

INNHOOLD:

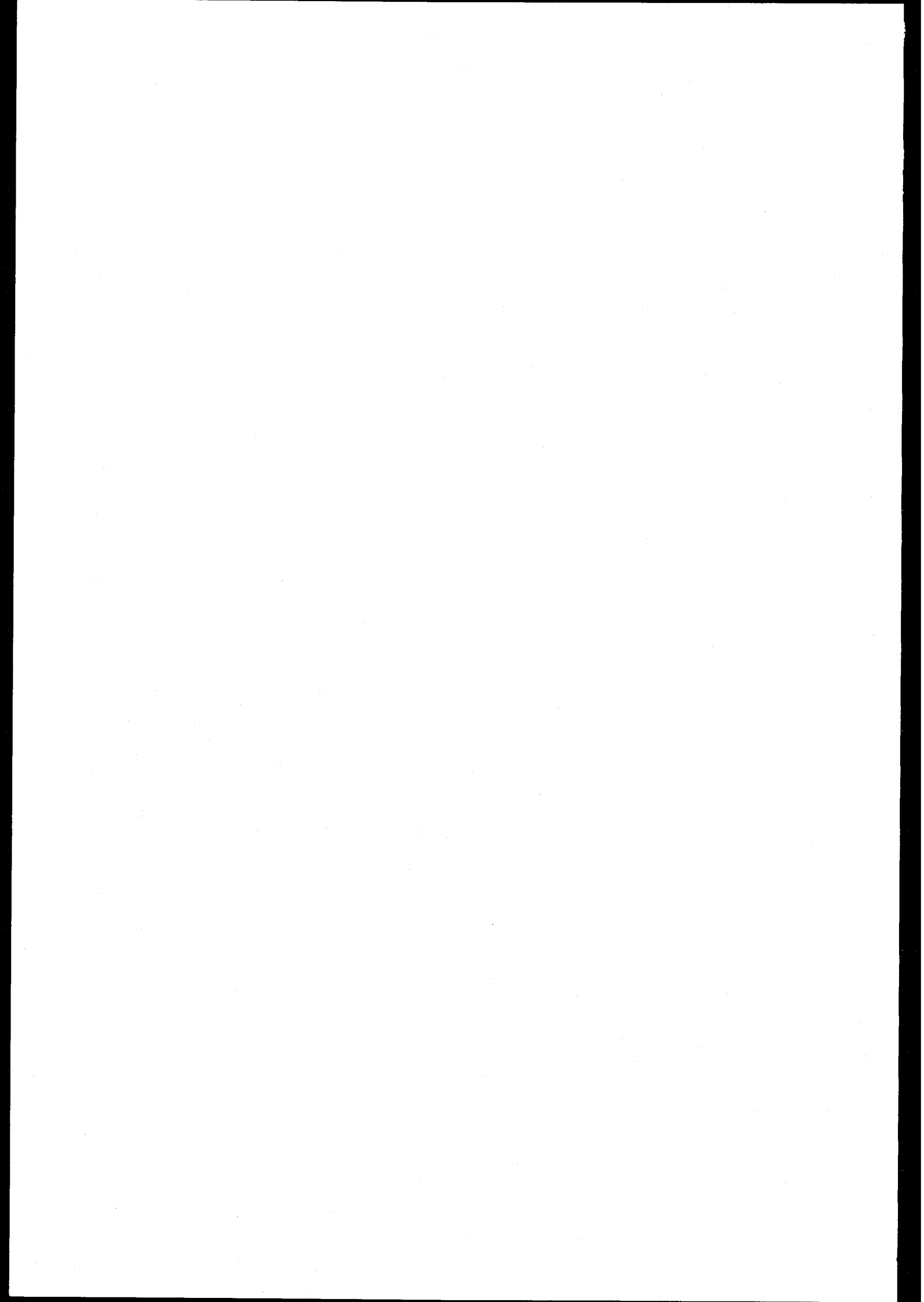
1. Innledning	s. 3
2. Utførte undersøkelser	s. 3
3. Grunnforhold	s. 5
4. Fundamentering	s. 7
5. Pelearbeider	s. 7
6. Utgravning	s. 8
7. Øvrige grunnarbeider	s. 8
8. Kontroll, varslingsplikt	s. 9

BILAG:

1. Situasjonsplan
- 2 - 5. Profiler med boringer og oversikt over grunnforhold:
  2. Profil I
  3. Profil II
  4. Profil III
  5. Profil IV
- 6 - 8. Borprofiler, boring 1, 6 og 12.
  9. Konsolideringsforsøk i ødometer
- 10 - 11. Triaksialforsøk
12. Retningslinjer for pelearbeider.

TILLEGG:

- I. Markundersøkelser
- II. Laboratorieundersøkelser
- III. Spesielle undersøkelser



## 1. INNLEDNING.

Rapporten inneholder en sammenstilling av data fra grunnundersøkelser for nybygg ved Nesna Pedagogiske Høgskole, samt retningslinjer for utførelse av pelearbeider, utgravning og øvrige grunnarbeider.

Grunnundersøkelsene er utført etter oppdrag fra Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat, og gjennomført i samråd med bygningsteknisk konsulent, Nordland Teknisk.

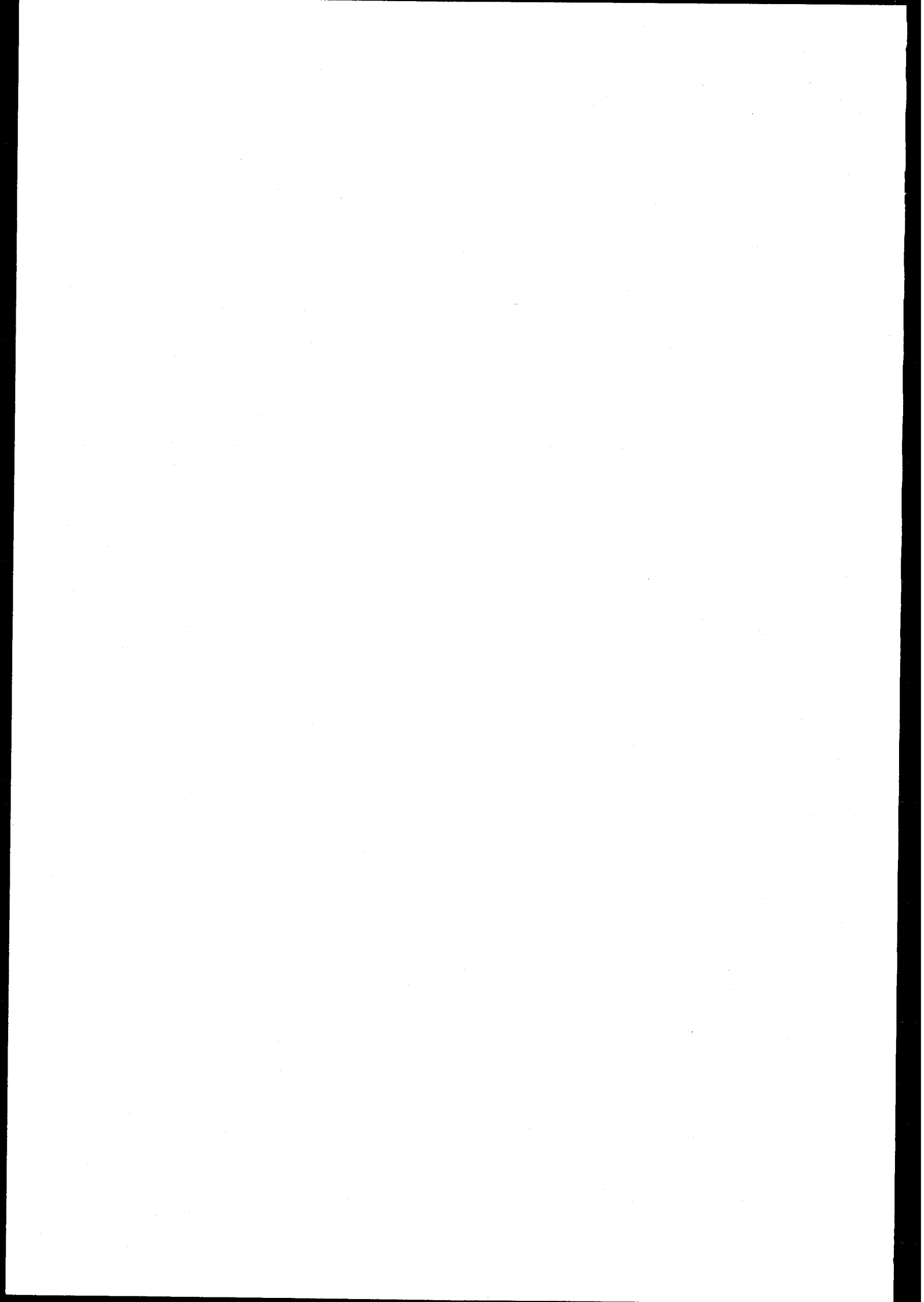
Rapporten supplerer øvrig anbudsmateriale fra Nordland Teknisk, og er underordnet dette med hensyn til generelle og tekniske bestemmelser, avregningsregler o.l.

## 2. UTFØRTE UNDERSØKELSER.

Grunnundersøkelsene på tomten er utført i tre etapper i 1979 - 81:

- 1) Generell forundersøkelse med dreiesondering i punktene 1 - 12, opptak av uforstyrrede prøver i 3 punkter samt poretrykksmåling med piezometer i ett punkt, utført i 1979.
- 2) Supplerende in-situ skjærstyrkebestemmelser med vingebor i punktene 13 - 15 (1980).
- 3) Boringer til fjell eller fast lag med lett bergboremaskin (Pionjär) i punktene 16 - 21 samt ramsondering i to hull, 18 og 21, i januar 1981.

Boringenes plassering er angitt på situasjonsplanen, bilag 1.



Resultater av sonderinger, vingeboringer og poretrykksmåling er fremstilt grafisk i profilene, bilag 2 - 5, sammen med summarisk jordartsoversikt på grunnlag av prøvetakingene. Profilene er opptegnet på grunnlag av kart samt nivellement i borpunkter.

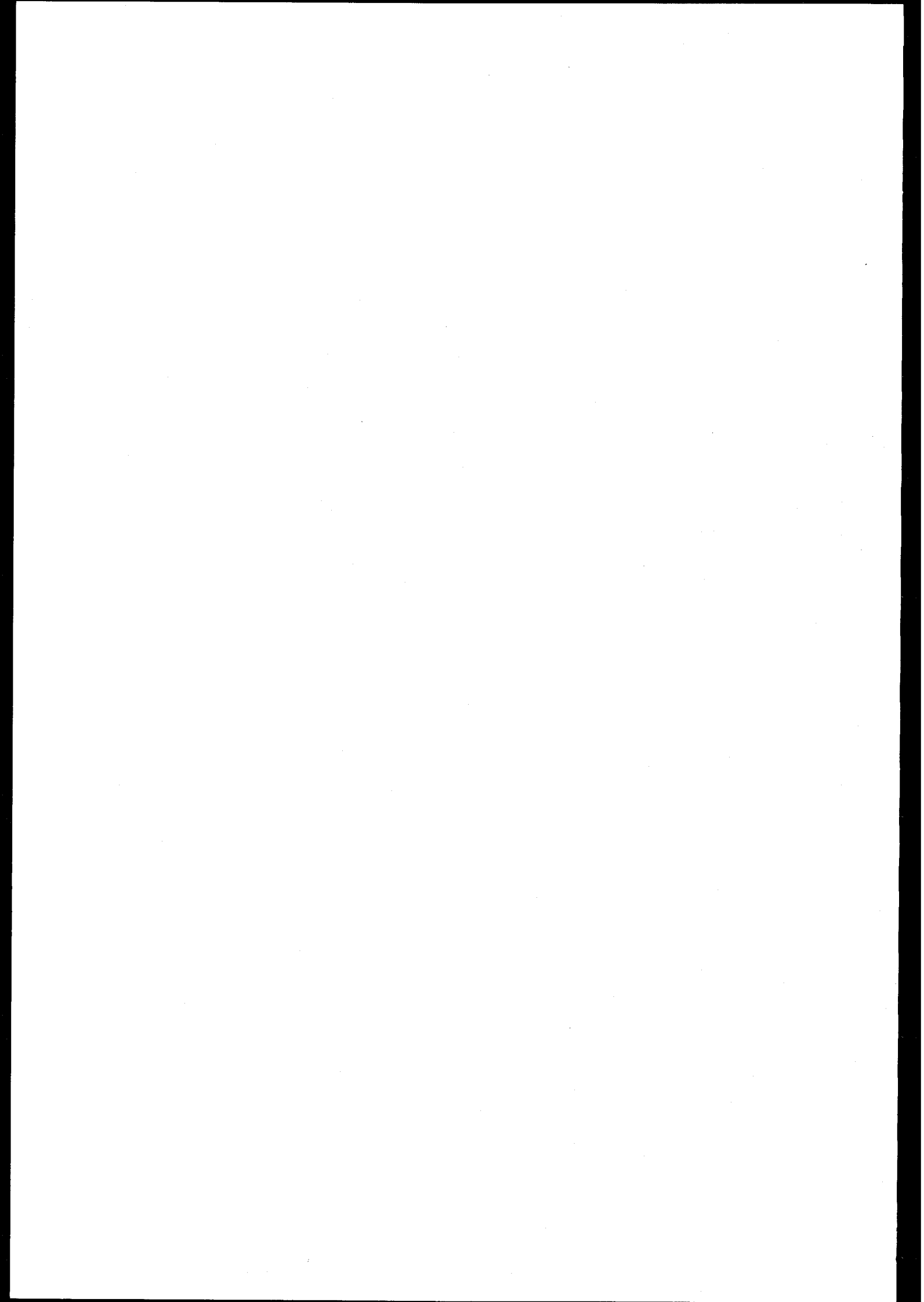
Prøvene, tatt med 54 mm sylinderprøvetaker, er åpnet og undersøkt i vårt laboratorium.

Ved åpningen er prøvene beskrevet og klassifisert, og rutineundersøkt med hensyn til vanninnhold, romvekt og udrenert skjærstyrke i uforstyrret og omrørt tilstand. Resultatene er sammenstilt i borprofiler i bilag 6 - 8.

Videre er det utført 4 konsolideringsforsøk i ødometer (bilag 9) og 2 sett triaksialforsøk for bestemmelse av effektive skjærstyrkeparametre (bilag 10 - 11).

Tillegg I, II og III bak i rapporten gir generelle beskrivelser av metoder og fremstillingsmåter for henholdsvis markundersøkelser, rutineundersøkelser i laboratoriet og spesielle lab.undersøkelser (triaks).

Sonderingsmotstanden ved de forskjellige typer sonderinger er vist i de samme profiler (bilag 2 - 4), dvs. i form av antall halve omdreininger pr. meter ved dreiesonderingene, rammemotstand i kNm/m ved ramsonderingene, og tid (i sek.) pr. meter borsynk ved boringene med lett bergboremaskin.



### 3. GRUNNFORHOLD.

Terrenget på tomten er tilnærmet horisontalt på kote +12 - +13.

I hovedtrekk består grunnen av bløt og til dels meget bløt leire, med øvre lag av skjellsand og kalkkonkresjoner, og overgang til fastere masser i dybden, over fjellet.

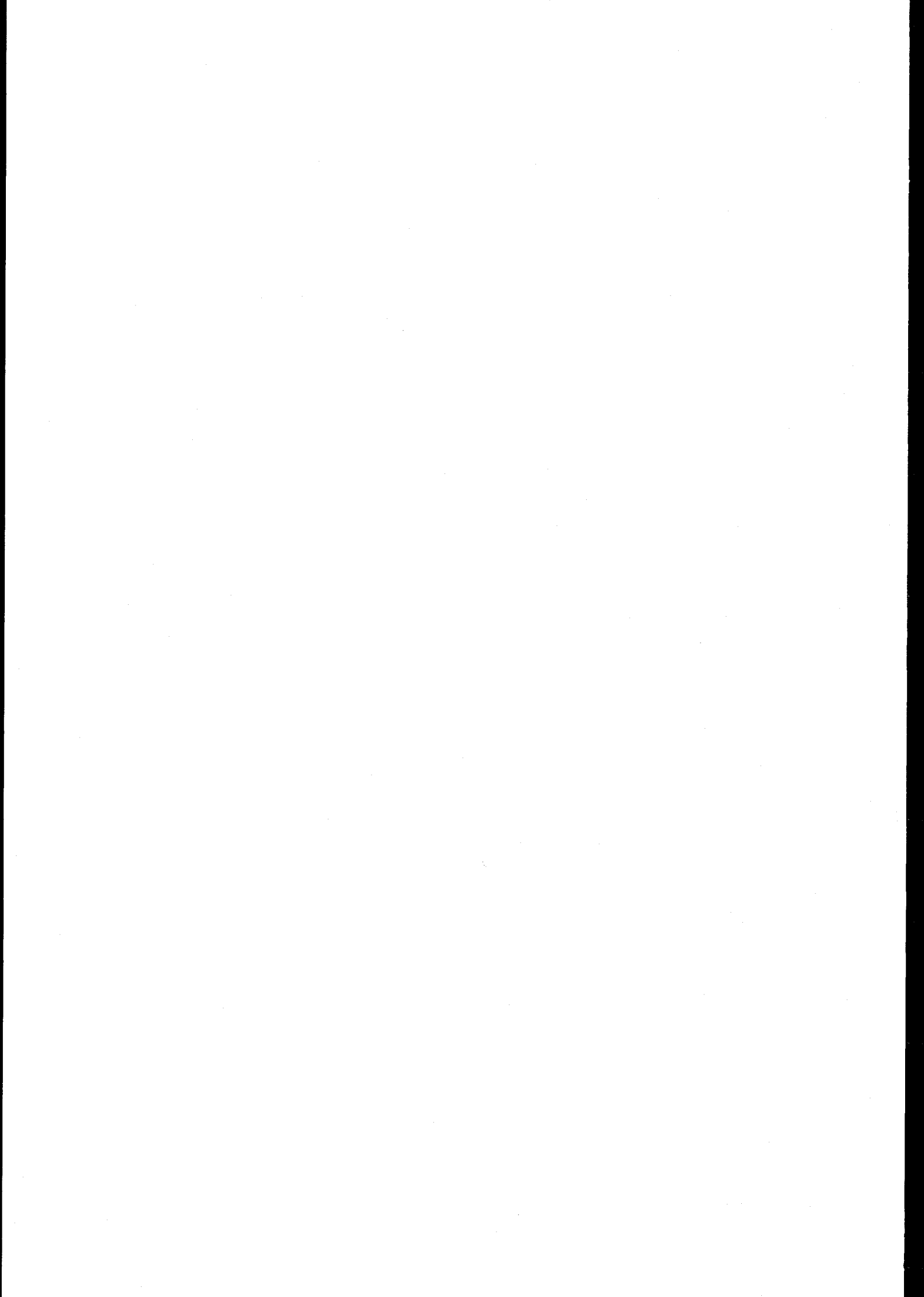
Det øvre humus- og matjordlag er ved de 3 prøvetakingene 20 - 50 cm tykt. Gjennomsnittstykkelse eller variasjonsområde over tomten er ikke undersøkt.

Under humuslaget er funnet lag av blandede masser, silt og siltig leire med stort innhold av kalk-konkresjoner, til dels nesten rene lag av kalk-konkresjoner, og skjellsand, ned til mellom 2 og 3 meter under terreng. Udrenert skjærstyrke er målt i området 15 - 35 kPa, men er vanskelig å bestemme pålitelig i slike masser.

Området har ingen tydelig tørrskorpe med fastere, atmosfærepåvirket leire.

Leira har meget lav skjærstyrke øverst, under 10 kPa fra ca. 3 meters dybde, tiltagende til ca. 30 kPa i 15 meters dybde ved vinge boringene, kfr. bilag 5. Skjærstyrkebestemmelsene i laboratoriet på opptatte prøver (bilag 6 - 8) bør tillegges mindre vekt, p.g.a. prøveforstyrrelse under transport og behandling.

Leira er til dels sensitiv, det vil si at den taper lett fasthet ved bearbeiding, men er ikke definisjonsmessig kvikk. Konsolideringsforsøkene tyder på en liten forkonsolidering, men leira er likevel nokså kompressibel.





Triaksialforsøkene gir grunnlag for karakteristiske skjærstyrkeparametre

attraksjon  $a = 10 \text{ kPa}$

friksjon  $\text{tg } \phi = 0,4$

I dybden viser sonderingene lag av betydelig fastere masser. Det er ikke tatt opp prøver fra disse, men de antas å være av mer moreneaktig karakter. De fastere massene påtreffes fra ca. kote -3 - -4 lengst sør, noe dypere (kote -6 - -8) lenger nordover.

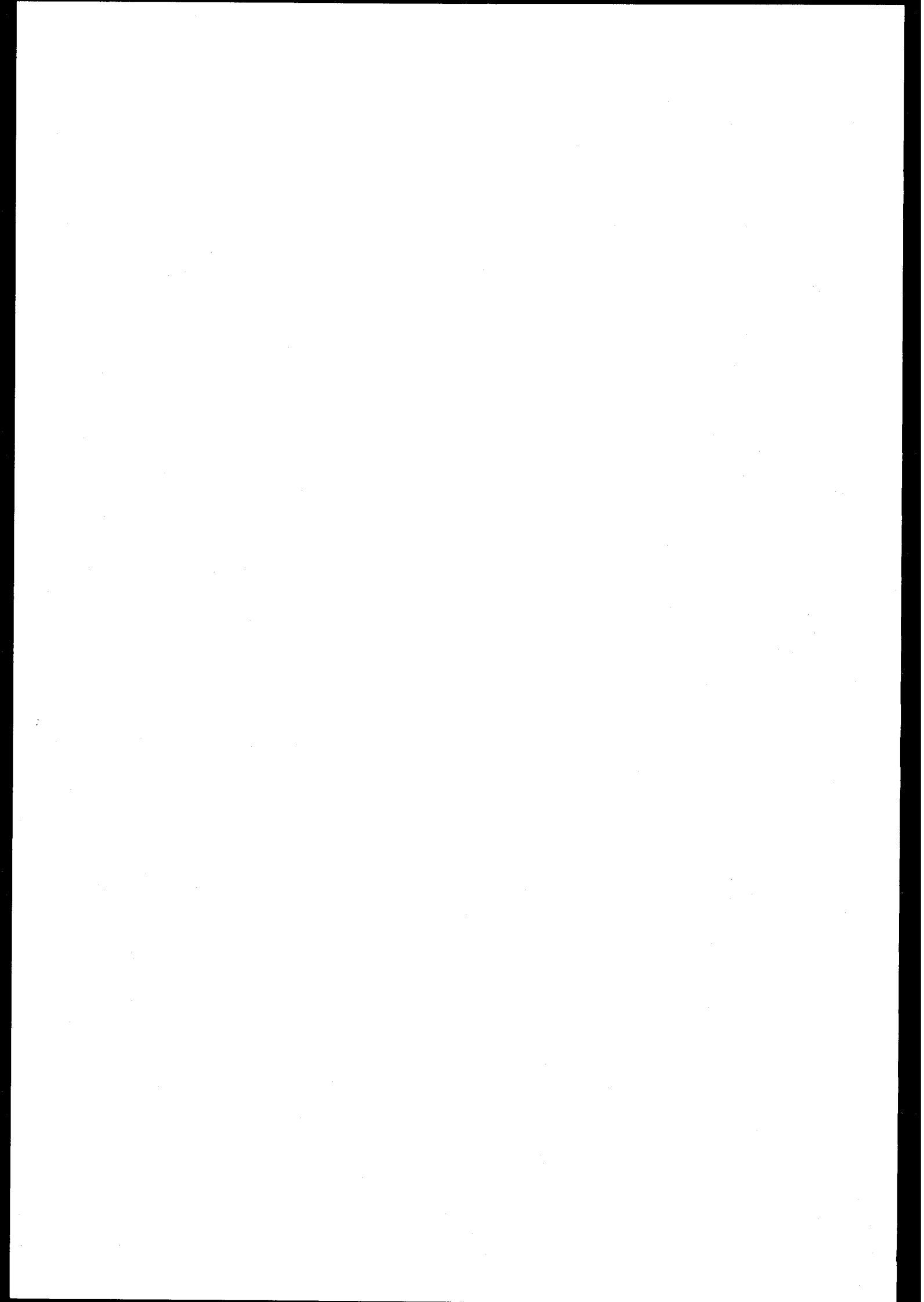
Fjell antas nådd i 4 av punktene, boring 16, 18, 19 og 20, ved dybder som angitt i profilene. I borpunkt 17 og 21 ble boringene avsluttet med usikker fjellkontakt. Det gjøres oppmerksom på at fjellbestemmelser med det anvendte lette utstyr ikke kan betraktes som absolutt sikre, idet større stein kan feiloppfattes som fjell.

Ved sonderingene er det registrert enkelte stein i leira, men ingen boringer har stoppet opp på grunn av stein. Boringene gir ikke sikre informasjoner om hvor mye stein det kan være totalt. I de fastere masser ned mot fjellet vil det ikke være unaturlig om det finnes en del stein.

Rammemotstanden ved ramsonderingene er meget liten i leira, men betydelig økende i de fastere massene ned mot fjellet.

Grunnvannstanden sto (i desember 1979) 0,6 - 0,8 meter under terreng. Poretrykkmålinger viste tilnærmet hydrostatisk trykkøkning videre i dybden.

Det vises til grafisk fremstilling i bilagene for oversikt og detaljer.



#### 4. FUNDAMENTERING.

Bæreevnemessig ville det være mulig å fundamenterere de prosjekterte bygg direkte i løsmassene, på hel bunnplate eller enkeltfundamenter. Faren for setninger av betydelig og varierende størrelse, sammen med lavt tillatt såletrykk, har imidlertid ført til at det er valgt fundamentering på peler til fjell eller fast lag over fjell for alle deler av bygget.

#### 5. PELEARBEIDER.

Det er forutsatt benyttet rammede, prefabrikerte betongpeler.

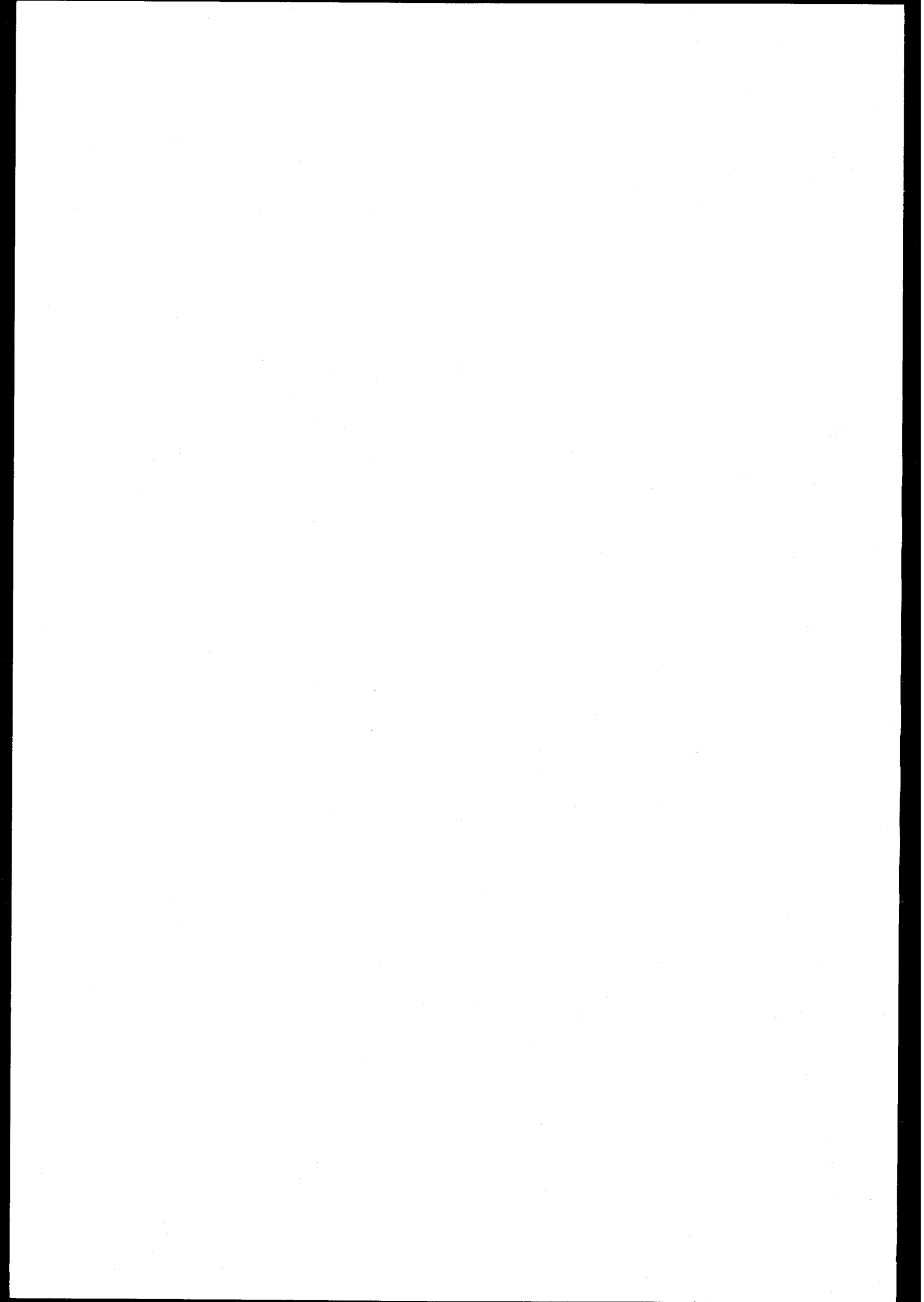
Det tas primært sikte på å ramme pelene til fjell, men oppstilles også alternativt kriterium for avslutning i morene over fjellet dersom rammemotstanden blir så høy at det er fare for over-ramming av pelen.

Foreløpige retningslinjer for utførelse av pelearbeidene er gitt i bilag 12 til denne rapporten.

Da en del forhold, som rammeutstyr, fjellets hardhet m.m. foreløpig ikke er endelig avklart, forutsettes rammekriteriene om nødvendig justert ved oppstart av pelearbeidene.

På grunn av meget dårlig bæreevne i utgravet byggegrop antas det hensiktsmessig å ramme pelene fra nåværende terreng, med topp-peler av passende lengde for å skrues av etter utgravning, evt. med jomfru. Entreprenøren må imidlertid selv vurdere og foreslå den praktiske utførelse av dette.

Tomten ligger ca. 800 meter fra kai.



## 6. UTGRAVNING.

Bløt leire fra liten dybde samt sand- og kalkholdige blandingsmasser i topplagene og høy grunnvannstand gir vanskelig graveforhold. Utgravninger må utføres med stor forsiktighet og med betryggende planlegging og kontroll.

Basert på leiras udrenerte skjærstyrke vil stabil høyde av slake graveskråninger (1:1,5 - 1:2,5) være inntil 2,3 - 2,5 meter. Da forutsettes kantene ikke belastet med opplagg av gravemasser eller annen last.

Massene i de øvre lag er lett påvirkelige av vann og vil kunne ha tendens til å flyte ut p.g.a. utvasking.

All utgravning forutsettes utført med bakgraver, uten å trafikere det utgravde planum med maskiner. Gravemasser må opplastes direkte og transporteres bort.

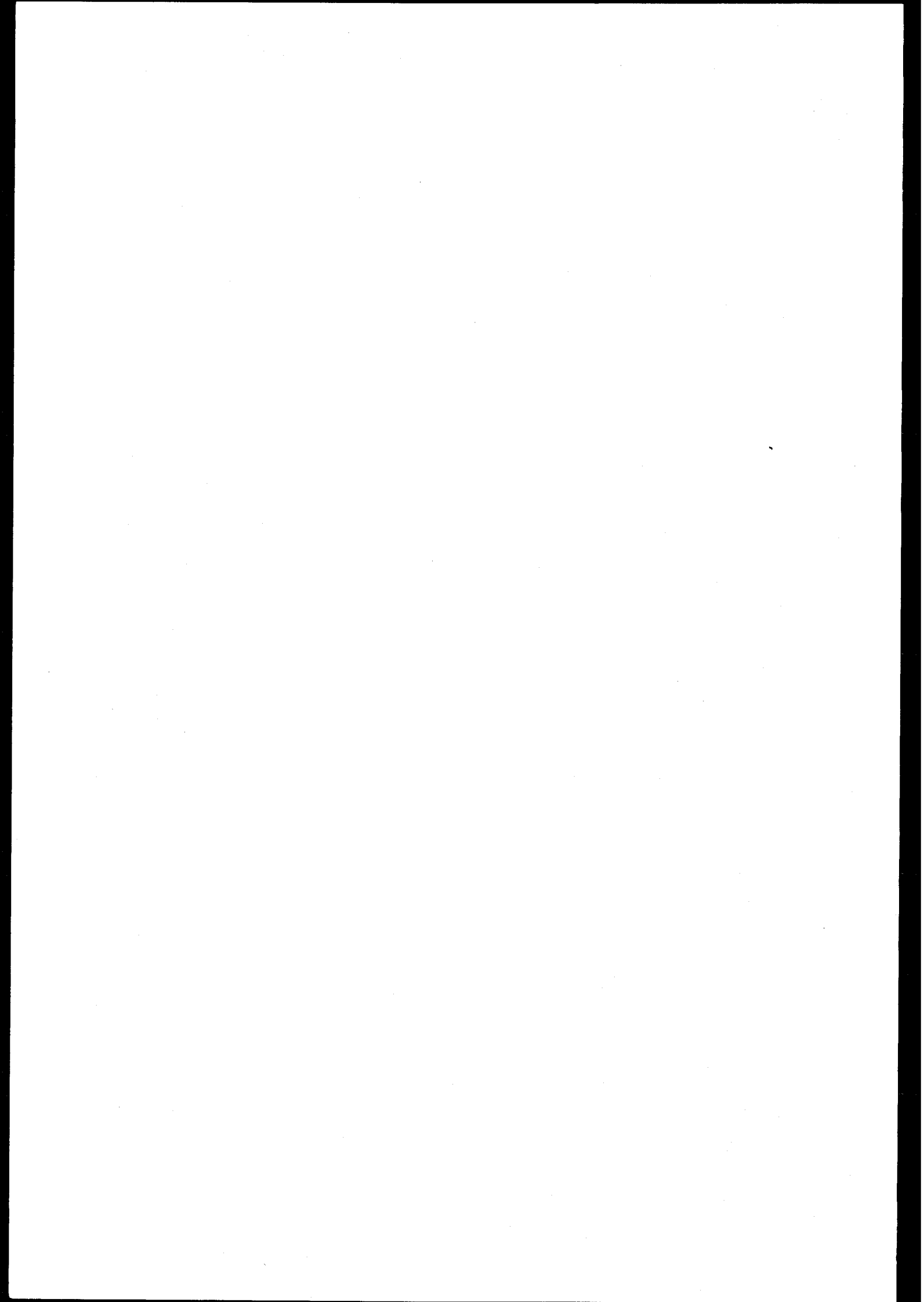
Graving for fundamentgrøfter og fundamenter hvor det på forhånd er pelet, må utføres særlig forsiktig. Pelene må ikke berøres med gravemaskinskuffen, men frigraves og renses for hånd.

## 7. ØVRIGE GRUNNARBEIDER.

For oppbygging av underlag for gulv på grunnen benyttes velgradert, grov grus. Statens Vegvesens krav til bærelagsgrus gir masse av tilfredsstillende kvalitet, men mindre avvik kan tillates. Massene skal kontrolleres og godkjennes før bruk.

Det bør legges fiberduk som separasjon mot undergrunnen.

All organisk masse (matjord o.l.) og evt. andre oppbløtte eller dårlige masser fjernes før utlegging av



fyllinger eller bærelag.

Massene for underlag for gulv skal komprimeres med vibrerende plate etter komprimeringsklasse 2 i NS 3420. Om nødvendig må massene vannes. Når peler, fundamenter eller andre konstruksjonselementer må komprimeringen utføres med forsiktighet slik at horisontalkrefter på konstruksjonene unngås.

#### 8. KONTROLL, VARSLINGSPLIKT O.L.

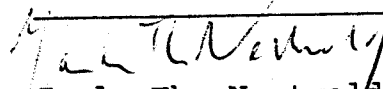
Entreprenøren må fortløpende planlegge og kontrollere arbeidene slik at det ikke oppstår fare for utilfredsstillende eller mangelfull utførelse, med hensyn til pelenes bæreevne, stabilitet av utgravninger, oppbygging av underlag for gulv, bærelag, drenering, tilfylling, komprimering og øvrige grunnarbeider.

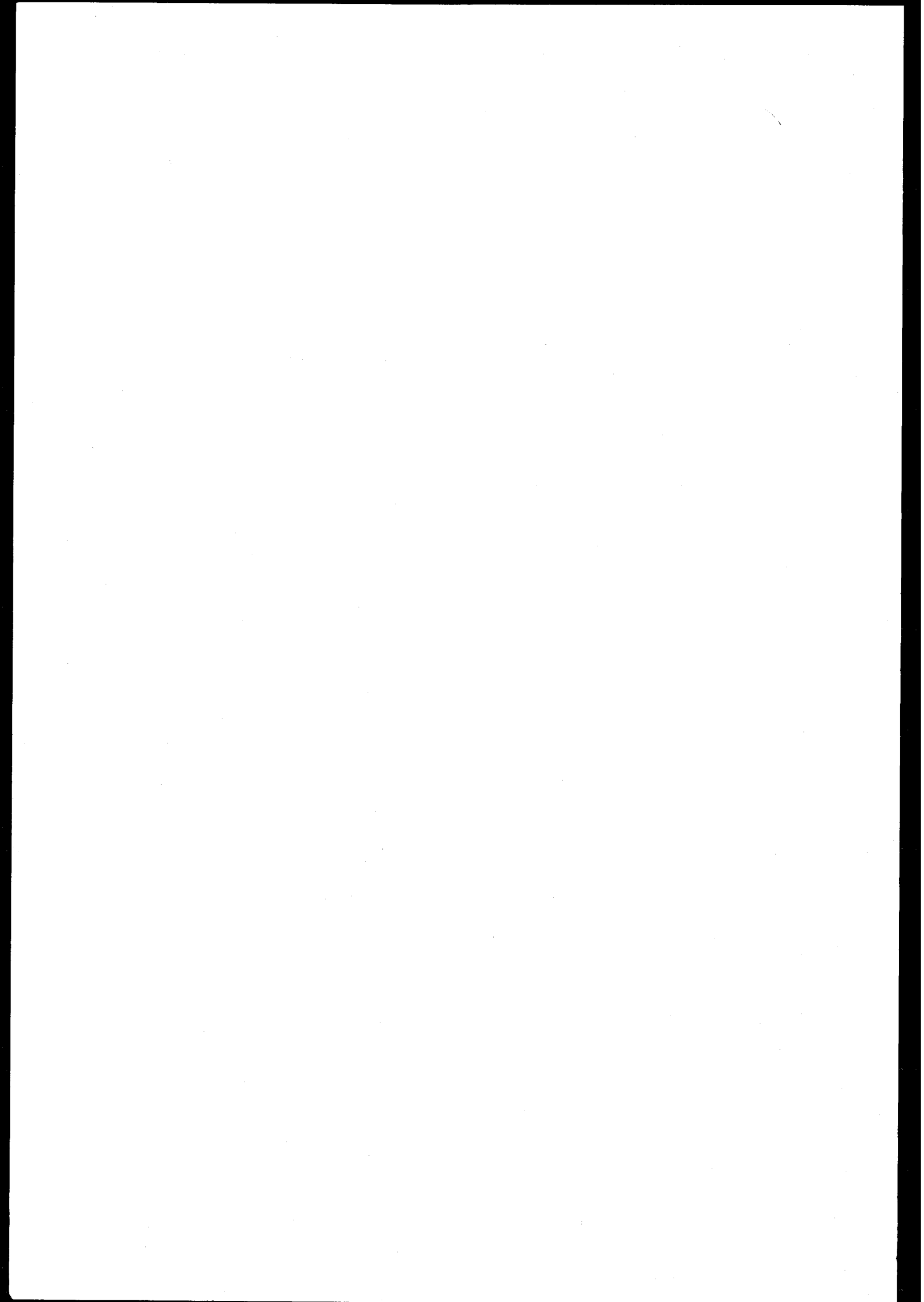
Eventuelle avvik i grunnforholdene, tvil om utførelsen eller andre forhold som kan ha betydning for kvaliteten eller fremdriften av arbeidene skal straks varsles til byggherrens representant på stedet eller til de rådgivende ingeniører i byggeteknikk eller geoteknikk.

Kontaktadresse for geoteknisk konsulent er

Siv.ing. Ottar Kummeneje  
Postboks 32, 7001 Trondheim  
Telefon 075 - 81 766  
Ansv. saksbehandler: O.ing. Nestvold.

OTTAR KUMMENEJE

  
Jarle Th. Nestvold

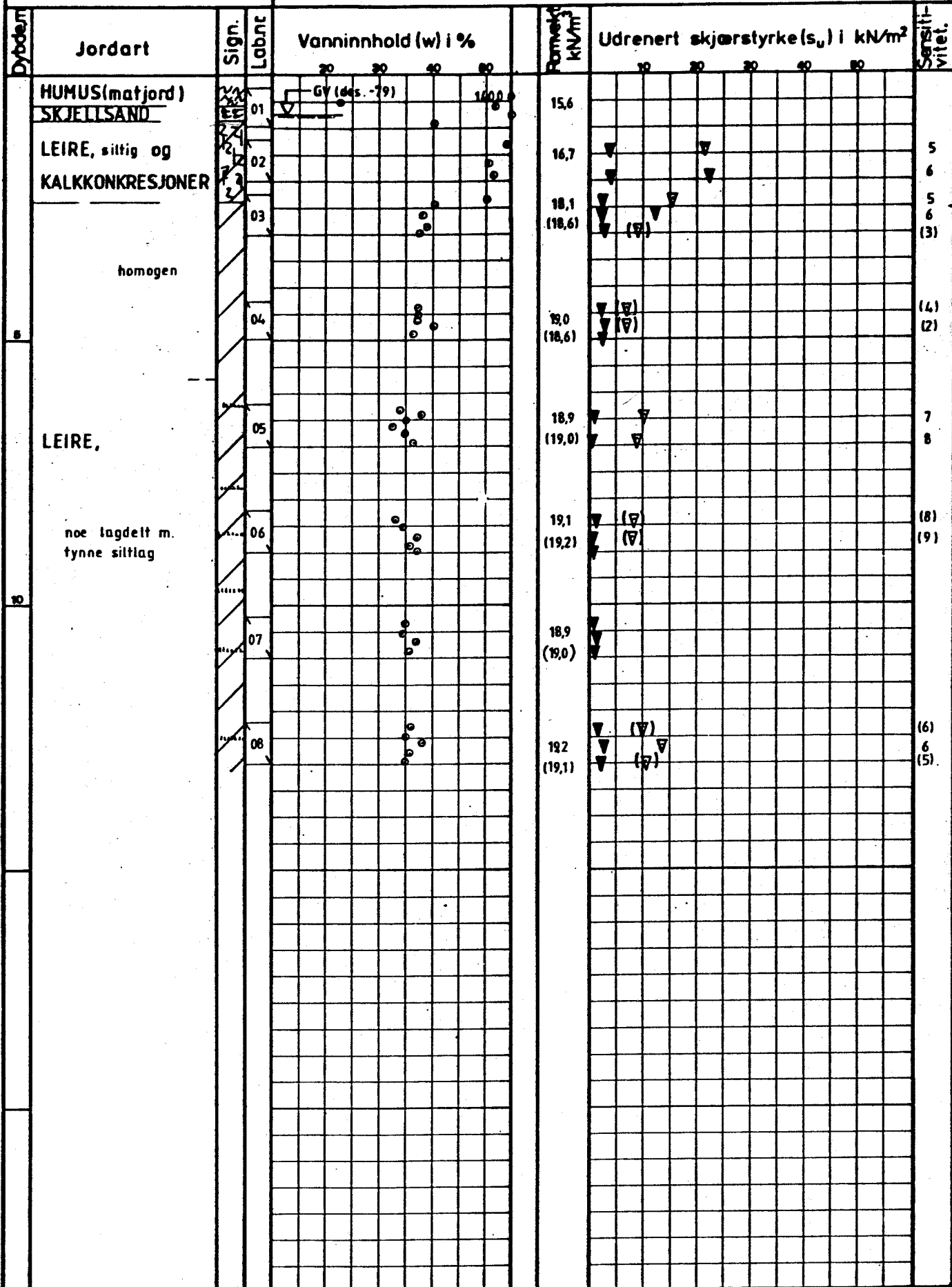




# BORPROFIL

HULL: 1

TERR.NIVÅ: ca +12,55 PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. Ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



Sted: Nesna Pedagogiske Høgskole Mnd/år: 12 / 79

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% v/brudd)

Konussforsøk - Omrørt: Uforstyrret:

Penetrometerforsøk:

Konsistensgrenser: w<sub>p</sub> — w<sub>L</sub>

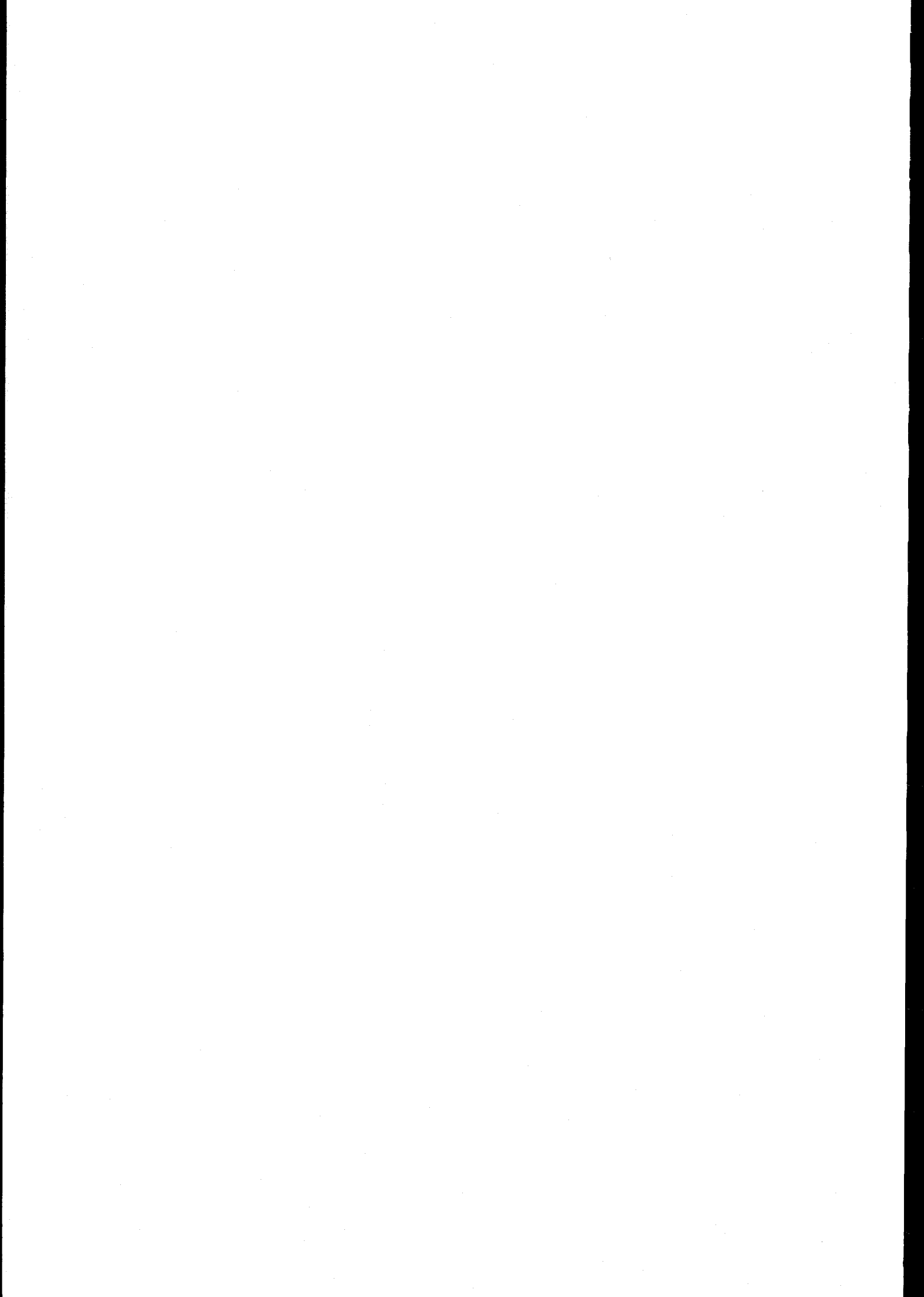
OPPDRAG:  
3194

BILAG:

6

TEGN.NR.:

05

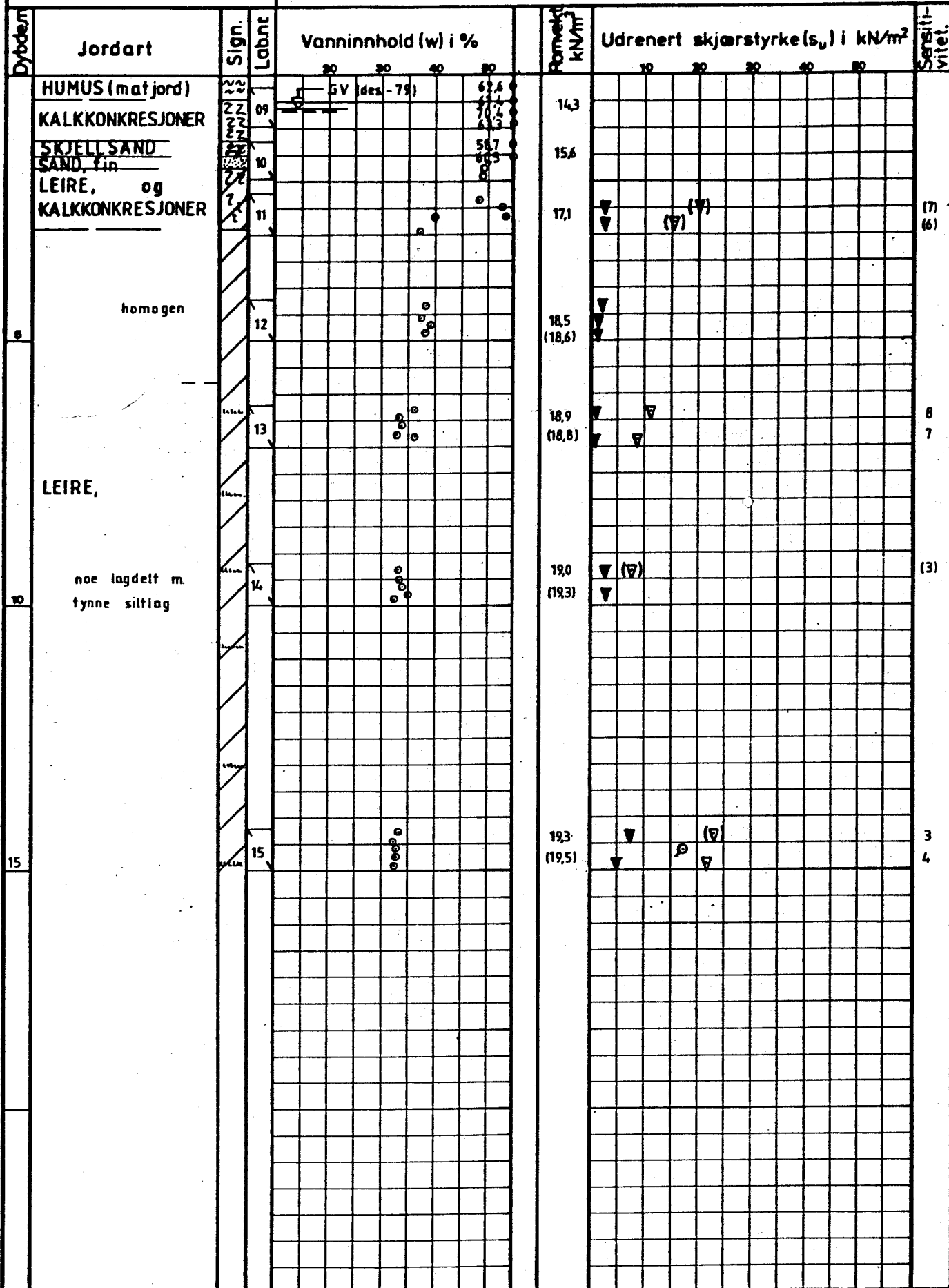


# BORPROFIL

HULL: 6

TERR.NIVÅ: ca. +12,5

PRÖVE Ø: 54 mm.



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



Sted: Nesna Pedagogiske Høgskole Mnd/år: 12/79

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% v/brudd)

Konustforsøk - Omrørt: Uforstyrret:

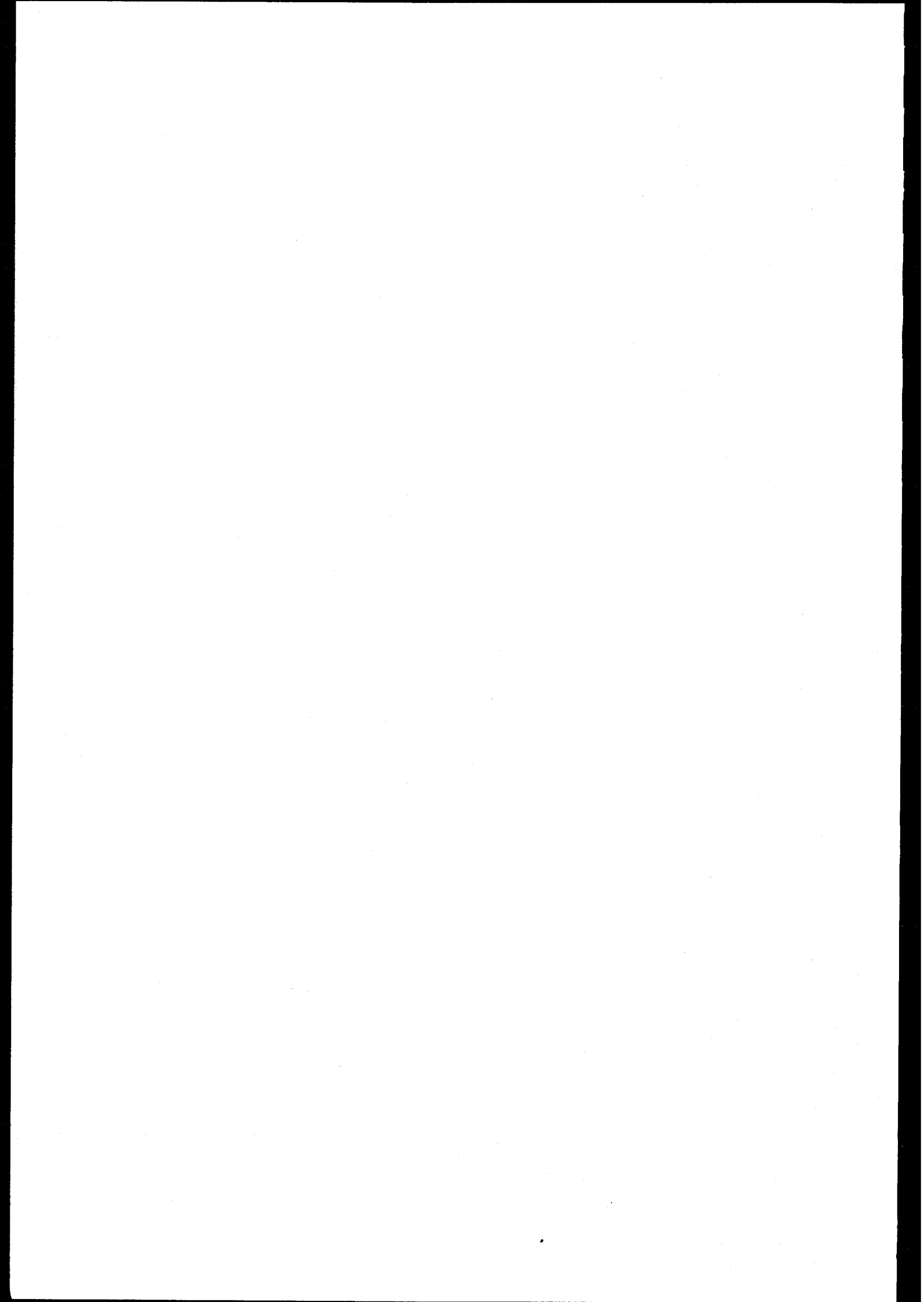
Penetrometerforsøk:

Konsistensgrenser:  $w_p$  —  $w_L$

OPPDRAG:  
3194

BILAG:  
7

TEGN.NR.:  
06

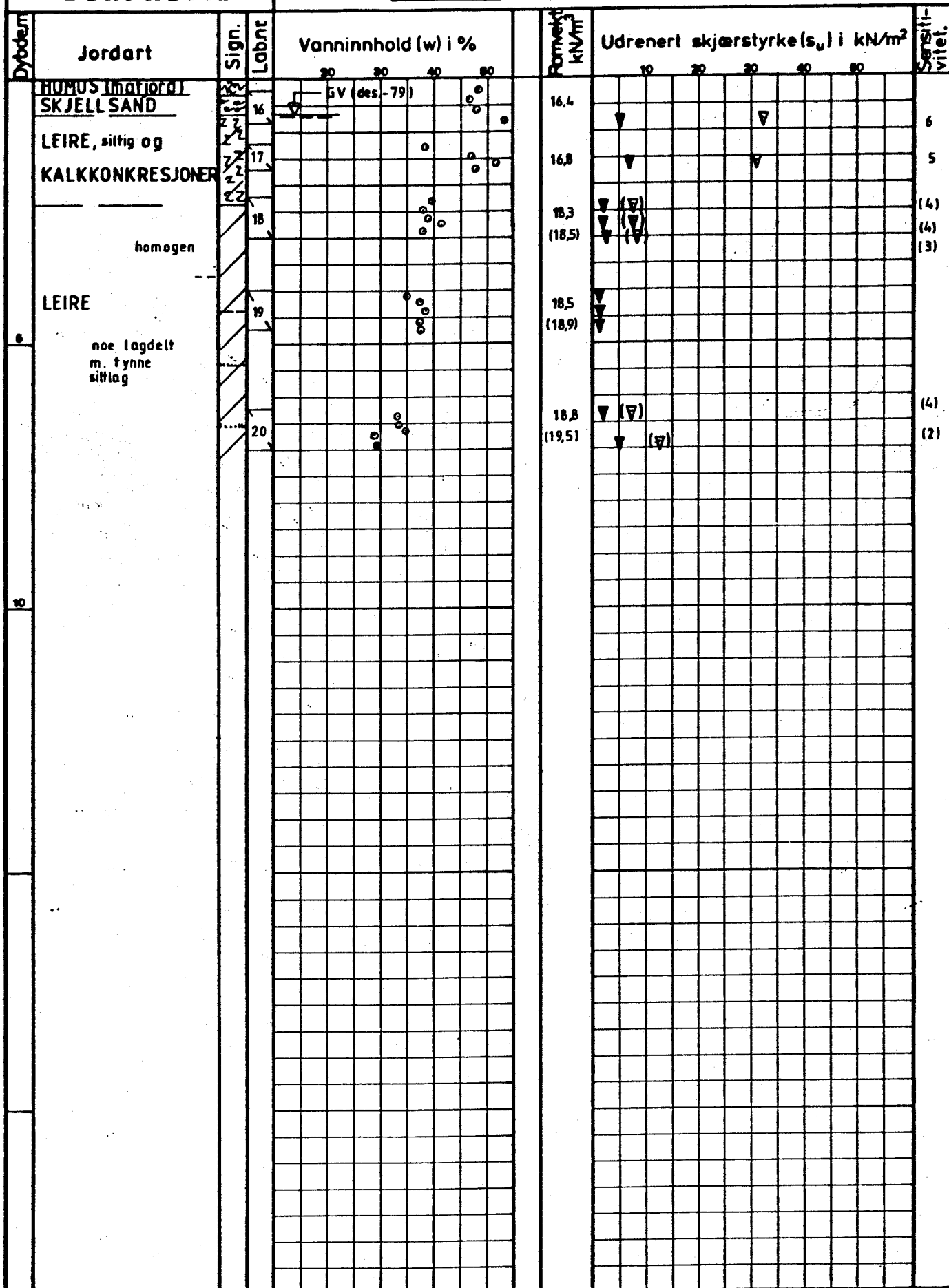


# BORPROFIL

HULL: 12

TERR.NIVÅ: ca. +12,4

PRÖVE Ø: 54mm



Siv. Ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



Sted: Nesna Pedagogiske Høgskole Mnd/år: 12/79

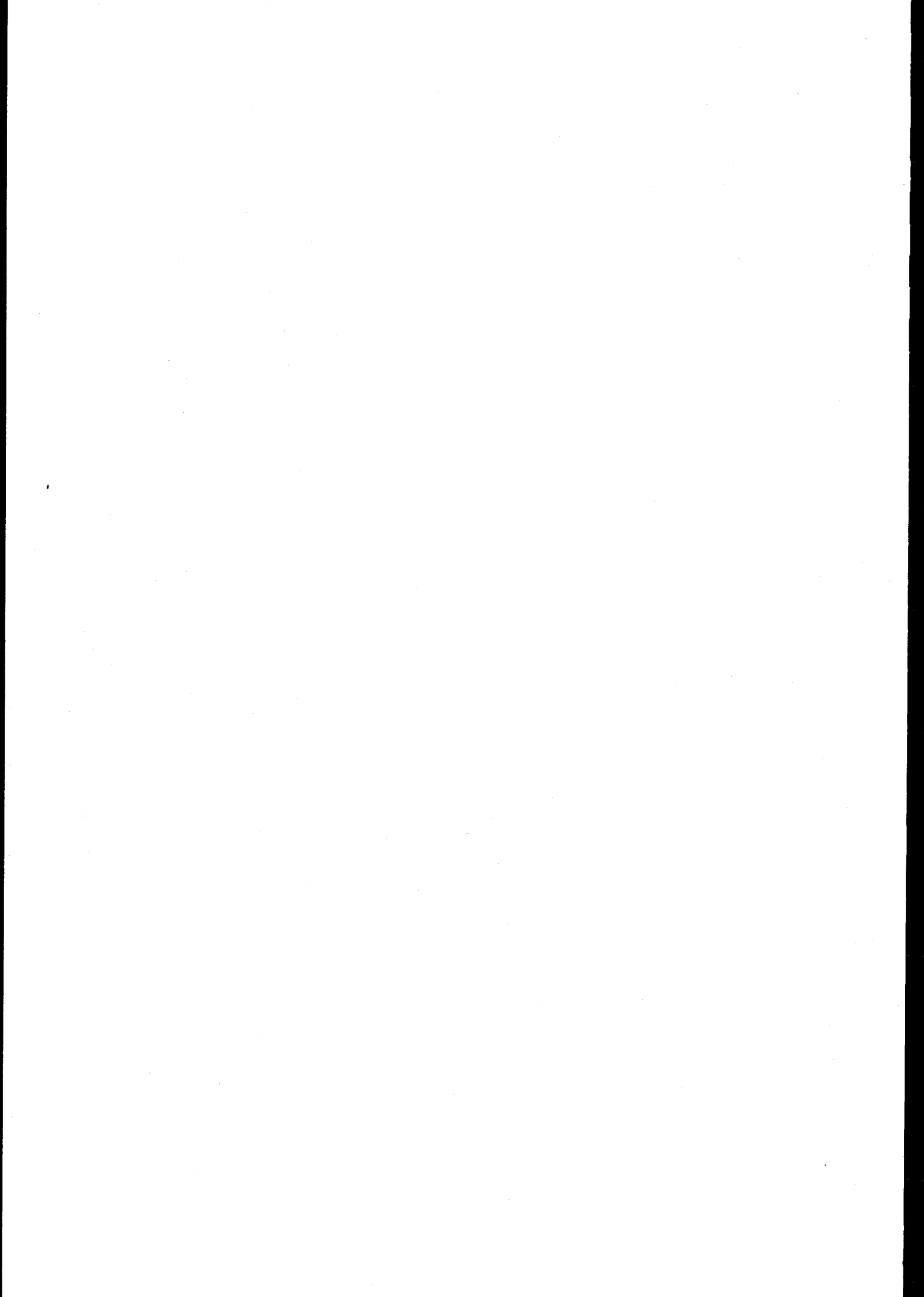
SYMBOLER:

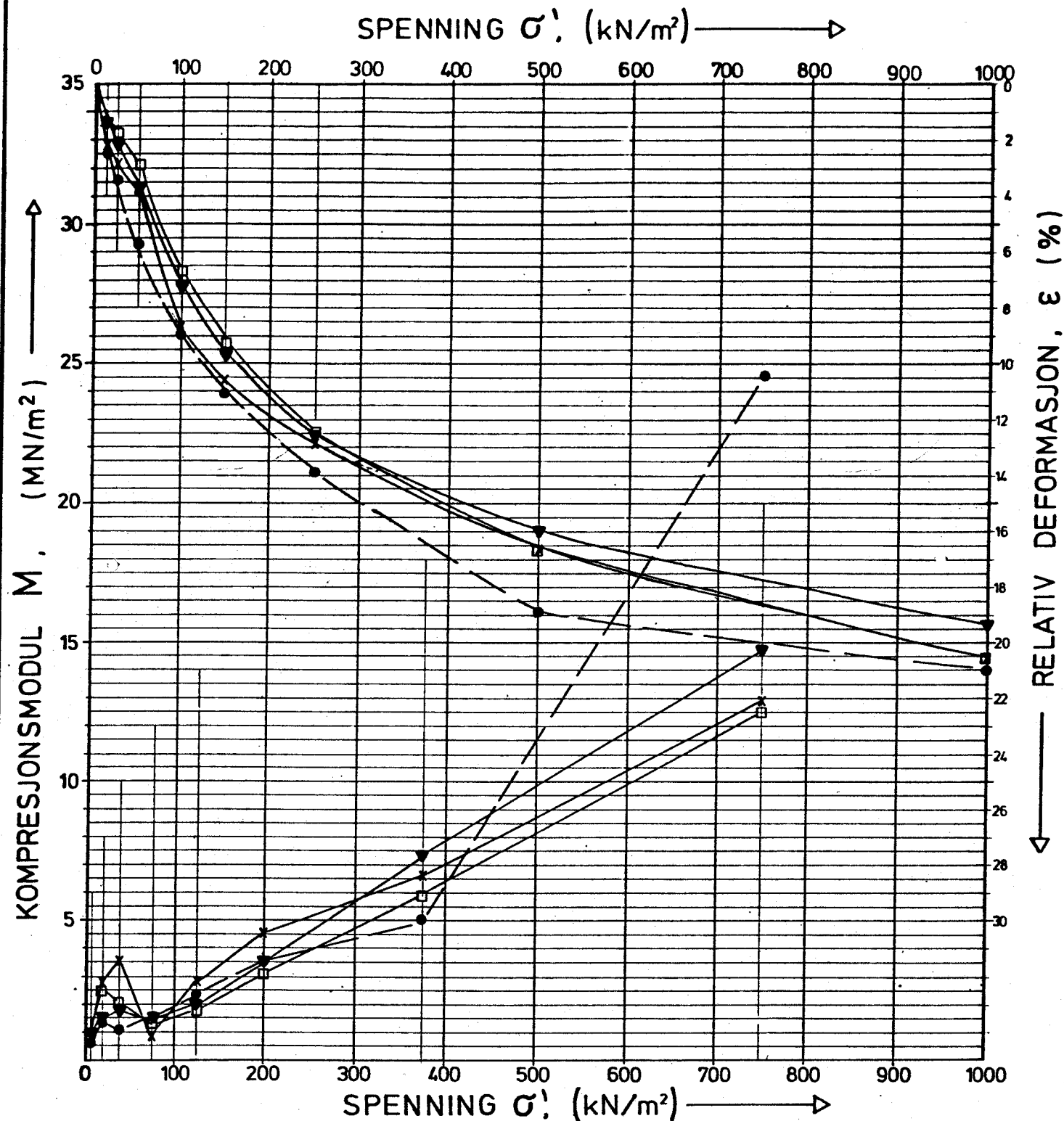
Enkelt trykkforsøk: (strek angir def.% v/brudd)  
 Konusforsøk - Omrørt: Uforstyrret:   
 Penetrometerforsøk:   
 Konsistensgrenser: w<sub>p</sub> ————— w<sub>L</sub>

OPPDRAG:  
3194

BILAG:  
8

TEGN.NR.:  
07





PRØVEDATA, Sted: NESNA PEDAGOGISKE HØGSKOLE Mnd/år: 01 / 80

LAB. NR:	HULL NR:	DYBDE:	$p'_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	$p'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	OCR	JORDART	ANM.
03	1	2,60	25			Leire, homogen	●
05	1	6,60	59			Leire, litt lagdelt	▼
18	12	2,55	25			Leire, homogen	x
13	6	6,5	58			Leire, litt lagdelt	□

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



## BELASTNINGSFORSØK I ØDOMETER

Relativ deformasjon  
og kompresjonsmodul

OPPDRAG:

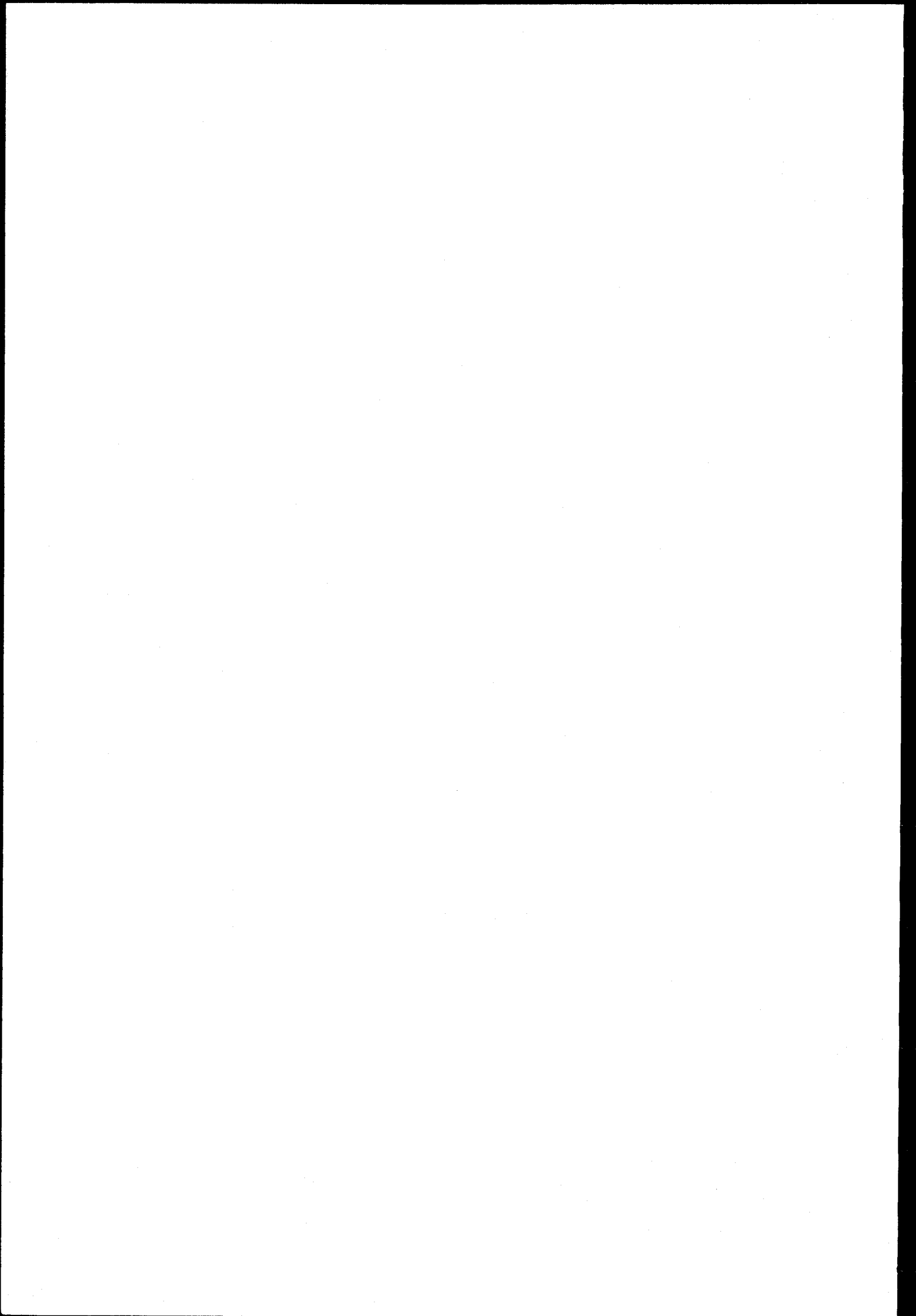
3194

BILAG:

9

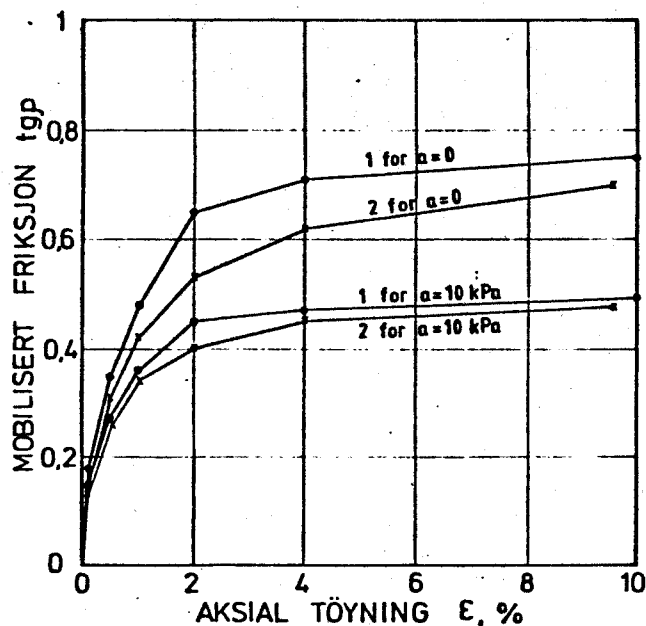
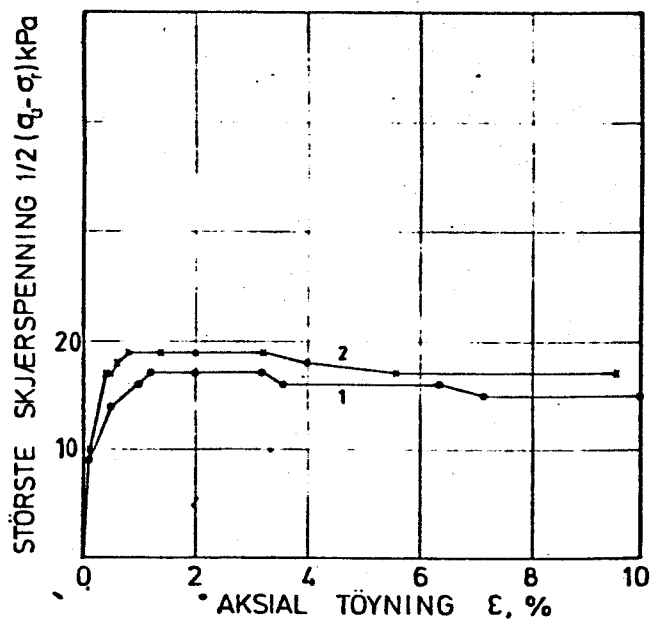
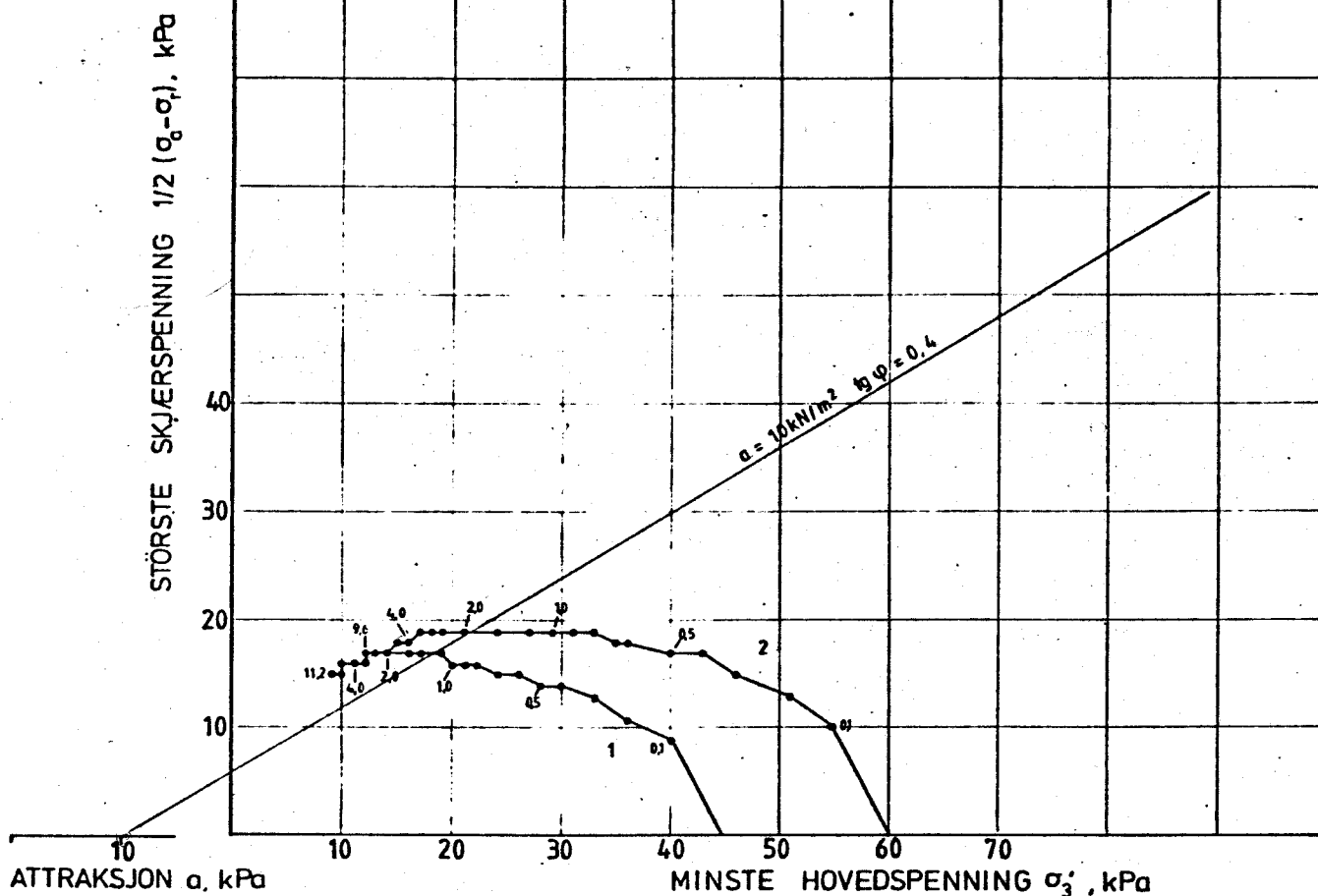
TEGN. NR

08





HULL NR	LAB NR	PROVE NR	DYBDE m	EFF. OVERLAG SPENN, kPa	FORKONS. SPENN, kPa	ANM.
1	05	1	6,40	57	45	Leire, litt lagdelt m. tynne siltlag
		2	6,50	58	65	



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



NESNA PEDAGOGISKE HÖGSKOLE

Treaksialförsök, lab. nr. 05

MÅLESTOKK

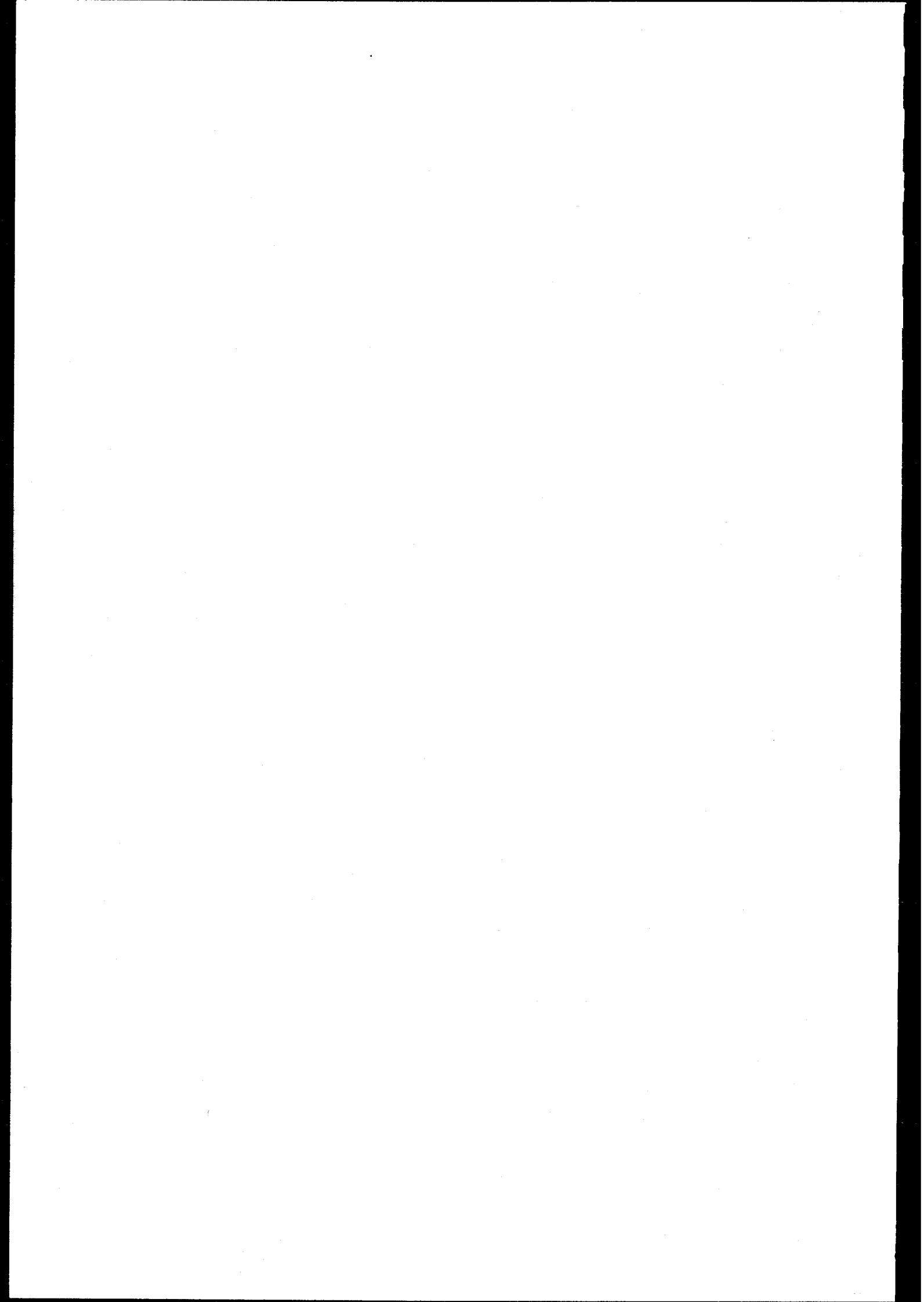
TEGNET AV  
K.St./HRJ/00

DATO  
01. 80

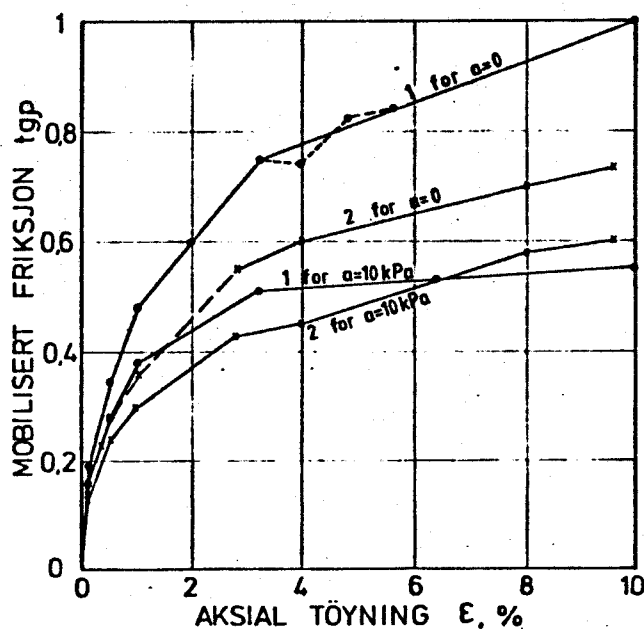
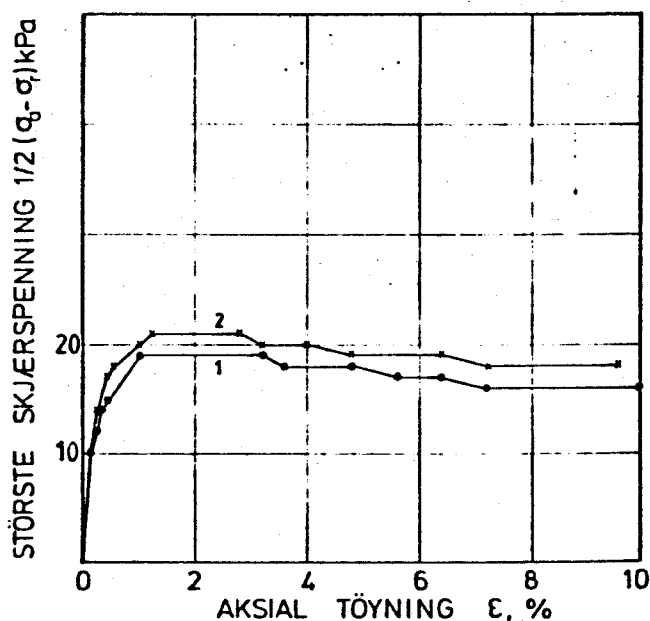
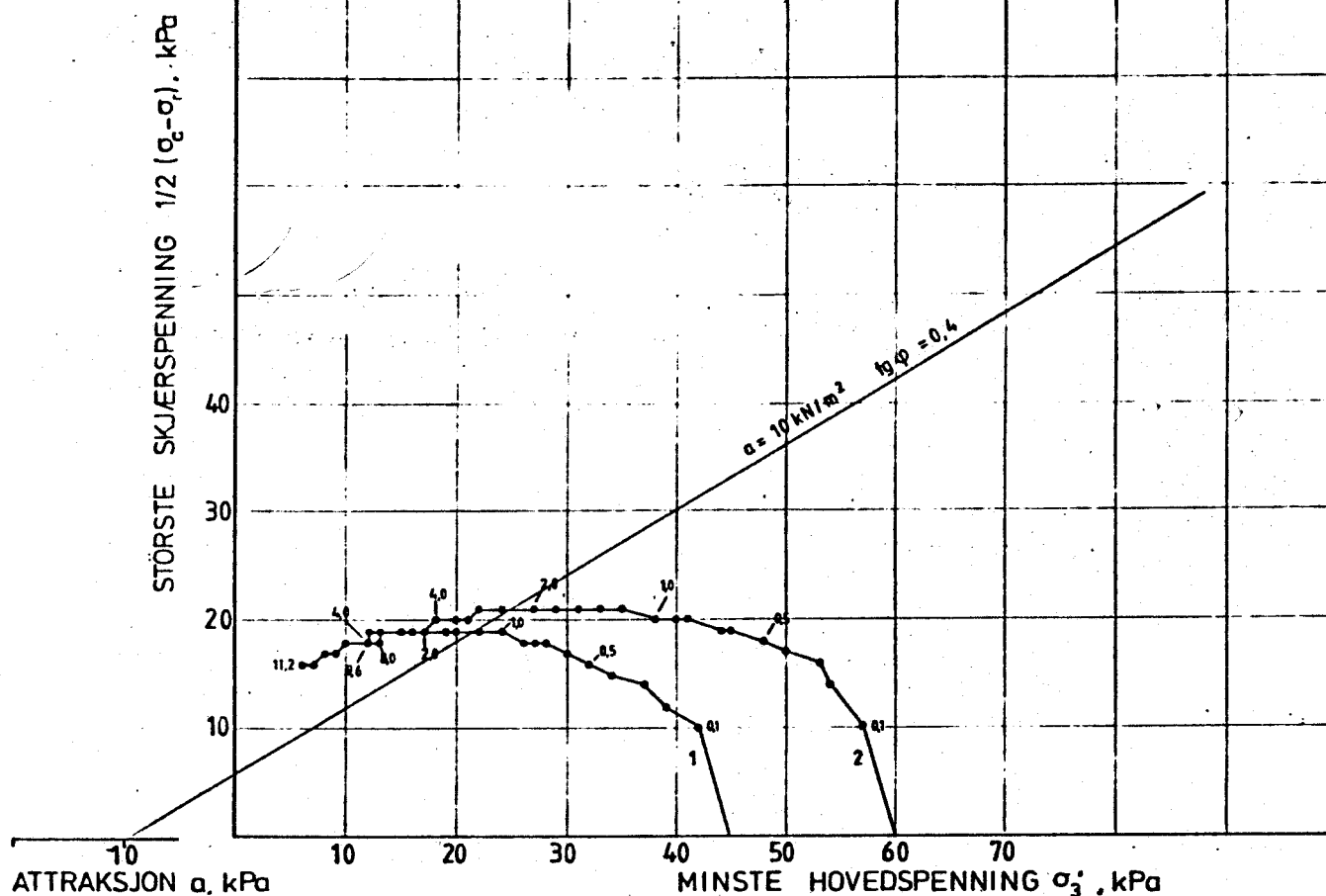
OPPDRAG  
3194

BILAG  
10

TEGN NR.  
09



HULL NR	LAB NR	PROVE NR	DYBDE m	EFFOVERLAG SPENN, kPa	FORKONS. SPENN, kPa	ANM.
6	13	1	6,65	59	45	Leire, noe lagdelt m. tynne siltlag
		2	6,75	60	60	



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



NESNA PEDAGOGISKE HÖGSKOLE

Treaksialforsök, lab. nr. 13

MÅLESTOKK

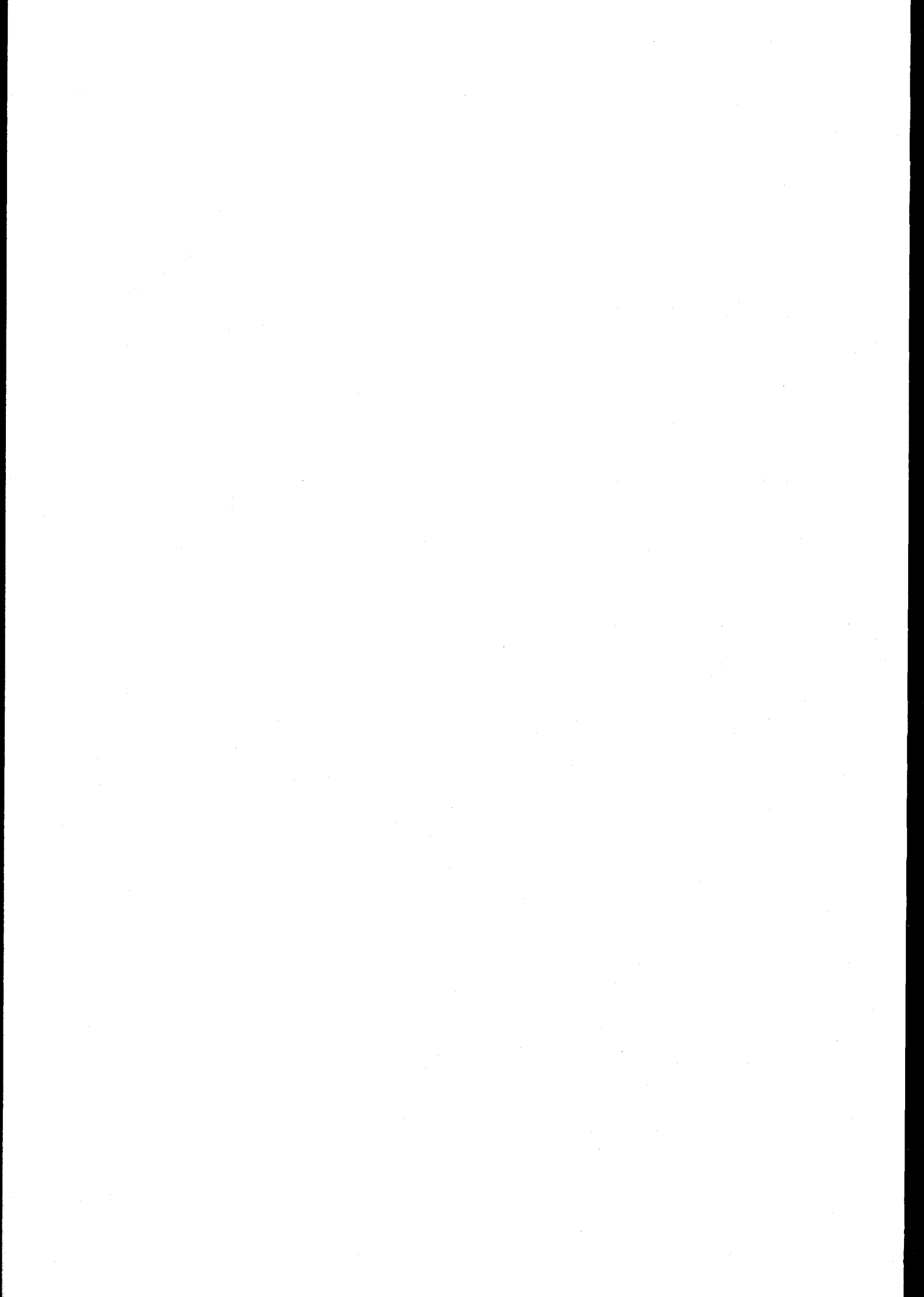
TEGNET AV  
K.S./HRJ/00

DATO  
01. 80

OPPDRAG  
3194

BILAG  
11

TEGN. NR.  
10



## PELEARBEIDER.

For utførelse av pelearbeidene gjelder generelt NS 3420 og siste utgave av "Veiledning ved pelefundamentering" utgitt av Den Norske Pelekomité.

I tilknytning til bestemmelsene i disse tilføyes/presiseres følgende:

### Ad. H 12. Betongpeler.

Toleranser som angitt i NS 3420 ( $\pm 0,10$  m og  $\pm 2,5\%$ ).

For enkeltstående peler for gulv i idrettshallen (4 stk.)

skjerpes toleransekravene til  $\pm 0,05$  m og  $\pm 1,5\%$ .

Helnings- og plasseringsavvik skal måles og angis i peleprotokoll.

Krav til pelematerialer som angitt, dog forutsettes betongkvalitet tilsvarende fasthetsklasse C 50 (gammel benevnelse B 500).

Alle peleelementer skal være skjøtbare, dvs. topp-peler uten skjøt brukes ikke.

### Krav til utførelse:

Entreprenøren sørger for føring av peleprotokoll.

Eksempel på peleprotokoll er vist på side 12 - 5.

Det forutsettes benyttet fall-lodd med loddvekt ca. 40 kN.

### Beskyttelse:

Pelene skal være utstyrt med fjellspiss med hulslipt egg, herdet til 400 - 500 HB, av godkjent utførelse.

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM  
GJØVIK BODØ TROMSØ



NESNA PED. HØGSKOLE

PELEARBEIDER

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO  
03/81

OPPDRAK

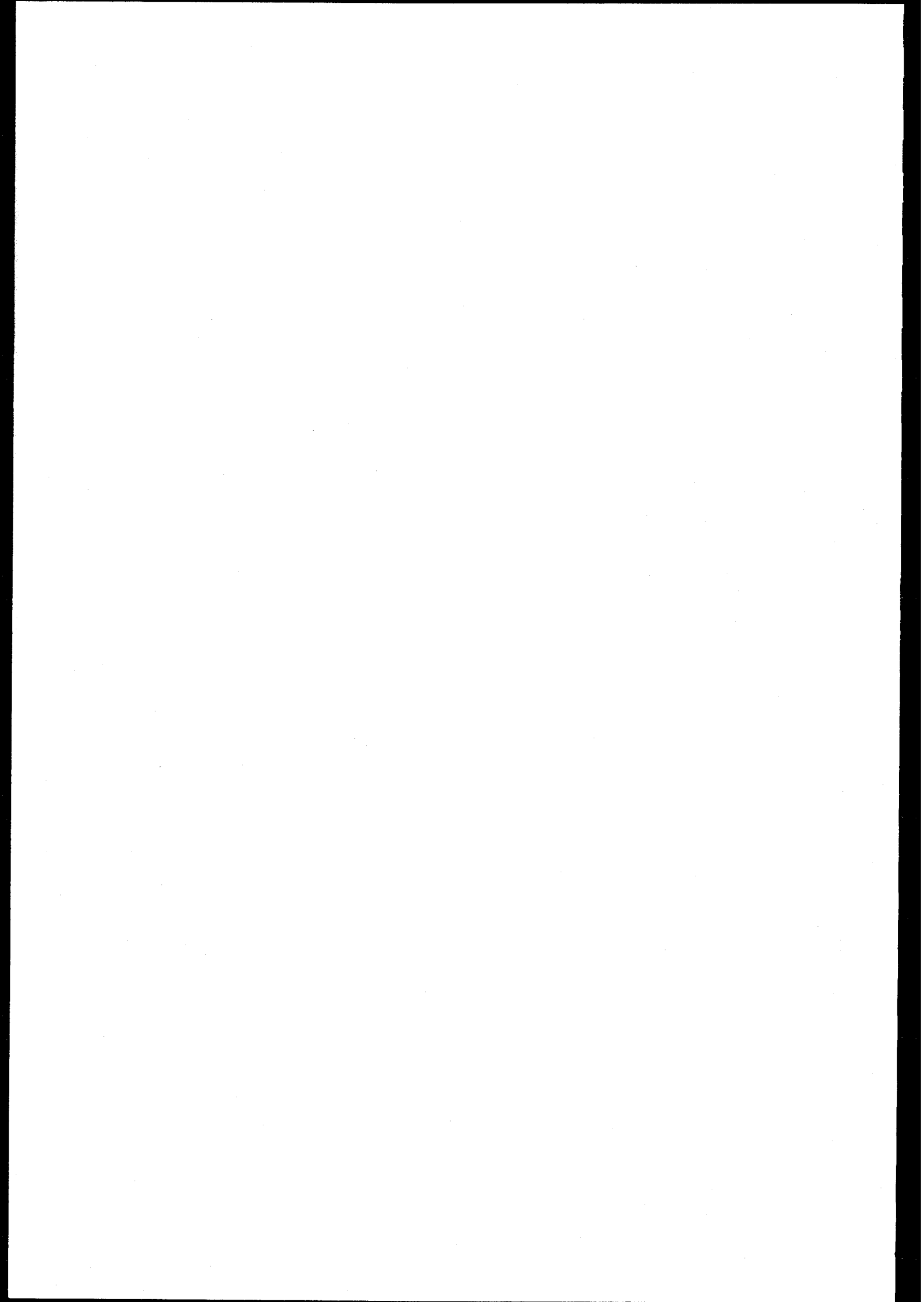
3194-3

BILAG

12

SIDE

12 - 1



Ad. H 12.2. Levering av betongpeler.

Det skal anvendes skjøtbare, prefabrikerte betongpeler av type

Topp-peler uten skjøt brukes ikke.

Ad. H 12.3. Nedramming av betongpeler.

Det forutsettes benyttet fall-lodd med loddvekt ca. 40 kN. Ved nedramming i bløt leire skal fallhøyden ikke overstige 25 cm. Ved nedramming gjennom fast morene kan fallhøyden økes til 40 cm.

Ad. H 12.4. Fjellfeste for betongpeler.

Pelene skal primært rammes til godt feste i fjell.

Det oppstilles imidlertid alternativt kriterium for avslutning i morene over fjellet dersom rammemotstanden blir så høy at det er fare for over-ramming av pelen.

Innmeislingsprosedyre:

Ved første fjellkontakt reduseres fallhøyden straks til maks. 15 cm. Det slås minst 3 serier à 10 slag med denne fallhøyde. Synkning pr. serie måles og noteres. Dersom synkningen er mindre enn eller lik 2 mm pr. serie og viser avtagende tendens, økes fallhøyden til 30 cm.

Det slås så serier à 10 slag med denne fallhøyde (30 cm). Hvis synkningen for denne fallhøyde er konstant eller viser avtagende tendens og summen for de 3 siste serier er mindre enn eller lik 5 mm, ansees fjellfestet normalt tilfredsstillende. Det skal dog slås minimum 5 serier à 10 slag med denne fallhøyde.

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM  
GJØVIK BODØ TROMSØ



NESNA PED. HØGSKOLE

PELEARBEIDER

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO  
03/81

OPPDRAG

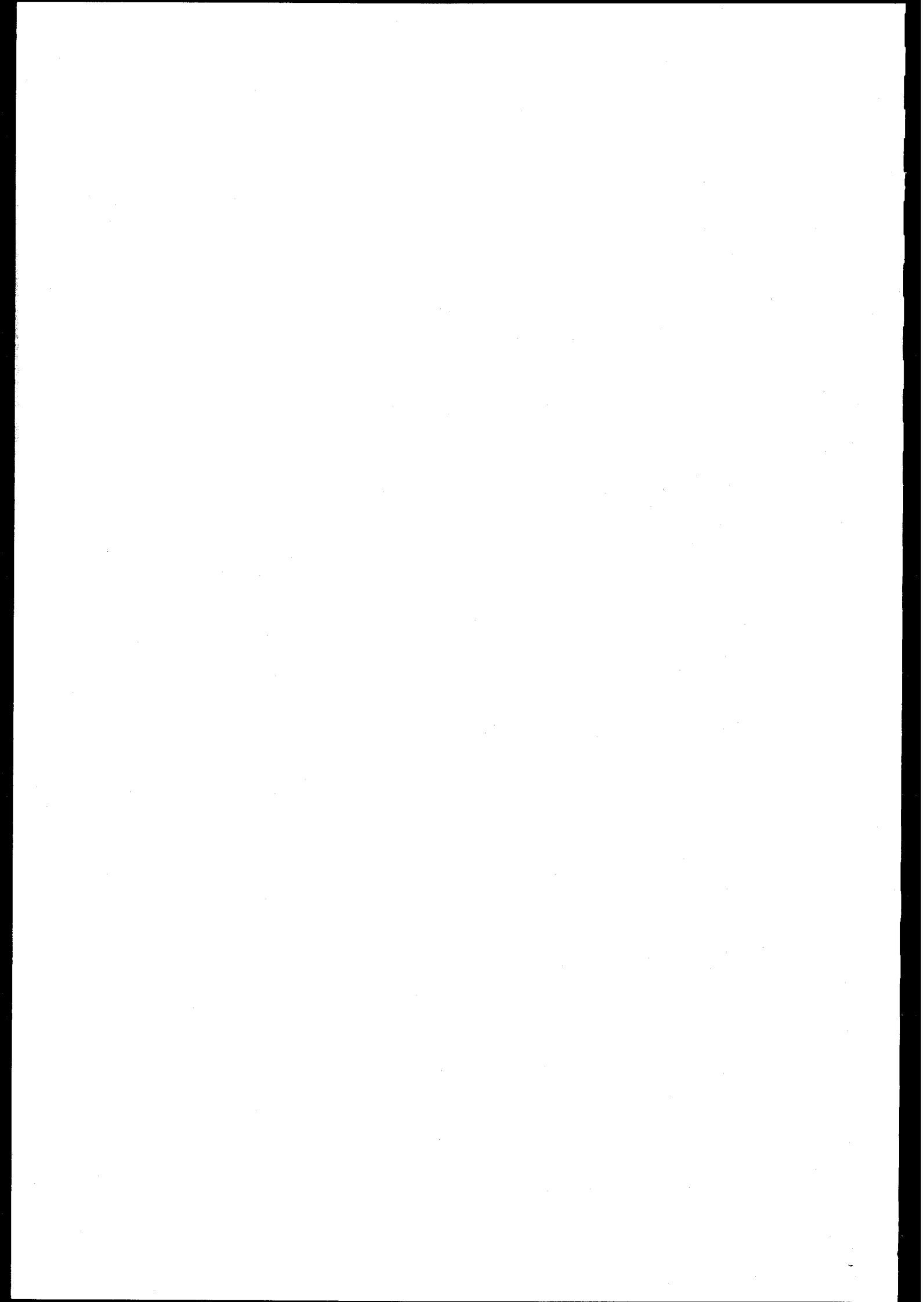
3194-3

BILAG

12

SIDE

12 - 2





Dersom synkningen i noen fase under innmeislingen øker, kan dette indikere at pelen skrenser. Innmeislingsprosedyren skal i så fall gjentas forfra, evt. med redusert fallhøyde, for om mulig å etablere nytt fjellfeste.

#### Etter-ramming:

Samtlige peler skal etter-rammes.

Etter-ramming skal ikke foretas før nabopeler som kan påvirke pelen er ferdig rammet og innmeislet, og ikke tidligere enn ett døgn etter første ramming og innmeisling.

Etter-ramming skal utføres med minimum 5 serier à 10 slag med fallhøyde 30 cm. Stoppkriteriet er som ved første gangs innmeisling. Dersom dette kravet ikke oppfylles, skal ny innmeisling foretas.

Hver enkelt pel skal kontrollnivelleres umiddelbart etter etter-rammingen. Før kapping, avskruing eller innstøping skal det ved nivellement på samme punkt på pelen kontrolleres at denne ikke har hevet seg. Hvis det måles hevning større enn 3 mm, kan ny etter-ramming forlanges.

#### Ad. H 12.5. Fastramming av betongpeler i morene.

Dersom det ved ramming med 40 cm fallhøyde oppnås mindre synkning enn 100 mm på 100 slag, går en over til slagserier à 10 slag, fortsatt med fallhøyde 40 cm.

Rammingen fortsetter til synkning pr. serie er mindre enn eller lik 5 mm, og viser jevnt avtagende tendens.

Det slås så 5 kontrollslag med kontrollert fallhøyde 60 cm. Dersom synkningen er mindre enn eller lik 5 mm for denne serie (5 slag), kan bæreevnen normalt ansees tilfredsstillende.

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM  
GJØVIK BODØ TROMSØ



NESNA PED. HØGSKOLE

PELEARBEIDER

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO  
03/81

OPPDRAK

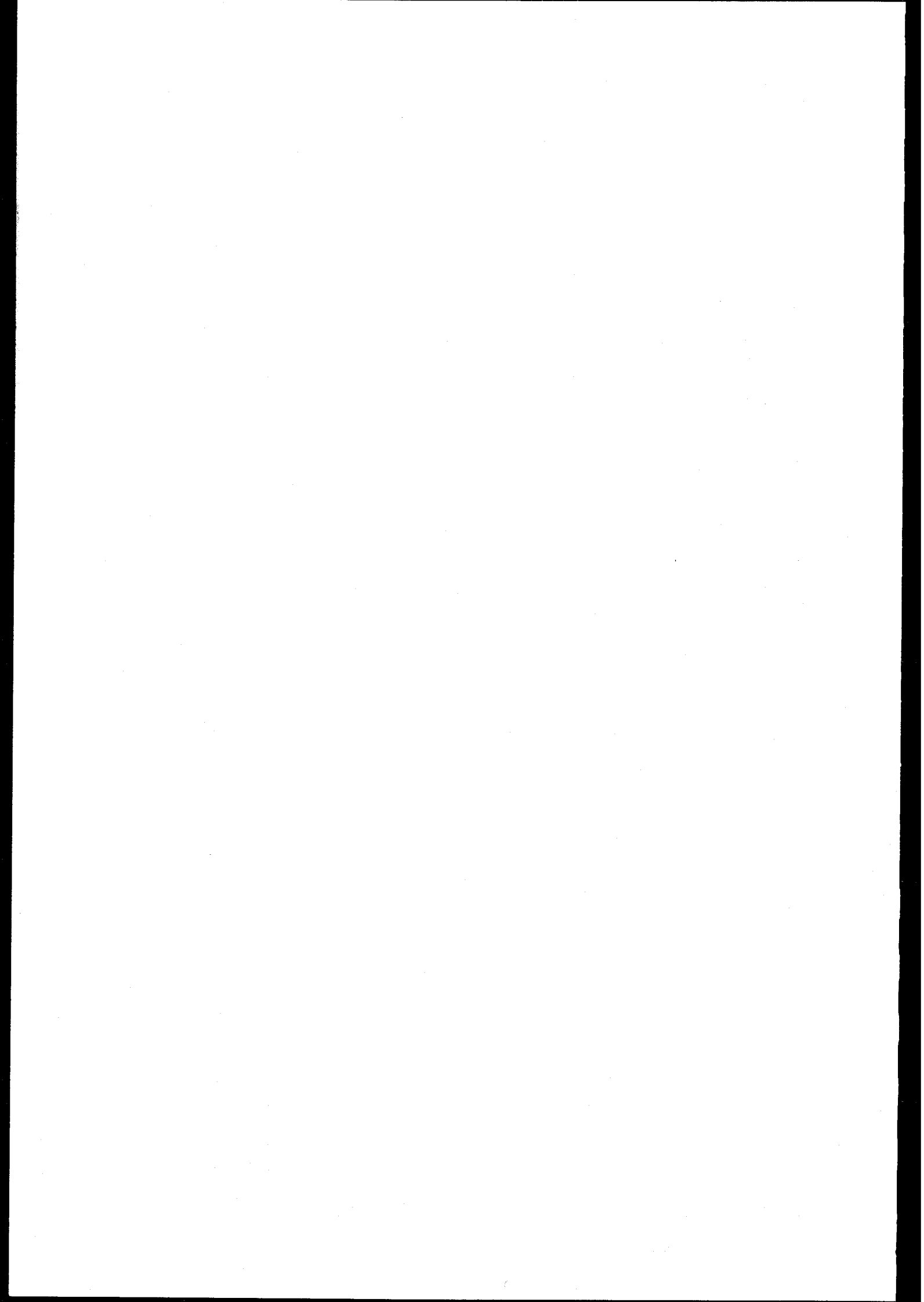
3194-3

BILAG

12

SIDE

12 - 3



Godkjenning av peler etter dette kriterium er imidlertid betinget av at det i henhold til boringer og ramming av nabopeler kan ansees godtgjort at pelen er nådd ned i morene ned mot fjell.

Ved eventuell langvarig ramming uten at avslutningskriteriet nåes, eller ved eventuell stopp i "unaturlig" dybde, skal geoteknisk eller byggeteknisk konsulent varsles.

Det skal ikke være noen pause i rammingen eller foretas utskiftning av pute eller mellomlegg like før eller under stoppslagningen.

Etter-ramming:

Alle peler som er avsluttet etter kriteriet for stoppslagning i morene, skal etter-rammes etter at nabopeler som kan påvirke pelen er ferdig rammet og innmeislet.

Etter-rammingen skal utføres med minimum 5 slagserier á 10 slag med fallhøyde 40 cm, og kan avsluttes når synkningen pr. serie er konstant eller viser avtagende tendens og er mindre enn eller lik 5 mm pr. serie.

For kontrollnivellement umiddelbart etter etter-ramming og før kapp, avskruing eller innstøping gjelder samme krav som for peler til fjell.

**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM  
GJØVIK BODØ TROMSØ



NESNA PED. HØGSKOLE

PELEARBEIDER

MÅLESTOKK

TEGNET AV

DATO  
03/81

OPPDRAG

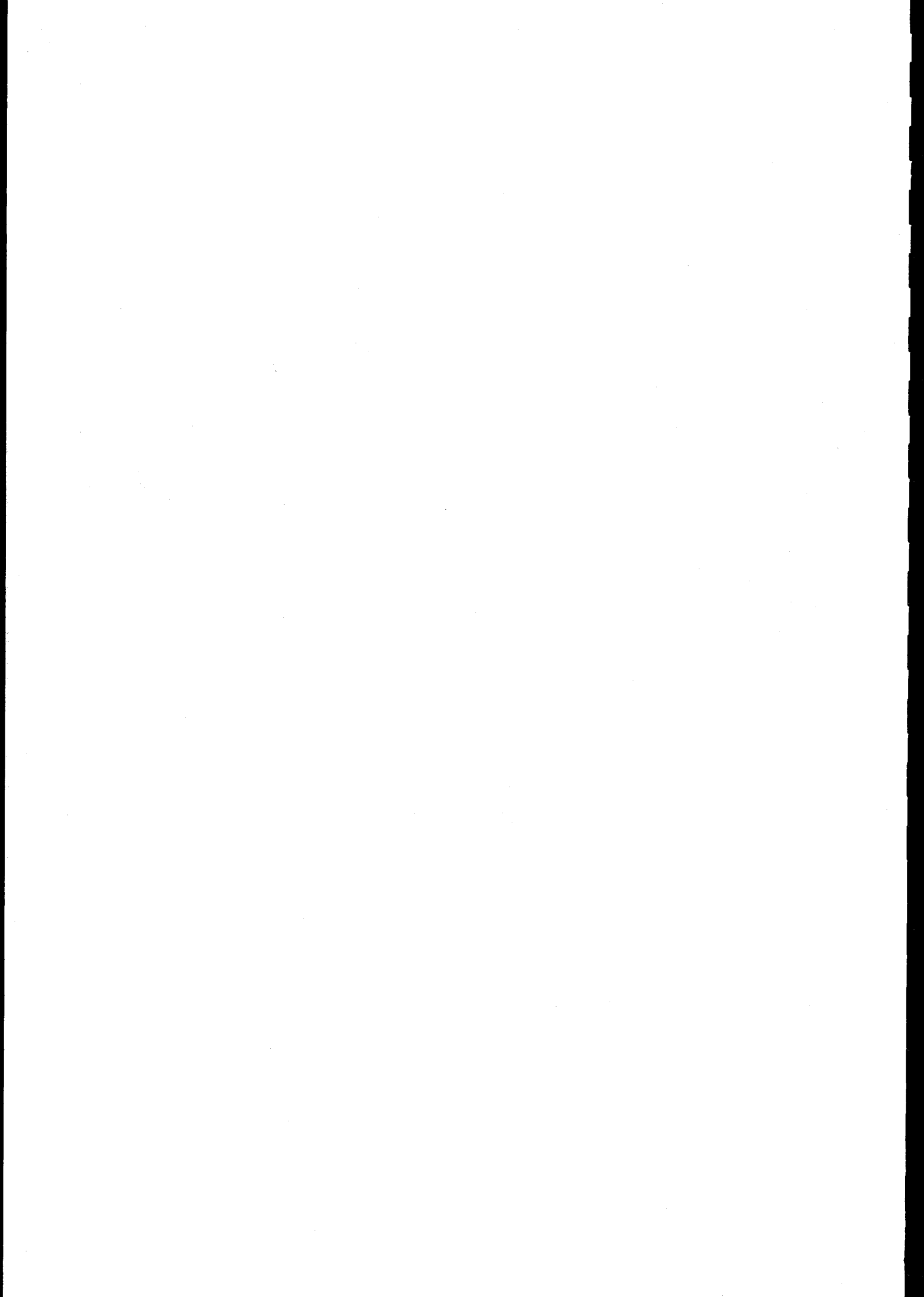
3194-3

BILAG

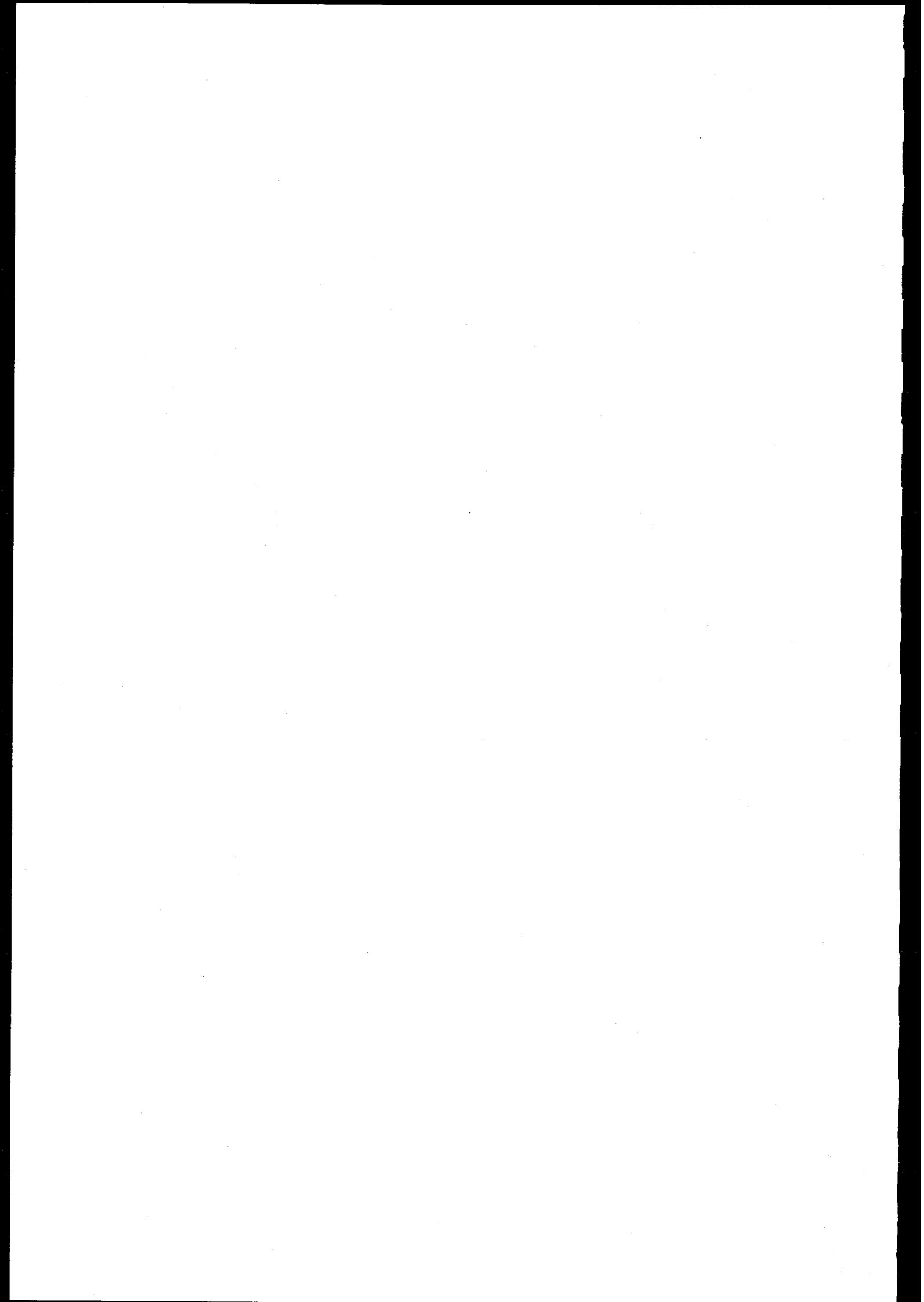
12

SIDE

12 - 4

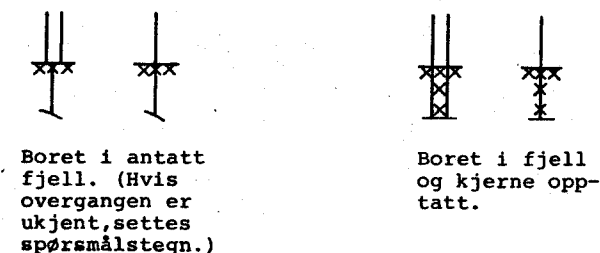
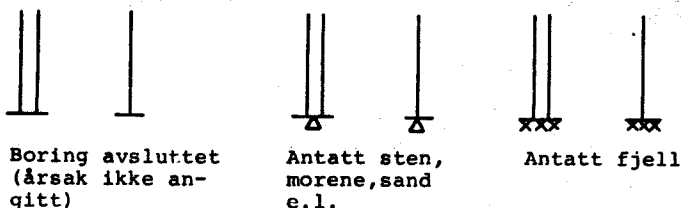




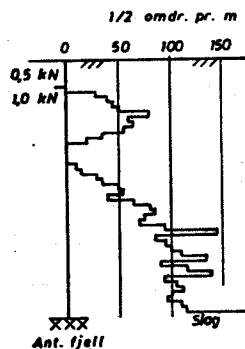


Sonderinger utføres for å få en orientering om grunnens relative fasthet, lagdeling og dybder til antatt fjell eller annen fast grunn.

AVSLUTNING AV BORING (GJELDER ALLE SONDERINGSTYPER).

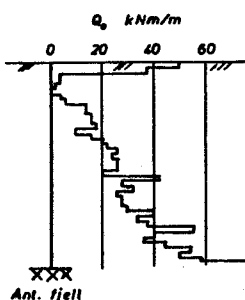


- **Dreiesondering** utføres med 22 mm stålstenger med glatte skjøter påsatt en 200 mm lang spiss av firkantstål som er tilspisset i enden og vridd en omdreining. Boret belastes med inntil 1 kN og hvis det ikke synker for denne last, dreies det ned med motor eller for hånd. Antall halve omdreining pr. 20 cm synkning noteres. Ved opp-tegninger vises antall halve omdreining pr. meter synkning grafisk med dybden i borchullet og belastningen angis til venstre for borchullet.



- **Enkel sondering** består av slagboring med lett fjellboremaskin eller spyleboring til fast grunn eller fjell. Ved slagboring med en spesiell spiss kan ned-synkningshastigheten registreres som funksjon av dybden som uttrykk for boremotstanden. Myrddybden bestemmes ved hjelp av en lett myr-dybdeprøvetaker som presses ned til antatt myrbunn hvor prøve tas for kontroll.

- ▼ **Ramsondering** utføres med 32 mm stålstenger med glatte skjøter og en normert spiss. Boret rammes ned i grunnen av et fall-lodd med vekt 0,635 kN og konstant fall-høyde 0,6 m. Mot-standen mot ned-ramming regis-treres ved antall slag pr. 20 cm synkning.



Rammemotstanden

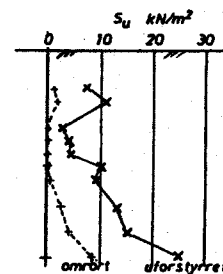
$Q_0 = \frac{\text{Loddvekt} \times \text{fallhøyde}}{\text{synkning pr. slag}}$  (kNm/m) angis i diagram som funksjon av dybden.

- ⊗ **Fjellkontrollboring** utføres med 32 mm stenger med muffeskjøter og hardmetallkrone nederst. Boret drives av en tung trykkluftdrevet borhammer under spyling med vann av høyt trykk. Når fjell er nådd, bores noe ned i fjellet, vanligvis ca. 3 meter, under registrering av borsynk for sikker på-visning.

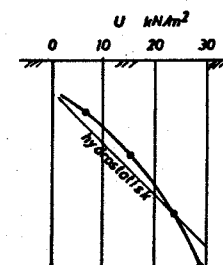
- ⊙ **Prøvetaking** utføres for undersøkelse i laboratoriet av grunnens geotekniske egenskaper. Uforstyrrede prøver tas opp med NGI's 54 mm stem-pelprøvetaker. Prøvene skjæres ut med tynnveggede stålsylindere med innvendig diameter 54 mm og lengde 80 cm (evt. 40 cm). Prøvene forsegles i begge ender for å hindre uttørking før de åpnes i laboratoriet.

Representative prøver tas med forskjellige typer støtbor- og ram-prøvetaker, ved sandpumpe i nedspylte eller nedrammede foringsrør, av opp-spylt materiale ved nedspyling av foringsrør og ved skovlboring i de øvre lag. Slike prøver tas hvor grunnen ikke egner seg for vanlig sylinder-prøvetaker og hvor slike prøver tilfredsstillende formålet.

- + **Vingeboring** bestemmer udrenert skjærstyrke ( $s_u$ ) av leire direkte i marken (in situ). Måling utføres ved at et vingekors, som er presset ned i grunnen, dreies rundt med bestemt jevn hastighet til brudd i leira. Maksimalt dreiemoment gir grunnlag for å beregne leiras u-drenerte skjærstyrke, som også måles i om-rørt tilstand etter brudd.

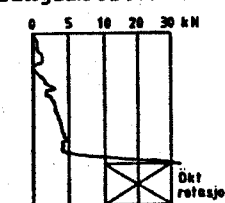


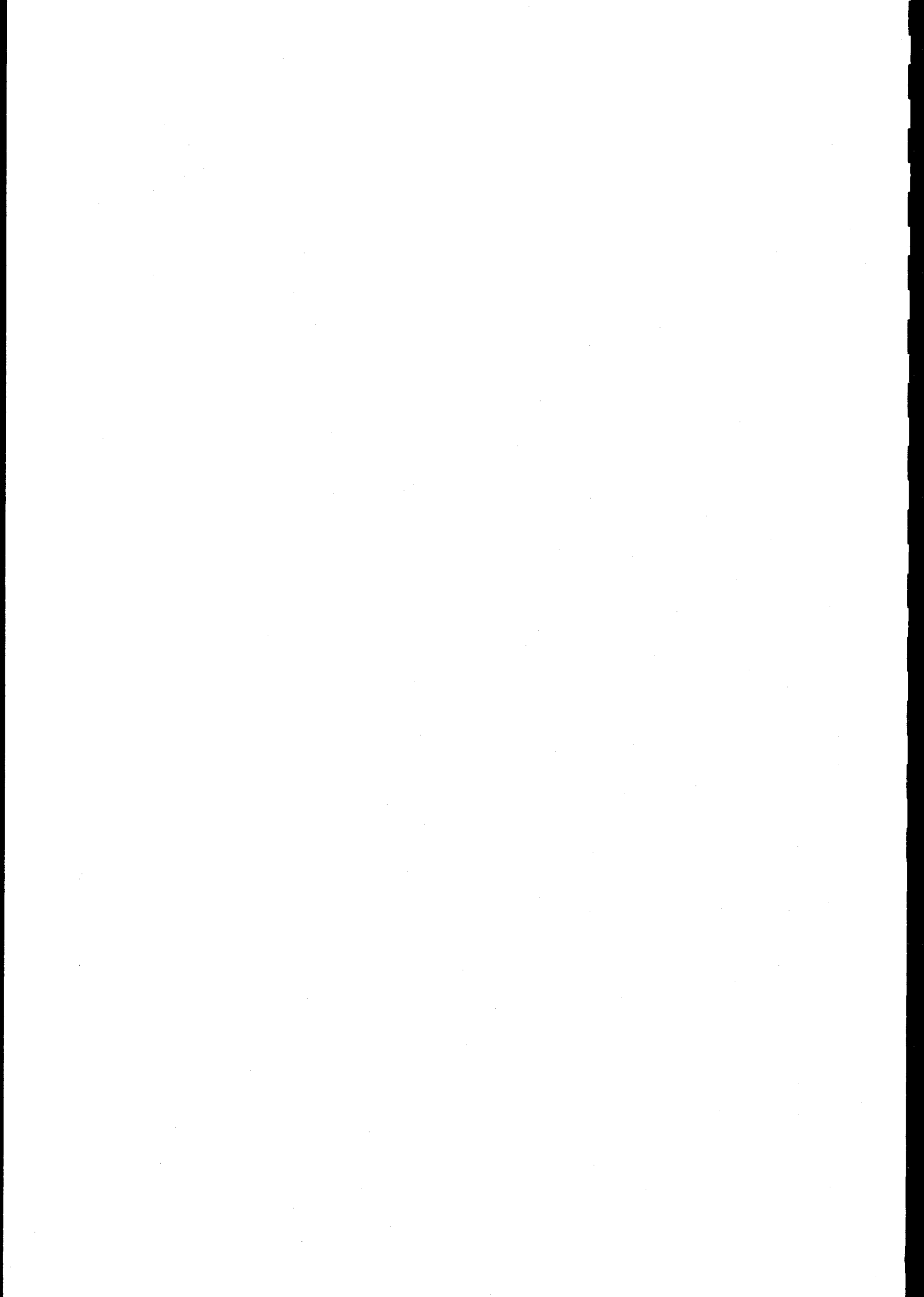
- ⊖ **Porevanntrykket** i grunnen måles med et piezometer. Dette består av et sylindrisk filter av sintret bronse som trykkes eller rammes ned til ønsket dybde ved hjelp av rør. Vann-trykket ved filteret registreres enten hy-draulisk som stighøyden i en plastslange inne i røret (ved overtrykk påsettes manometer over terreng) eller elektro-nisk ved hjelp av en direkte trykkmåler innenfor filtret.



- ⊖ **Grunnvannstanden** observeres vanligvis direkte ved vannstand i borchullet.

- ⊖ **Dreietrykksondering** utføres med 36 mm glatte skjøtbare stålstenger påsatt en normert spiss. Borstangen trykkes ned med konstant hastighet 3 m/min. og konstant rotasjon 25 omdr./min. Sonderingsmotstanden registreres som den til en hver tid nødvendige nedpres-ningskraft for å holde nor-mert nedtrengningshastighet. Når motstanden øker slik at normert nedtrengningshastig-het ikke kan opprettholdes, økes rotasjons-hastigheten. Dette anføres i diagrammet.







# LABORATORIUNDERSEKELSEER.

Ved åpning av prøven beskrives og klassifiseres jordarten. Videre kan bestemmes:

**Romvekt**  
( $\gamma$  i kN/m<sup>3</sup>) for hel sylinder og utskåret del.

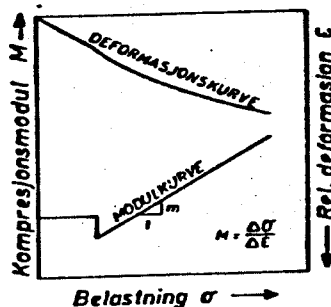
**Vanninnhold**  
(w i %) angitt i prosent av tørrvekt etter tørking ved 110 °C.

**Flytegrense**  
(w<sub>L</sub> i %) og utrullingsgrense (w<sub>p</sub> i %) som angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk (formbart) område av leirmateriale. Differansen w<sub>L</sub> - w<sub>p</sub> benevnes plastisitetindeks. Er det naturlige vanninnhold over flytegrensen, blir materialet flytende ved omrøring.

**Udrenert skjærstyrke**  
(s<sub>u</sub> i kN/m<sup>2</sup>) av leire ved hurtige enaksiale trykkforsøk på uforstyrrede prøver med tverrsnitt 3,6 x 3,6 cm<sup>2</sup> (evt. hel prøve) og høyde 10 cm. Skjærstyrken settes lik halve trykkfastheten. Dessuten måles skjærstyrken i uforstyrret og omrørt tilstand ved konusforsøk, hvor nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt registreres og skjærstyrken tas ut av en kalibreringstabell. Penetrometer, som også er en indirekte metode basert på innsynkning, brukes særlig på fast leire.

**Sensitiviteten (S)**  
er forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale, bestemt på grunnlag av konusforsøk i laboratoriet. Med kvikkleire forstås en leire som i omrørt tilstand er flytende, omrørt skjærstyrke < 0,5 kN/m<sup>2</sup>.

**Kompressibilitet**  
av en jordart ved ødometerforsøk. En prøve med tverrsnitt 20 cm<sup>2</sup> og høyde 2 cm belastes trinnvis i et belastningsapparat med observasjon av sammentrykningen for hvert trinn som funksjon av tiden. Resultatet tegnes opp i en deformasjons- og modulkurve og gir grunnlag for setningsberegning.



**Humusinnhold**  
(relativt) ut fra fargeomslag i en natronlut-oppløsning.

En nøyaktigere metode er våt-oksidasjon med hydrogenperoksyd der humusinnholdet settes lik vekttapet (evt. glødetapet ved humusrike jordarter) og uttrykkes i vektprosent av tørt materiale.

**Saltinnhold**  
(g/l eller o/oo) i porevannet ved titrering med sølvnitrat-oppløsning og kaliunkromat som indikator.

**Kornfordeling**  
ved sikting av fraksjonene større enn 0,06 mm. For de finere partikler bestemmes den ekvivalente korndiameter ved hydrometeranalyse. En kjent mengde materiale slemmes opp i vann og romvekten av suspensjonen måles i en bestemt dybde som funksjon av tiden. Kornfordelingen kan så beregnes ut fra Stoke's lov om kulers sedimentasjonshastighet.

Fraksjonsbetegnelse	Leir	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse mm	< 0,002	0,002-0,06	0,06-2	2-60	60-600	> 600

**Jordarten**  
benevnes i henhold til korngraderingen med substantiv for den dominerende og adjektiv for medvirkende fraksjon. Jordarten angis som leire når leirinnholdet er over 15%. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle kornstørrelser fra leir til blokk.

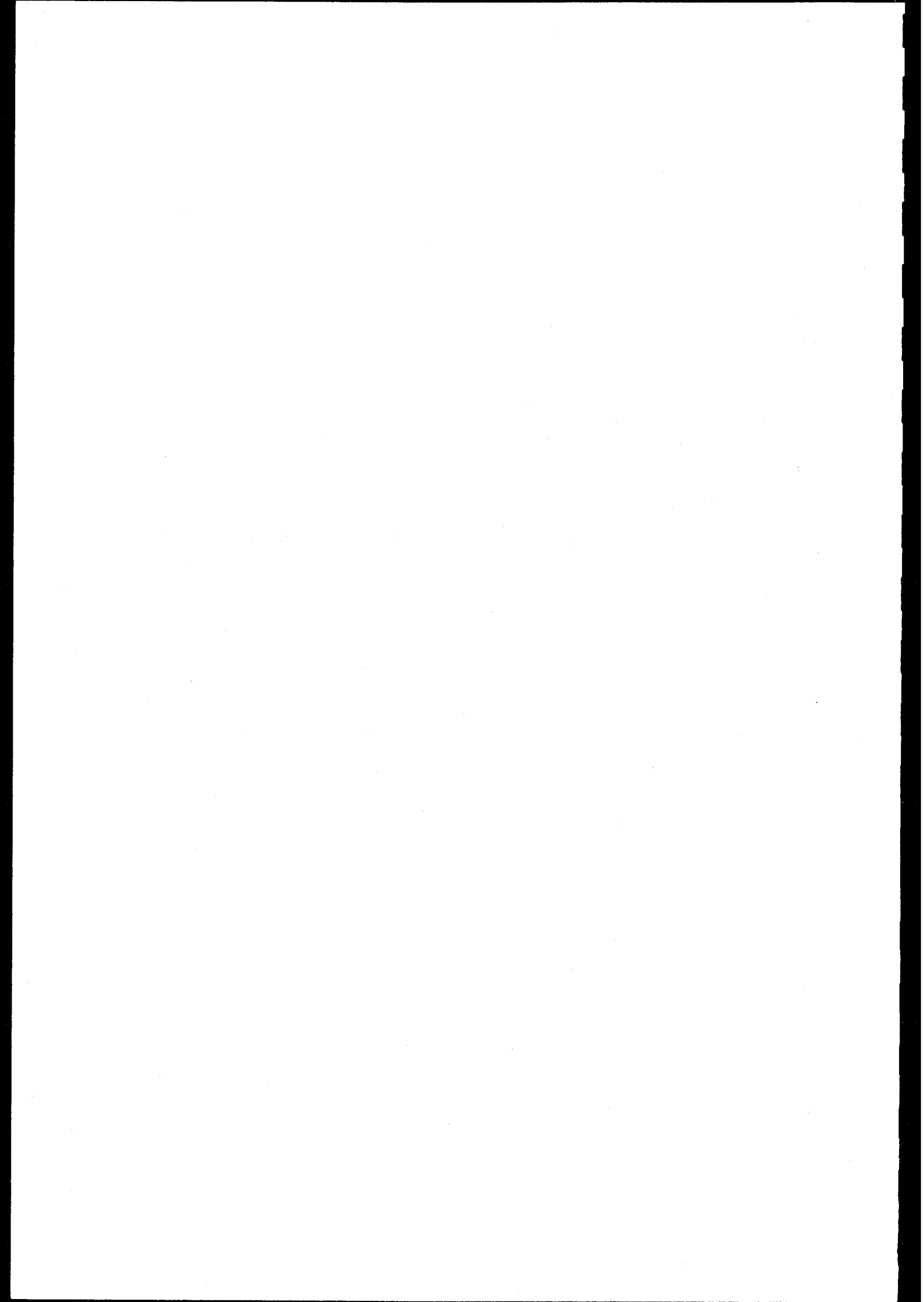
**Organiske jordarter**  
klassifiseres etter opprinnelse og omdanningsgrad (torv, gytje, dy, matjord).

## Materialsignatur:

	Fjell		Silt		Torv
	Blokk		Leire		Plancrester
	Stein		Fyllmasse		Trerester
	Grus		Matjord		Sugflis
	Sand		Gytje, dy		Skjell
					Morereleire
					Grunig morene

## Anmerkning:

- T = tørrskorpe
- Leire: F = resedimenterte nasser
- K = kvikkleire
- Ved blandingsjordarter kombineres signaturene.
- Morene vises med skyggelegging.
- For konkresjoner kan bokstavsymboler settes inn i materialsignaturen:
  - Ca = kalkkonkresjoner
  - Fe = jernkonkresjoner
  - AH = aurlulle



## SPESIELLE UNDERSØKELSER.

## SPESIELLE MARKUNDERSØKELSER.

## Feltkompressometer

benyttes for undersøkelse av grunnens kompressibilitet direkte i marken. I prinsippet består utstyret av en skrueplate med diameter 16 cm som kan skrues ned til ønsket dybde.

For hver valgt dybde utføres et belastningsforsøk ved hjelp av en jekk og sammenhengen mellom belastning og setning registreres.

Resultatene fremstilles som deformasjonskurver og derav kan beregnes modultall ( $m$ ) som uttrykk for grunnens kompressibilitet og benyttes ved setningsberegning.

## Permeabilitetsmåling

in situ utføres ved infiltrasjonsforsøk eller prøvepumping. Infiltrasjonsforsøk kan for eksempel utføres ved hjelp av et piezometer som fylles opp med vann og synkehastigheten måles. Ved prøvepumping må vannstanden observeres i flere punkter i forskjellig avstand.

## Korrosjonssondering

utføres med en sonde av stål med isolert magnesiumspiss (NGI's type). Strømstyrke og motstand måles i forskjellige dybder i grunnen og derav kan beregnes en relativ depolarisasjonsgrad samt grunnens spesifikke motstand. Ut fra dette kan korrosjonshastigheten for stål vurderes.

## Feltkontroll av komprimeringsgrad.

Komprimeringsgraden for oppfylt materiale er forholdet mellom oppnådde tørr-romvekt  $\gamma_d$  ved feltkomprimering og maksimal tørr-romvekt  $\gamma_d \text{ max.}$  bestemt ut fra standardiserte komprimeringsforsøk i laboratoriet.

## - Sandvolummeter- og vannvolummetermetoden.

I felten bestemmes  $\gamma_d$  ved å måle volumet av en utgravd prøve og å veie det utgravde materiale i fuktig og tørr tilstand. Volumet av prøven bestemmes ved å fylle det utgravde hull med en tørr sand med kjent romvekt, eller ved å forsegle hullet og fylle det opp med vann. Ut fra kjente data kan således vanninnhold og tørr-romvekt av det utgravde materialet bestemmes. Denne metode kan benyttes i relativt finkornig og ensgradert materiale.

## - Platebelastningsforsøk.

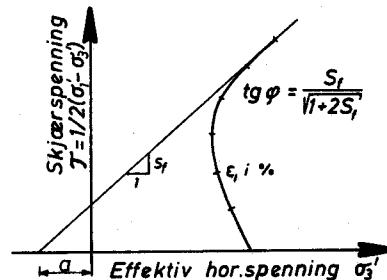
I grov og samfengt masse (grov grus, finsprengt stein o.lign.) gir sandvolummeter og vannvolummetermetoden utilfredsstillende nøyaktighet, og komprimeringen av slikt materiale undersøkes ved å bestemme oppfyllingens elastisitetsmodul ut fra platebelastningsforsøk.

En sirkulær plate med  $\varnothing = 30$  cm plasseres på den komprimerte grunnen og belastes trinnvis samtidig som nedbøyning av platen måles med spesielt måleutstyr. Samhørende verdier for belastning og nedbøyning avsettes i diagram og elastisitetsmodulen  $E$  beregnes. Den målte elastisitetsmodul sammenholdes med oppsatte krav til elastisitetsmodul ut fra aktuelle belastningsforhold, og forholdet mellom disse verdier betegnes komprimeringsgrad.

## SPESIELLE LABORATORIEUNDERSØKELSER.

## Skjærstyrkeparametrene,

friksjonsvinkel ( $\varphi$ ) og attraksjon ( $a$  i  $\text{KN/m}^2$ , evt. kohesjon  $c = a \cdot \tan \varphi$ ) bestemmes ved triaksialforsøk på små prøver i laboratoriet. En sylindrisk prøve konsolideres for et allsidig trykk og vertikalbelastningen økes deretter til brudd. Under forsøket måles poretrykk, slik at effektive spenninger kan beregnes (totaltrykk minus poretrykk).



Forsøket fremstilles oftest som en vektor i et hovedspenningsdiagram.

## Permeabilitetskoeffisienten

( $k$  i  $\text{cm/s}$ ) er strømningshastigheten for vann gjennom materialet ved en hydraulisk gradient lik 1,0. I laboratoriet måles permeabiliteten ved direkte vanngjennomgangsforsøk på små prøver for konstant eller fallende potensial. Dette kan gjøres i triaksialapparat for finkornige prøver eller i større apparatur for mer grovkornige prøver.

## Maksimal tørr-romvekt og optimalt vanninnhold etter Proctor-metoden.

Ved komprimering av jordartsmateriale oppnåes tettete lagring av mineralpartiklene, dvs. høyest tørr-romvekt, når vanninnholdet i materialet har en bestemt verdi under komprimeringsarbeidet. Materialets egenskaper som stabilitet øker, og kompressibiliteten avtar med økende lagringstetthet.

I laboratoriet bestemmes det optimale vanninnholdet ved å komprimere prøver av materialet med varierende vanninnhold etter en standardisert forskrift, Proctormetoden. De samhørende verdier for prøvenes vanninnhold og tørr-romvekt beregnes og plottes i et diagram med tørr-romvekt som funksjon av vanninnholdet. Den høyest oppnådde tørr-romvekt betegnes som  $\gamma_d \text{ max.}$  og det tilhørende vanninnhold  $w_{\text{opt}}$ .

## CBR-forsøk.

For materialer som inngår i veg- og eller flyplassoverbygning, eller trafikkbelastet grunn forøvrig, kan dimensjonerende bæreevne semiempirisk bestemmes ut fra belastningsforsøk etter CBR-metoden (California Bearing Ratio).

Materialet som skal undersøkes komprimeres lagvis ved optimalt vanninnhold i en sylinder med volum ca. 2,3 l. Komprimeringsarbeidet tilsvarende Modifisert Proctor. Deretter settes sylindren med prøve i vannbad i 96 timer for fullstendig vannmetning. Etter vannmetning påføres prøven belastning ved at et stempel med areal 3  $\text{inch}^2$  med konstant bevegelseshastighet  $= 0,05$   $\text{inch pr. min.}$  presses ned i denne. Rundt stempelen på prøvens overflate er prøven belastet med blyringer med vekt som tilsvarende vekten av evt. overbygning. Stempelkraften ved 0,1" og 0,2" inntrykking av stempelen registreres og sammenlignes med verdier for tilsvarende inntrykking på et referansemateriale. Forholdet mellom den avleste kraft og referansekraften beregnes i prosent og betegnes CBR-verdi. Dersom CBR-verdien ved 0,2" er høyere enn ved 0,1" stempelinntrykking kan denne verdien rapporteres som materialets CBR-verdi hvis dette forhold bekreftes ut fra forsøk på 2 prøver.

