådd etter hver 100 halve omdreininger. Antall halve omdreininger påføres høyre side av borhullet.

Skrafert borhull angir at boret er sunket uten omdreining med den belastning som er påført venstre side av borhullet.

Krysset borhull angir at boret er slått ned.

○ ENKEL SONDERING

består av slagboring eller spyleboring til fast grunn eller antatt fjell.

▼ RAMSONDERING

utføres med 32 mm borstål med glatte skjøter og med en 38 mm 6-kantet spiss nederst. Boret rammes ned med et 75 kg fallodd som føres på borstangen og drives av en motornokk.

Motstanden mot boret illustreres i et diagram som viser rammearbeidet pr. m ($Q_o$) for å drive boret ned

$$Q_o = \frac{\text{Loddvekt x fallhøyde}}{\text{Synkning pr. slag}} \quad \text{(Mpm/m)}$$

TRYKKDREIESONDERING

utføres med 32 mm fjellbor med muffeskjøter og med en ca.60 mm hardmetall-krone nederst. Boret opereres fra en motorisert borrigg som dreier boret ned med en konstant omdreiningshastighet på 25 o/min. og en konstant matningshastighet på 3 m/min.

Motstanden mot neddrivning i Mp registreres automatisk med en skriverenhet.

✡ FJELLKONTROLLBORING

utføres med 32 mm fjellbor med muffeskjøter og med 51 mm hardmetall kryss-skjær nederst. Boret drives av en tung pneumatisk borhammer under spyling med vann under høyt trykk. Det kreves en kompressor med minst 10 $m^3$/min. kapasitet.

Boring gjennom leire, grus etc. eller gjennom større stein noteres.
Når fjell er nådd, bores 3-5 m i fjellet for sikker påvisning og motstanden registreres som borsynk (cm/min.).

⊕ KJERNEBORING

utføres med borstenger som nederst har et ca. 3 m kjernerør påskrudd en diamantkrone. Det finnes en rekke typer bormaskiner, kronetyper og diametre, men i prinsipp utføres boringene alltid ved å ta opp kjernerøret når det er fullt, ta ut kjernen for oppbevaring og senke kjernerøret for boring av neste prøve.

◎ MASKINSKOVLING

utføres med en hul borstang påsveiset en spiral (auger) som opereres av en borrigg. Det kan skovles ned til 5-20 m dybde avhengig av massens art, fasthet og grunnvannstand. Man får forstyrrede, men representative prøver. Skovlhullet gir anledning til observasjon av grunnvannsforhold og til å gå videre med annet boringsutstyr.

Skovling kan også utføres med enklere utstyr (skovlbor).

◎ PRØVETAKING

av tilnærmet uforstyrrede prøver utføres normalt med en prøvetaker som i prinsipp består av en 60-90 cm tynnvegget stålsylinder med 54 mm diameter og med et innvendig stempel. Prøvetakeren presses til ønsket dybde med stempelet i nedre ende, dernest fastholdes stempelet mens sylinderen presses videre ned og skjærer ut prøven. Sylinderen trekkes opp, forsegles og sendes inn for laboratorieundersøkelse.

Også andre prøvetakere benyttes, avhengig av grunnforholdene.

+ VINGEBORING

utføres ved hjelp av et vingekors på 6.5 x 13 cm som presses ned i leiren. Vingekorset dreies rundt ved hjelp av et instrument som registrerer dreiemomentet ved brudd i leiren. Av dette beregnes skjærfastheten.

⊖ PORETRYKKMÅLING (og måling av grunnvannstand)

utføres ved et piezometer eller brønnspiss som i prinsipp er et finkornet filter som evner å holde jordpartikler tilbake mens vann slipper igjennom. Piezometerspissen presses ved hjelp av rør til ønsket dybde og poretrykket registreres som vannets stigehøyde.

MOBILE BORRIGGER

For utførelse av boringsoperasjoner som er beskrevet på side 1 og 2 har vi anskaffet mobile borrigger med forskjellig utrustning og muligheter:

- Borriggen "Goliat" er beltegående (bygget på et Muskeg understell), utstyrt med et hydraulisk system drevet av en 100 Hk motor, som opererer dreiehodet, nedpressing og opptrekk via bortårnet, pumpe for vann eller borvæske m.m.

  Borriggen brukes videre til fjellkontrollboring og diamantboring.

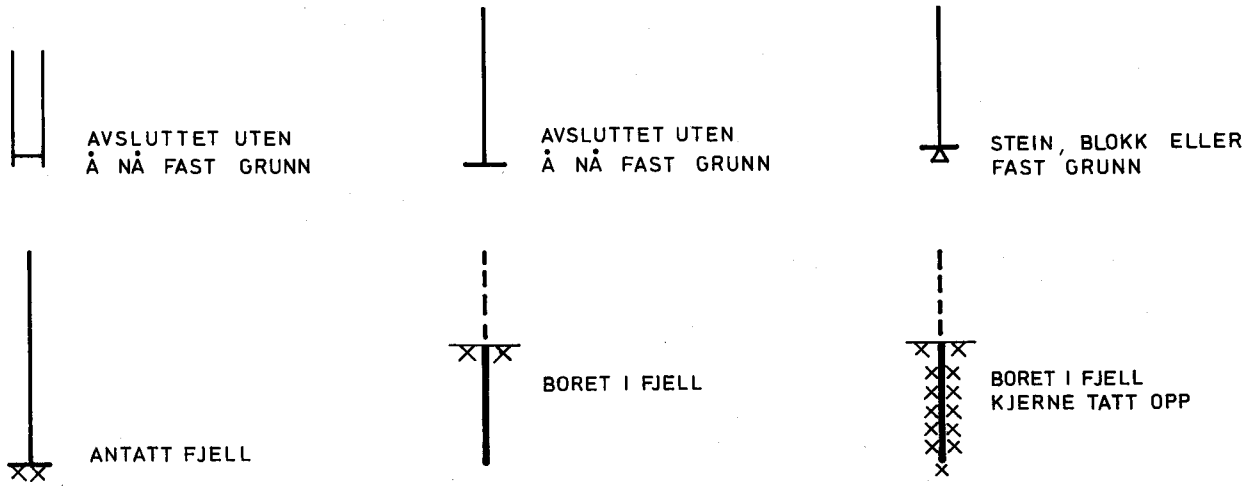
- Borriggen "David" er hjulgående og 4-hjulsdrevet (bygget på en Unimog lastebil). Den har hydraulisk system som ovenfor, men er ellers noe enklere utstyrt.

- Borriggen "Samson" er beltegående (Muskeg understell) og utstyrt med utstyr for fjellkontrollboring.

Hvor de mobile borrigger ikke kan settes inn, brukes minitraktor og motorhjelp forøvrig for å effektivisere boringsarbeidet.

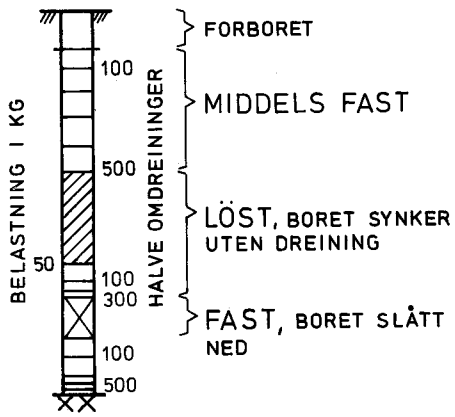
NG.: BORINGSUTSTYR OG OPPTEGNING AV RESULTATER

## AVSLUTTET BORING

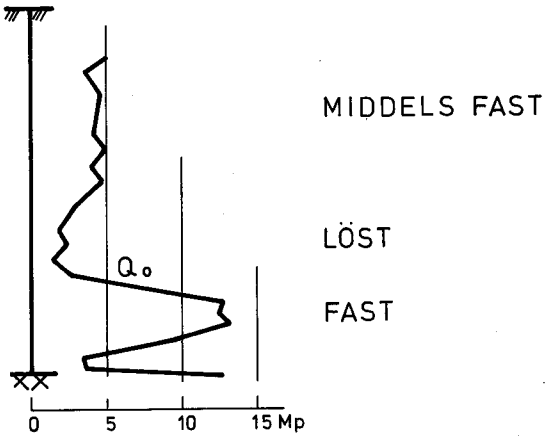



## BORINGSRESULTATER

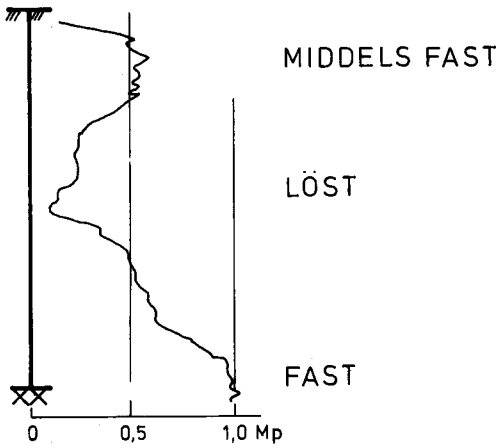
● DREIESONDERING



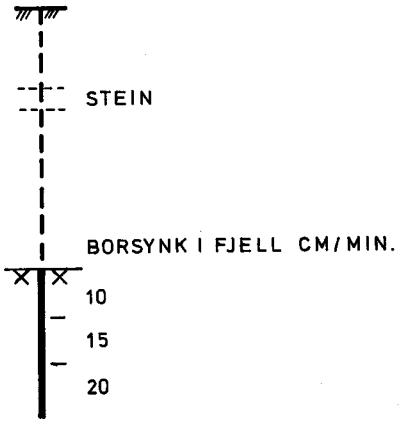

▼ RAMSONDERING




TRYKKDREIESONDERING




FJELLKONTROLLBORING



NG.: GEOTEKNISKE DEFINISJONER, LABORATORIEUNDERSÖKELSER AV PRÖVER

JORDARTER

MINERALSKE JORDARTER klassifiseres på grunnlag av korngraderingen. Betegnelsen på de enkelte fraksjoner er:

| Fraksjoner | Leire | Silt | Sand | Grus | Stein | Blokk |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kornstørrelse mm | <0.002 | 0.002-0.06 | 0.06-2 | 2-60 | 60-600 | >600 |

En jordart inneholder en eller flere kornfraksjoner, og betegnes med substantiv for den fraksjon som har størst betydning for dens egenskaper, og med adjektiv for medvirkende fraksjoner (eksempel: siltig og sandig leire).

Morene er en usortert istidsavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leire til blokk. Den største fraksjonen kan angis i beskrivelsen (eksempel: grusig morene, moreneleire).

ORGANISKE JORDARTER klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

| | |
|---|---|
| Torv | består av omdannede rester av myrplanter |
| Gytje | består av omdannede vannavsatte plante- og dyrerester |
| Mold | sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur |
| Matjord | det øvre sammenfiltrede humuslag, som skarpt skiller seg fra mineraljorden |

LABORATORIEUNDERSØKELSER. GEOTEKNISKE PARAMETRE

For nærmere undersøkelse av grunnens geotekniske egenskaper foretas laboratorieundersøkelser av opptatte prøver, og derved bestemmes forskjellige geotekniske parametre. Omfanget av slike undersøkelser avhenger av undersøkelsens art og den geotekniske problemstilling.

De viktigste geotekniske undersøkelser/parametre er:

SKJÆRFASTHET (Su, $\tau_f$)
(udrenert skjærfasthet) bestemmes ved trykkforsøk og konusforsøk på uforstyrrede prøver i laboratoriet eller vingebor in situ. Skjærfastheten av leire er ikke entydig, den vil variere med retning, målehastighet og andre forhold.

SKJÆRFASTHETSPARAMETRE
Kohesjon c (eller attraksjon a) og friksjonsvinkel $\phi$ angir variasjonen av skjærfasthet med effektivt korntrykk (totaltrykk minus poretrykk). Verdiene bestemmes ved triaksiale trykkforsøk eller skjærforsøk med poretrykksmåling.

SENSITIVITET (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. Leire som blir flytende i omrørt tilstand betegnes kvikkleire.

VANNINNHOLD (w)
angir vekten av vann i % av vekten av fast stoff i prøven og bestemmes ved tørking ved 110°C.

FLYTEGRENSE ($w_L$) (eller finhetstall $w_F$) 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.

PORØSITET (n)
er volumet av porene i % av totalvolumet av prøven.

ROMVEKT ($\gamma$)
er vekten pr. volumenhet av prøven. Romvekt, vanninnhold og porøsitet er sammenhengende verdier ved vannfylte porer.

TØRR ROMVEKT ($\gamma_D$)
er vekten av tørrstoffet pr. volumenhet.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER
for en jordart undersøkes ved pakningsforsøk (Proctor-forsøk). Prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid. Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr romvekt som funksjon av vanninnhold. Den maksimale tørre romvekt som oppnås benyttes ved definisjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider.

CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)
er et uttrykk for relativ bæreevne av et jordmateriale. Et stempel presses ned fra overflaten av det pakkede materiale med en bestemt hastighet. CBR-verdien angir nødvendig kraft for en bestemt deformasjon, angitt i % av en forhåndsbestemt kraft for tilsvarende deformasjon på et standard materiale av knust stein. CBR benyttes til dimensjonering av overbygning for asfaltdekker.

HUMUSINNHOLD ($O_{na}$)
bestemmes ved en kolorimetrisk natronlutmetode og angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i en relativ skala.

KOMPRESSIBILITET
måles ved ødometerforsøk (eller ødo-triaksial forsøk). En prøve påføres belastning trinnvis og for hvert trinn måles sammentrykningen etter bestemte tidsintervaller. Av forsøket beregnes parametre som uttrykker materialets motstand mot sammenpresning og tilhørende tidsfunksjon, parametre som må kjennes for setningsberegninger.

KORNFORDELINGSANALYSE
utføres ved sikting av fraksjonene større enn 0.125 mm. For de mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. Materialet slemmes opp i vann, romvekten av suspensjonen måles med bestemte tidsintervaller og kornfordelingen kan dernest beregnes ut fra Stokes lov om partiklenes sedimentasjonshastighet.

TELEFARLIGHET
bestemmes ut fra kornfordelingen eller ved å måle den kapillære stigehøyde i et kapillarimeter. Telefarligheten graderes i gruppene T 1 (ikke telefarlig), T 2 (lite telefarlig), T 3 (middels telefarlig) og T 4 (meget telefarlig).

PERMEABILITETSKOEFFISIENTEN (k)
uttrykker strømningshastigheten for vann gjennom materialet under en hydraulisk gradient på 1. I leire er $k = 10^{-6} - 10^{-9}$ cm/sek. og i sand og grus er $k = 10^{-1} - 10^{-3}$ cm/sek.

<u>Beregningsarbeidet</u> som laboratorieundersøkelsene nødvendiggjør utføres hovedsakelig ved hjelp av programmer vi har utviklet for en bord-regnemaskin med plotterbord.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

STATENS BYGGE - OG EIENDOMSDIREKTORAT
STAVANGER LUFTHAVN, SOLA
NYTT SIKRINGSBYGG OG DRIFTSBYGG

BORING NR. I
BORET DATO

# GEOTEKNISKE DATA

BORPLAN NR.

TERRENGKOTE 6,5
BUNNKOTE

| Lag | Dybde m | Prøve | n % | $O_{na}$ % | γ Mp/m³ | $S_t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MATJORD OG FINSAND | | | | >3 | | |
| | | | | >3 | | |
| FINSAND, ORG. | | K | | >3 | | |
| FINSAND | | | 48 | 0,8 | 1,84 | |
| | | K | 45 | 1,0 | 1,90 | |
| | | | 49 | | 1,82 | |
| FINSAND, ORG. m/SKJELLR. | | | 55 | 3,0 | 1,72 | |
| SAND + ORG. MATERIALE (LAGVIS OG BLANDET) | | | 59 | 2,9 | 1,65 | |
| | | | 65 | >3 | 1,54 | |
| FINSAND, ORG. m/SKJELLRESTER | | K | 49 | 1,8 | 1,79 | |
| | | | 43 | 1,3 | 1,94 | |
| LEIRE | | Ø | 52 | | 1,82 | |
| | | K | 49 | 0,9 | 1,87 | 6,7 |
| LEIRE, SILTIG | | Ø | 54 | | 1,80 | |
| | | | 54 | 0,8 | 1,80 | 16 |
| LEIRE, SILTIG m/STORE SVARTE FLEKKER OG LAG | | Ø | 52 | | 1,82 | |
| | | K | 54 | 0,9 | 1,80 | 16,7 |

VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER % (20 30 40 50)

(W = 63%) →

SKJÆRFASTHET $S_u$ (Mp/m²) (1 2 3 4 5)

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

∘ NATURLIG VANNINNHOLD
—|— ($W_F$) FINHETSTALL ELLER ($W_L$) FLYTEGRENSE
|— ($W_P$) UTRULLINGSGRENSE ELLER (W) KONUSGRENSE

n = PORØSITET
$O_{na}$ = HUMUSINNHOLD (NATRONLUTMET.)
γ = TOTAL ROMVEKT
$\gamma_d$ = TØRR ROMVEKT

▽ KONUSFORSØK
○ TRYKKFORSØK
15-○-5 (10) DEFORMASJON VED BRUDD %
+ VINGEBORING
· OMRØRT SKJÆRFASTHET
$S_t$ SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TRIAKSIALFORSØK

| 4000-515 | KONTR. | TEGNET Sa. | DATO 7. 12. 78 | MÅL 1:100 | SAK NR. 7770 | TEGN. NR. 10 | REV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

**NOTEBY**
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

STATENS BYGGE - OG EIENDOMSDIREKTORAT
STAVANGER LUFTHAVN, SOLA
NYTT SIKRINGSBYGG OG DRIFTSBYGG

BORING NR. II
BORET DATO

# GEOTEKNISKE DATA

BORPLAN NR.

TERRENGKOTE 5.3
BUNNKOTE

| DYBDE m | PRØVE | VANNINNHOLD OG KONSISTENSGRENSER % (20 30 40 50) | n % | $O_{na}$ % | γ Mp/m³ | SKJÆRFASTHET $S_u$ (Mp/m²) (1 2 3 4 5) | $S_t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ≫3 | | | |
| | | | | ≫3 | | | |
| | | | | ≫3 | | | |
| | | | 47 | | 1,84 | | |
| | K | | 45 | 0.5 | 1,88 | | |
| | | | 45 | 0.5 | 1,89 | | |
| | | | 58 | 0.5 | 1,67 | | |
| | K | | 54 | 0.7 | 1,75 | | |
| | | | 57 | | 1,70 | | |
| | | | 60 | 3 | 1,64 | | |
| | | (W=95%) → | 74 | | 1,39 | | |
| | | (W=98%) → | 75 | >3 | 1,34 | | |
| | K | | | 0.5 | | | |

ATJORD OG FINSAND
INSAND, ORG.
INSAND
INSAND m/MYE INKORNIGE SKJELLREST.
INSAND, ORG. m/SKJELLRESTER
SAND, GRUSIG m/SKJLLRESTER

PR = PRØVESERIE
SK = SKOVLEBORING
PG = PRØVEGROP
VB = VINGEBORING

∘ NATURLIG VANNINNHOLD
⊣ ($W_F$) FINHETSTALL ELLER ($W_L$) FLYTEGRENSE
⊢ ($W_P$) UTRULLINGSGRENSE ELLER (W) KONUSGRENSE

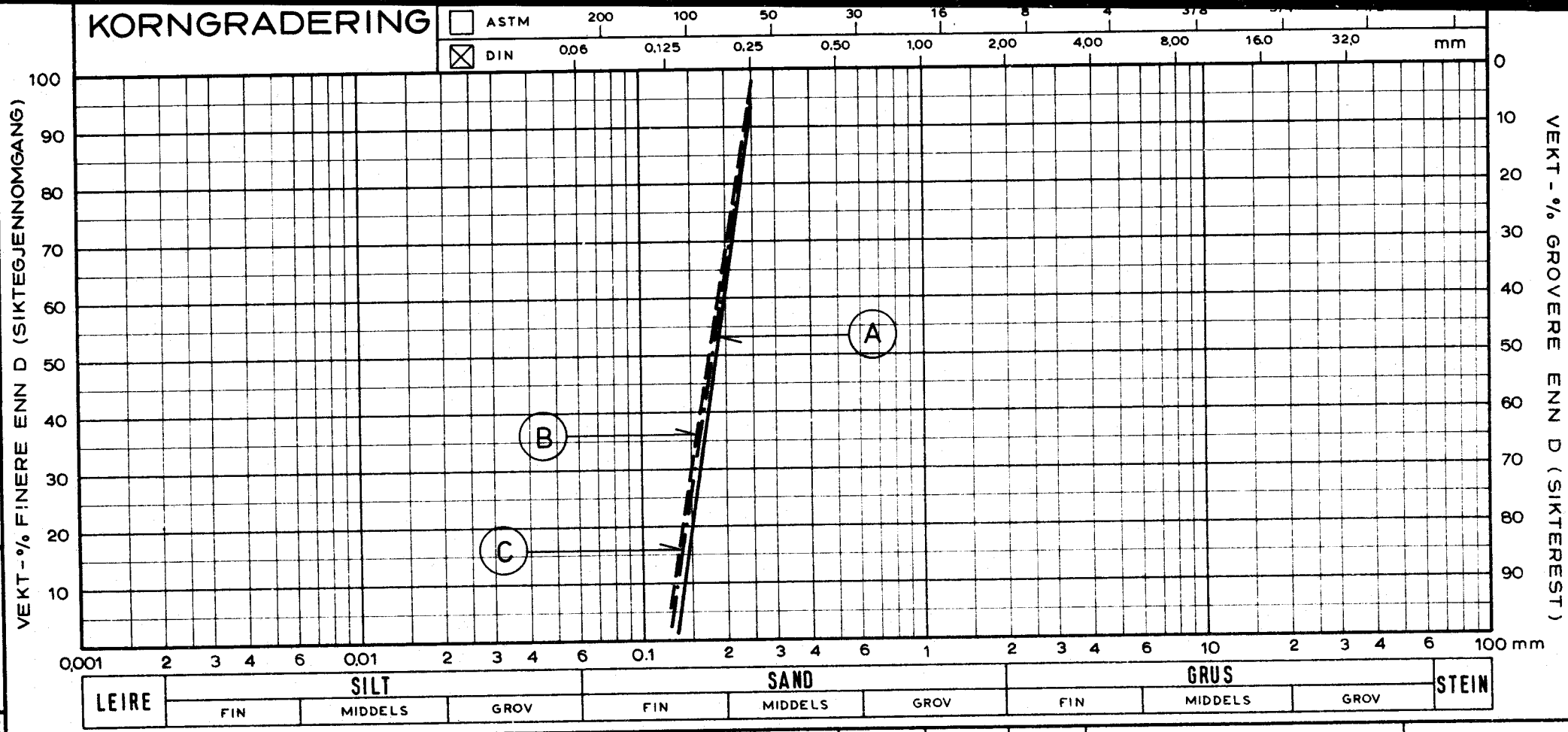
n = PORØSITET
$O_{na}$ = HUMUSINNHOLD (NATRONLUTMET.)
γ = TOTAL ROMVEKT
$\gamma_d$ = TØRR ROMVEKT

▽ KONUSFORSØK
○ TRYKKFORSØK
15-○-5 (10) DEFORMASJON VED BRUDD %
+ VINGEBORING
• OMRØRT SKJÆRFASTHET
$S_t$ SENSITIVITET

Ø = ØDOMETERFORSØK P = PERMEABILITETSFORSØK K = KORNGRADERING T = TRIAKSIALFORSØK

| 4000-515 | KONTR. | TEGNET Sæ. | DATO 12. 12. 78 | MÅL 1:100 | SAK NR. 7770 | TEGN. NR. 11 | REV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

# KORNGRADERING



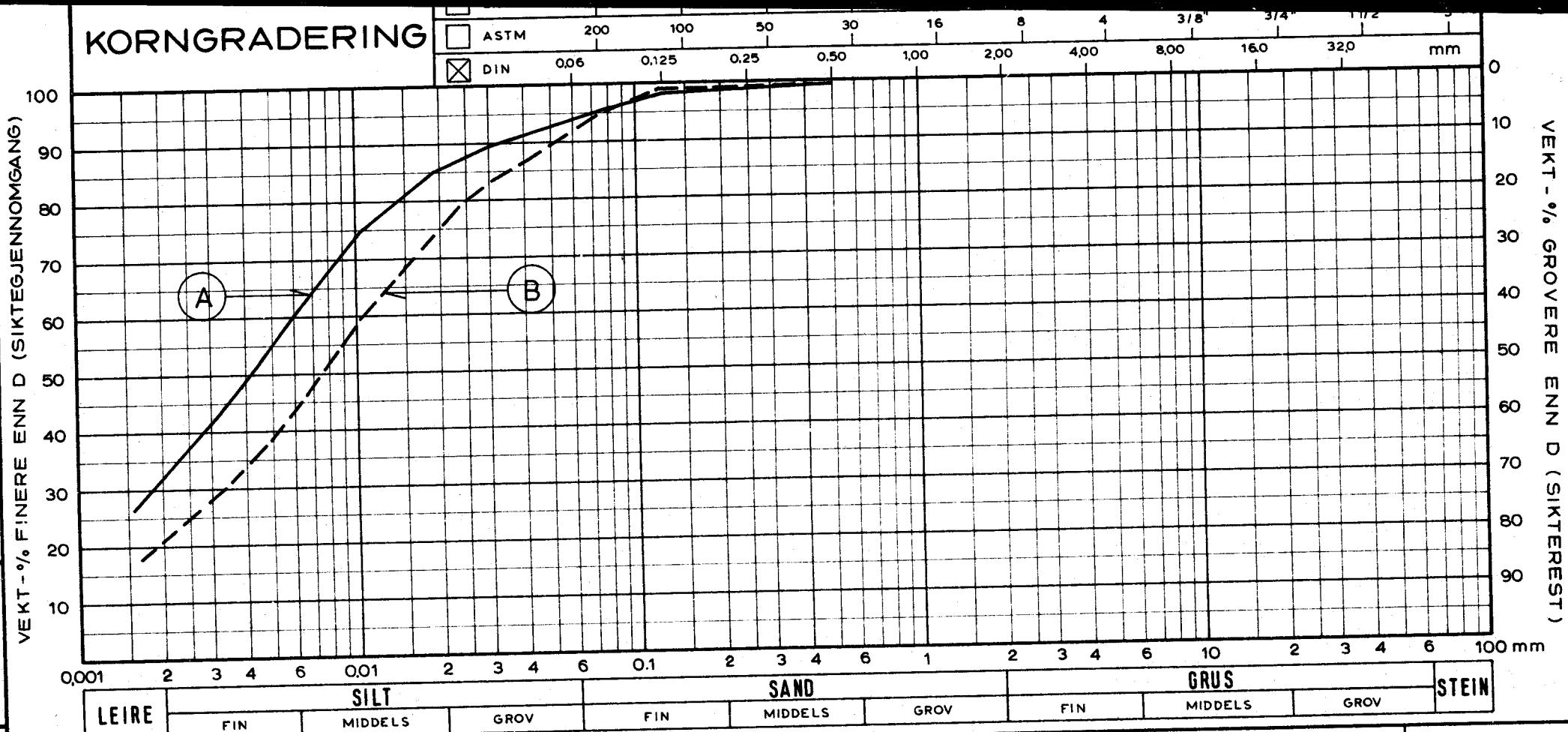

| SYMBOL | PRØVE-SERIE NR. | DYBDE m (KOTE) | MATERIALBESKRIVELSE | W % | Ona % | $\gamma_v$ | n % | | ANMERKNING | METODE TØRR SIKT | HYDR. | VÅT+TØRR SIKT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | I | 0,9-1,1 | FINSAND | 28 | > 3 | | | | | X | | |
| B | I | 3,7 | —"— | 27 | 1,0 | 1,90 | 45 | | | X | | |
| C | I | 7,4 | —"— ORG. | 25 | 1,3 | 1,94 | 43 | | SKJELLRESTER | X | | |

**NOTEBY**
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

STATENS BYGGE - OG EIENDOMSDIREKTORAT
STAVANGER LUFTHAVN, SOLA.
NYTT SIKRINGSBYGG OG DRIFTSBYGG

000-501
KONTR.
TEGNET Sea.
DATO 7. 12. 78
SAK NR. 7770
TEGN. NR. 41
REV.

# KORNGRADERING



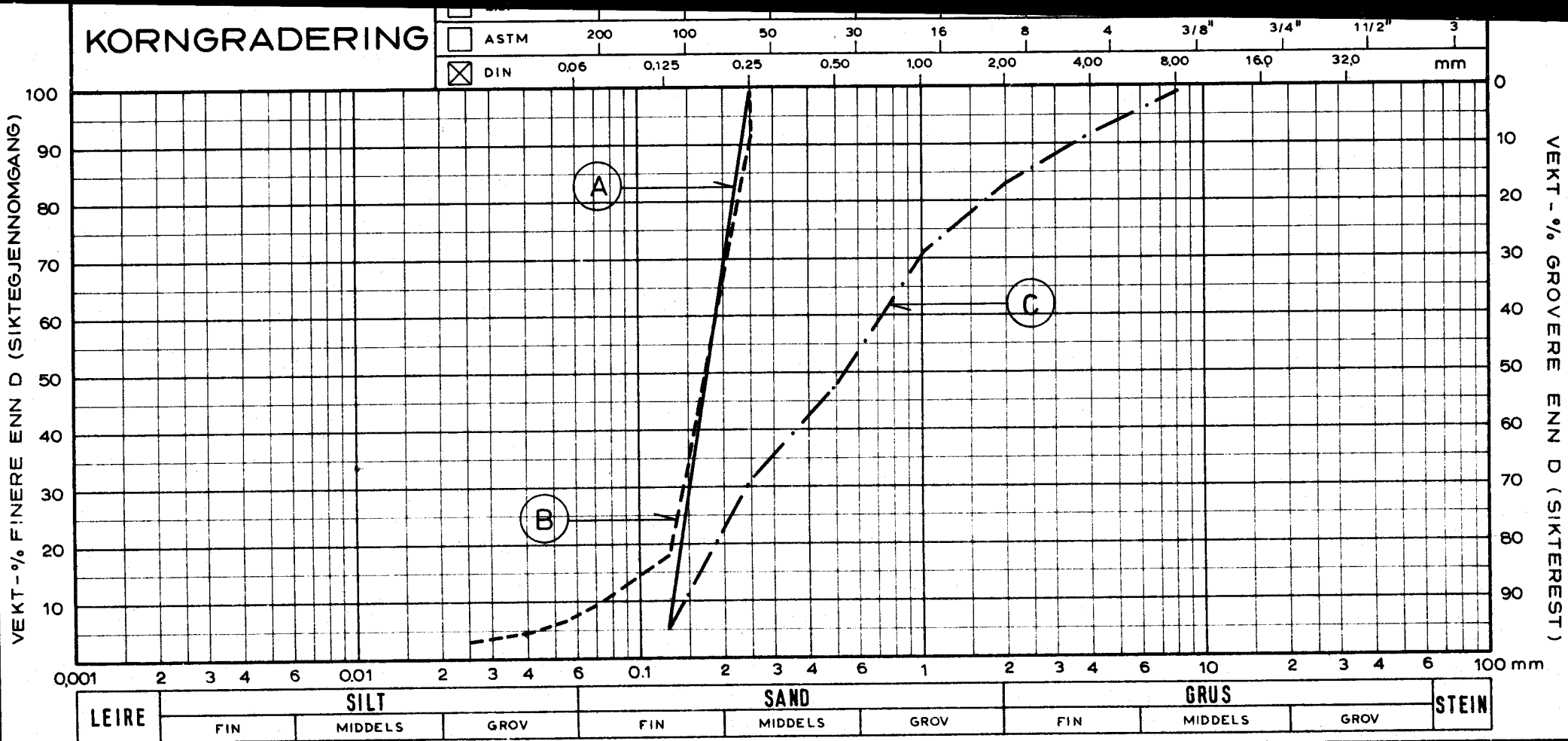

| SYMBOL | PRØVE-SERIE NR. | DYBDE m (KOTE) | MATERIALBESKRIVELSE | W % | Ona % | $\gamma_v$ | n % | | ANMERKNING | METODE TØRR SIKT | METODE HYDR. | METODE VÅT+TØRR SIKT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | I | 9,8 | LEIRE | 37 | 0,9 | 1,87 | 49 | | | | X | X |
| B | I | 13,9 | LEIRE, SILTIG | 44 | 0,9 | 1,80 | 54 | | | | X | X |

**NOTEBY**
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

STATENS BYGGE- OG EIENDOMSDIREKTORAT
STAVANGER LUFTHAVN, SOLA.
NYTT SIKRINGSBYGG OG DRIFTSBYGG

4000 - 501
KONTR.
TEGNET Sæ.
DATO 7. 12. 78
SAK NR. 7770
TEGN. NR. 42
REV.

# KORNGRADERING




| SYMBOL | PRØVE-SERIE NR. | DYBDE m (KOTE) | MATERIALBESKRIVELSE | W % | Ona % | $\gamma_v$ | n % | | ANMERKNING | METODE TØRR SIKT | METODE HYDR. | METODE VÅT+TØRR SIKT |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | II | 1,6 | FINSAND | 27 | 0,5 | 1,88 | 45 | | | X | | |
| B | II | 4,5 | —— " —— | 39 | 0,7 | 1,75 | 54 | | MYE FINKORNIGE SKJELLRESTER | X | X | |
| C | II | 7,3 | SAND, GRUSIG | 20 | 0,5 | | | | SKJELLRESTER | X | | |

**NOTEBY**
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

STATENS BYGGE - OG EIENDOMSDIREKTORAT
STAVANGER LUFTHAVN, SOLA.
NYTT SIKRINGSBYGG OG DRIFTSBYGG

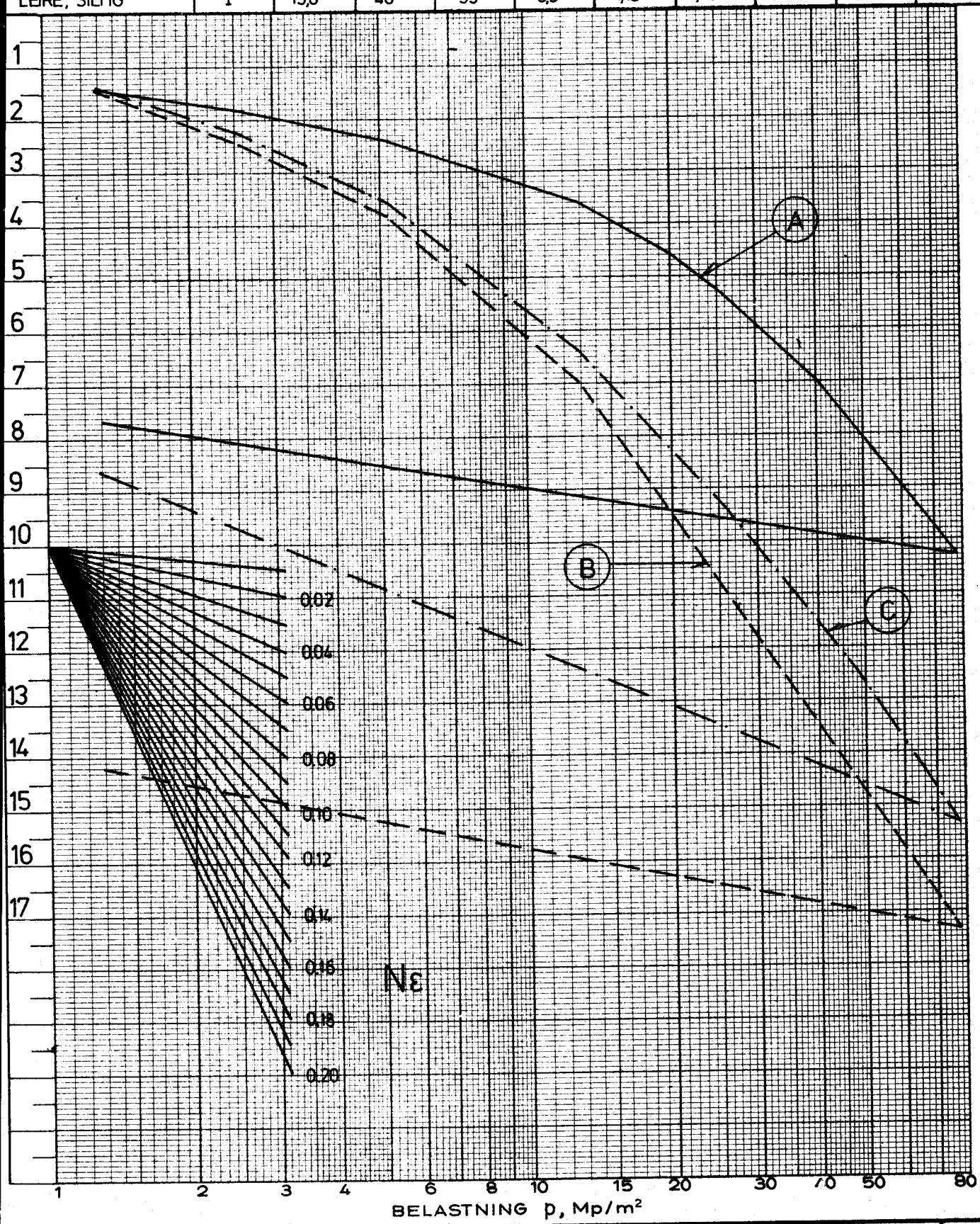
4000 - 501
KONTR.
TEGNET See.
DATO 13.12.78
SAK NR. 7770
TEGN. NR. 43
REV.

NOTEBY
NORSK TEKNISK BYGGEKONTROLL A.S

STATENS BYGGE - OG EIENDOMSDIREKTORAT
STAVANGER LUFTHAVN, SOLA.
NYTT SIKRINGSBYGG OG DRIFTSBYGG

# ØDOMETERFORSØK ε-log p KURVER

| JORDART | PRØVE-SERIE NR. | DYBDE m (KOTE) | VANN-INNH. $w_o$ % | PORØSI-TET $n_o$ | HUMUS O % | PORETALL $e_o$ | ROMVEKT $\gamma_v$ | | $N_\varepsilon$ | $c_v$ $m^2/s$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LEIRE | I | 9,6 | 36 | 50 | 0,9 | 1,00 | 1,85 | | 0,12 | $5 \cdot 10^{-7}$ |
| LEIRE, SILTIG | I | 11,6 | 46 | 55 | 0,8 | 1,22 | 1,77 | | 0,13 | $1,7 \cdot 10^{-7}$ |
| LEIRE, SILTIG | I | 13,8 | 40 | 53 | 0,9 | 1,13 | 1,79 | | 0,12 | $1,2 \cdot 10^{-7}$ |




| 4000 - 502 | KONTR. | TEGNET Soe. | DATO 15.12.78 | | SAK NR. 7770 | TEGN. NR. 71 | REV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|