

0. SAMMENDRAG.

Under et forholdsvis tynt og vekslende tørrskorpelag består grunnen av uregelmessig, men stort sett middels fast rekonsolidert leire (gamle rasmasser) eller meget fast (original) siltig leire til minst 15 m dybde.

I slike masser må det regnes med at forholdene kan være varierende både i horisontal og vertikal retning. Boringene viser bare spredte og sterkt begrensede lommer med bløt eller sensitiv leire.

Leiren er relativt kompressibel, uten eller med bare svak overkonsolidering.

Fundamenteringsforholdene kan karakteriseres som noenlunde gode, og gir mulighet til å utnytte området til middels tung bebyggelse. Bygg i inntil 5 - 6 etasjer vil trolig kunne fundamenteres direkte, evt. på hel plate, og gjerne tilnærmet kompensert for å unngå eller redusere setninger.

Bæreevne og setningsforhold forutsettes nærmere vurdert for hvert enkelt konkret prosjekt.

OTTAR KUMMENEJE

  
Jarle Th. Nestvold

  
Geir J. Westerlund

## 1. INNLEDNING.

Etter anmodning fra Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat har vi utført grunnundersøkelser på tomt for Trondheim nye postterminal i utbyggingsområdet Sluppenveien 12.

Det er tidligere utført grunnundersøkelser for eksisterende og planlagte bygg øst for den aktuelle tomt.

Undersøkelsene er forutsatt å skulle være av orienternede art, men såpass dekkende at områdets geotekniske utnyttelsesmuligheter og begrensninger kommer fram.

## 2. MARKARBEID.

Boringene er utført i tiden 25/2 - 12/3 d.å.

Det er utført dreietrykksondering ved hjelp av vår hydrauliske borrhigg i 9 punkter til 10 - 15 m dybde. Med Ø 54 mm prøvetaker er det tatt opp 4 prøveserier med i alt 33 uforstyrrede prøver inntil maksimalt 15 m dybde.

I ett punkt er det etter avsluttet dreietrykksondering i 8 m dybde (kapasitetsbegrensning) fortsatt med enkel slagsondering til 13 m dybde.

I ett punkt er det installert 2 piezometer i ulike dybder for å bestemme grunnvannstand og poretrykksfordeling.

Boringenes beliggenhet er vist i situasjonsplan i bilag 1.

Resultat av dreietrykksonderingene og forenklet jordartsbeskrivelse er presentert i 4 profiler, bilag 2 og 3.

Prinsippene for markundersøkelsene er nærmere beskrevet i tillegg I.

### 3. LABORATORIEUNDERSØKELSER.

De uforstyrrede sylinderprøver er rutineundersøkt ved åpning i vårt laboratorium. Det vil si at materialet er beskrevet, klassifisert og undersøkt m.h.t. vanninnhold, densitet og udrenert skjærstyrke  $s_u$ . På antatt interessante parti er materialets konsistensgrenser undersøkt. Resultatene er vist i borprofil, bilag 4 - 7.

For å bestemme effektive styrkeparametre og poretrykksegenskaper er det utført 1 sett standard treaksialforsøk (ICU-forsøk).

Resultatet er vist i bilag 8.

For bestemmelse av grunnens setningsegenskaper, er det utført konsolideringsforsøk i ødometer på 8 prøver. Resultatene er gitt ved deformasjons- og kompresjonsmodulkurver i bilag 9 - 12.

Undersøkellesmetodene i laboratoriet er generelt beskrevet i tillegg II og III bakerst i rapporten.

### 4. GRUNNFORHOLD.

Terrenget på det undersøkte området ligger på ca. kt. 34 - 35 og er tilnærmet horisontalt.

Tidligere undersøkelser i området har vist at de øvre lag består av rekonsoliderte skredmasser fra eldre skred, antatt kvikkleireskred. Undersøkelsene i og nær høydedragene mot Fossegrenda og Nidelva (sydøst for det aktuelle området) viser helt andre grunnforhold, med bl.a. større tørrskorpetykkelse og intakt kvikkleire. Disse høydedragene er gjenstående rester av tidligere, mektige avsetninger. I Utbyggingsområdet Sluppenvn. 12 er det tidligere påvist uregelmessig avsetninger med lagvis re-

konsolidert leire og intakte, antatt eldre tørrskorpelag.

Sonderingene viser stort sett økende motstand i dybden, inntil et meget fast lag i varierende dybde. Øverst er det i en del punkt funnet utpreget større sonderingsmotstand som kan skyldes meget fast leire (tørrskorpe) eller teleskorpe.

Tørrskorpen gir ikke alltid stor sonderingsmotstand p.g.a. varierende oppsprekingsgrad/sprøhet. Under det varierende faste topplag er det stedvis påvist materiale med betydelig mindre motstand. Dette kan tyde på bløtere materiale. Dybden til det dypere meget faste lag varierer fra 5 - 15 meter. Fastheten i dette laget er stedvis større enn borrignens kapasitet.

Markert bløtere lag foruten de like oppunder tørrskorpen kan ikke påvises entydig, bortsett fra tynne lag i 8 - 10 m dybde i pkt. 5 og 6.

Prøvetakingen viser i pkt. 1 og 6 meget fast leire øverst og videre i dybden middels fast leire. I pkt. 3 og 9 er det påvist vekselvis meget fast, siltig leire og middels fast leire. Den meget faste leire ( $s_u = 100 - 250$  kPa) som er funnet i større dybde, er karakterisert som siltig eller mager og har lavere vanninnhold.

Sensitiv leire er påvist i 12,5 m dybde og 8 m dybde i h.h.v. pkt. 1 og 6. Denne leirtype er imidlertid svært begrenset i dybde og er tilsynelatende uten horisontal kontinuitet.

I pkt. 9 er det påvist humusflekker helt ned til 8 - 9 m dybde.

Uregelmessig lagoppbygging, materialkarakteristikk og humusflekker forsterker antagelsen om at grunnen består av rekonsoliderte rasmasser hvori det finnes lag med uomrørt tidligere tørrskorpe og kvikkleire. Overgangen til original grunn kan på foreliggende undersøkelser ikke fastslås.

Dybden til fjell er ikke bestemt, men antas meget stor.

Konsolideringsforsøkene i ødometer er stort sett utført på middels fast og fast leire. Forsøkene tyder på normal-konsolidert eller bare svakt overkonsolidert materiale. Den faste leire har for ordinære tilleggslaster konsolideringsmotstand i størrelse 3,5 - 7 MPa og den middels faste leire har motstand i størrelse 3 - 4 MPa. Dette gir karakteristikk relativt kompressibel leire.

Konsolideringskoeffisienten,  $c_v$ , antas på bakgrunn av tidligere undersøkelser å være i størrelse 2 - 8 m<sup>2</sup>/år for de aktuelle belastninger. Det vil forårsake relativt lang konsolideringstid.

Styrkeundersøkelsen på fast leire i treaksialapparat viser udrenert skjærstyrke i størrelse 40 - 60 kPa. Dette er i rimelig samsvar med verdier oppnådd ved de enkle fallkonus- og enaksiale trykkforsøk, som viser  $s_u \approx 66 - 75$  kPa.

Styrkeundersøkelsene viser at leiren gir noe poretrykksoppbygging ved belastning utover antatt spenningstilstand i marken. Imidlertid viser den faste leire dilatant oppførsel ved såkalt flytning. Dvs. at ved store deformasjoner (tilleggsbelastning) er det tendens til redusert poretrykk og stadig tiltagende styrke. Dette er egenskaper som er karakteristisk for ikke-marine og rekonsoliderte eller overkonsoliderte marine leirer. Også middels fast leire undersøkt på naboområdet viser tilsvarende oppførsel.

For 2% aksial deformasjon i treaksialforsøket gir leiren en karakteristisk friksjon  $\text{tg } \phi = 0,53$  og attraksjon  $a = 10 \text{ kPa}$ . De tidligere undersøkelser på middels fast leire gav tilsvarende  $\text{tg } \phi = 0,40$  og  $a = 10 \text{ kPa}$  ( $s_u \approx 30 - 40 \text{ kPa}$ ).

Grunnvannstanden er antatt utfra tidligere undersøkelser til ca. 1 - 2 m under terreng. Poretrykket antas på bakgrunn i målinger å ha en fordeling i dybden lavere enn hydrostatisk.

#### 5. VURDERING AV GRUNNFORHOLDENE.

Massene på tomten består av inhomogen leire med skiftende lagoppbygging og usammenhengende lag i horisontalretning. Leiren har skjærstyrke varierende fra 30 kPa til 250 kPa i pkt. 3 og fra 20 kPa til 87 kPa i pkt. 1. I ett prøvetakingshull er det påvist et begrenset lag med kvikkleire i ca. 12,5 m dybde. Det gis ikke grunnlag for å ekstrapolere denne registrering til andre prøvepunkt.

Tørrskorpelaget er vekslende og tynt (1 - 2 m) over hele tomten. Det synes som om den sydlige del av tomten har noe bedre grunnforhold.

Fundamenteringsforholdene kan karakteriseres som noenlunde gode, og gir mulighet for å utnytte området til middels tung bebyggelse. Bygg i inntil 5 - 6 etasjer vil stort sett kunne fundamenteres direkte, fortrinnsvis på hel plate. Setningsforholdene vil trolig være skiftende over området, med vekslende egenskaper i vertikal- og horisontalretning. Konsentrert eller sterkt varierende belastning bør unngås. Ved kompensert fundamentering (utgravning for kjeller tilsvarende byggets vekt) blir setningene ubetydelige.

Utgravning for byggegrop vil uten avstivning kreve noe større areal. Eventuell avstiving for dyp byggegrop forutsetter spesielle avstivingssystem.

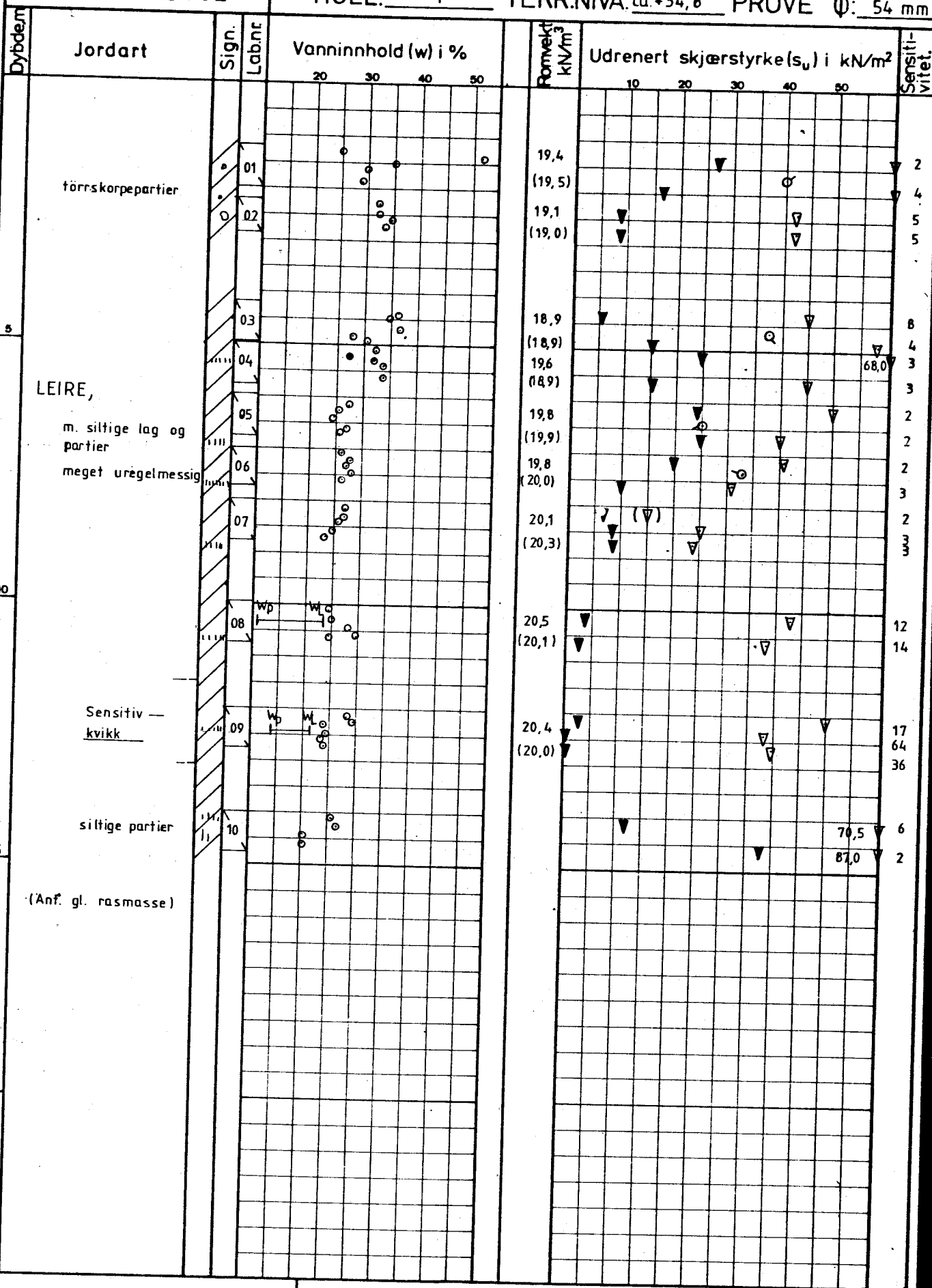
Dimensjonering av utgraving, bæreevne og setninger forutsettes nærmere vurdert for hvert enkelt konkret prosjekt, hvor eventuelle behov for supplerende undersøkelser vil bli vurdert.

# BORPROFIL

HULL: 1

TERR.NIVÅ: ca. +34,8

PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



Sted: POSTTERMINALEN

Mnd/år: 03/81

OPPDRAG:

3516

BILAG:

4

TEGN.NR.:

04

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk:  $\frac{w}{w_0}$  (strek angir def.% w/brudd)

Konussøk - Omrørt: ▽ Uforstyrret: ▽

Penetrometerforsøk: □

Konsistensgrenser:

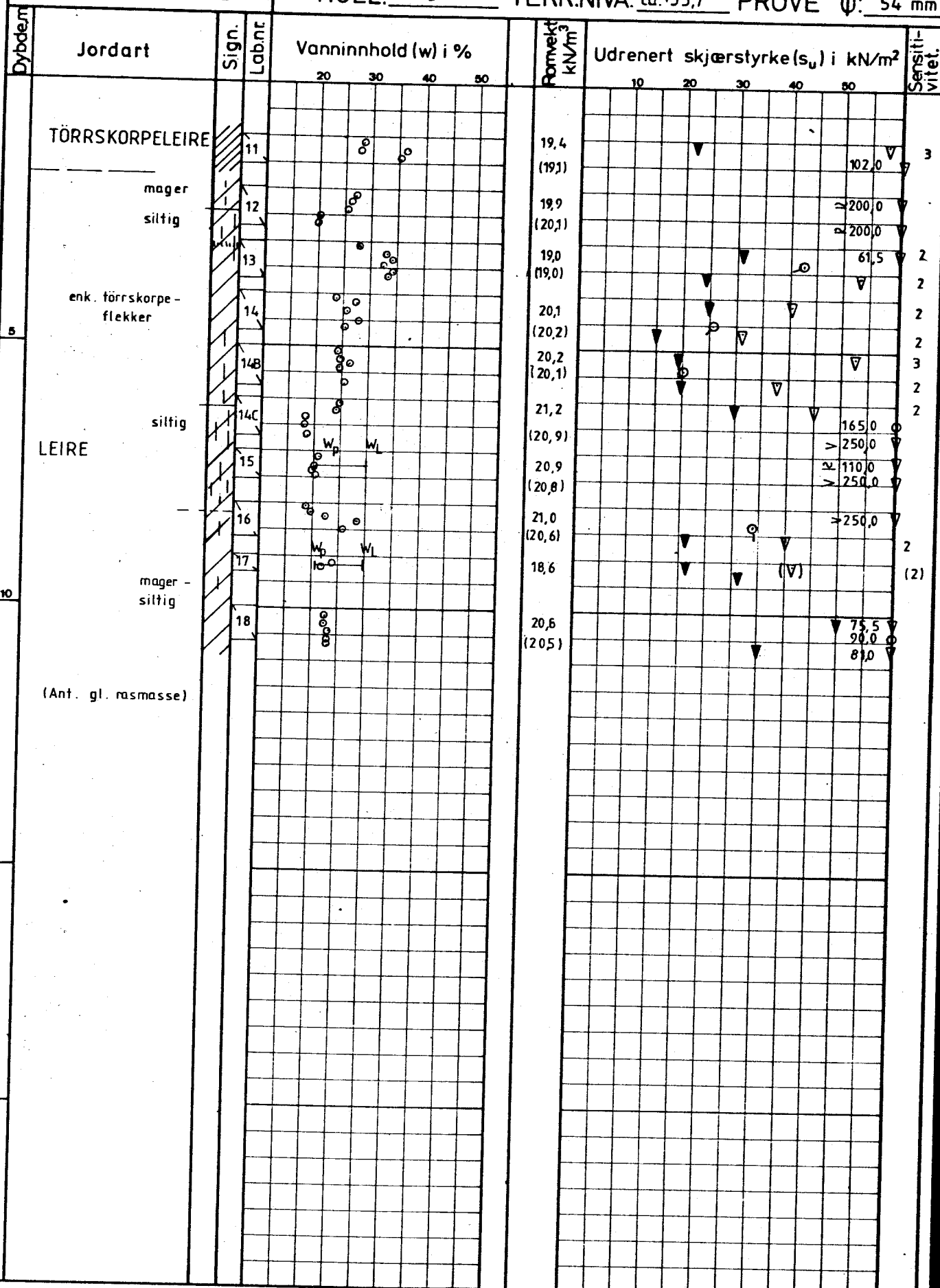
wp ————— wl



# BORPROFIL

HULL: 3

TERR.NIVÅ: ca. +35,7 PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



Sted: POSTTERMINALEN Mnd/år: 03/81

SYMBOLER:

Enkelt trykkforsøk:  $\sigma_0$  (strek angir def. % w/brudd)  
Konusforsøk - Omrørt:  $\nabla$  Uforstyrret:  $\nabla$   
Penetrometerforsøk:  $\square$   
Konsistensgrenser:  $w_p$  —  $w_L$

OPPDAG:  
3516

BILAG:  
5

TEGN.NR.:  
05

# BORPROFIL

HULL: 6

TERR.NIVÅ: ca +34,2

PRÖVE Ø: 54 mm

Dybde m

Jordart

Sign.

Lab.nr.

Vanninnhold (w) i %

20 30 40 50

Romvekt  
kN/m<sup>3</sup>

Udrenert skjærstyrke (s<sub>u</sub>) i kN/m<sup>2</sup>

10 20 30 40 50

Sensitivitet

siltige partier

27

20,5  
(20,3)

2

m. siltige lag

28

20,2  
(20,1)

9

LEIRE,

sensitivt parti

29

20,4  
(19,9)

34

förrskorpeflekker

30

20,3  
20,3

6

10

31

20,4  
(20,5)

12

(Ant. gl. rasmasse)

Siv. ing.

OTTAR KUMMENEJE

Sted: POSTTERMINALEN

Mnd/år: 03/81

OPDRAG:

3516



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



SYMBOLER:

Enkelt trykktorsk: (strek angir def.% w/brudd)

Konustorsk - Omrørt: Uforstyrret:

Penetrometerforsk:

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

BILAG:

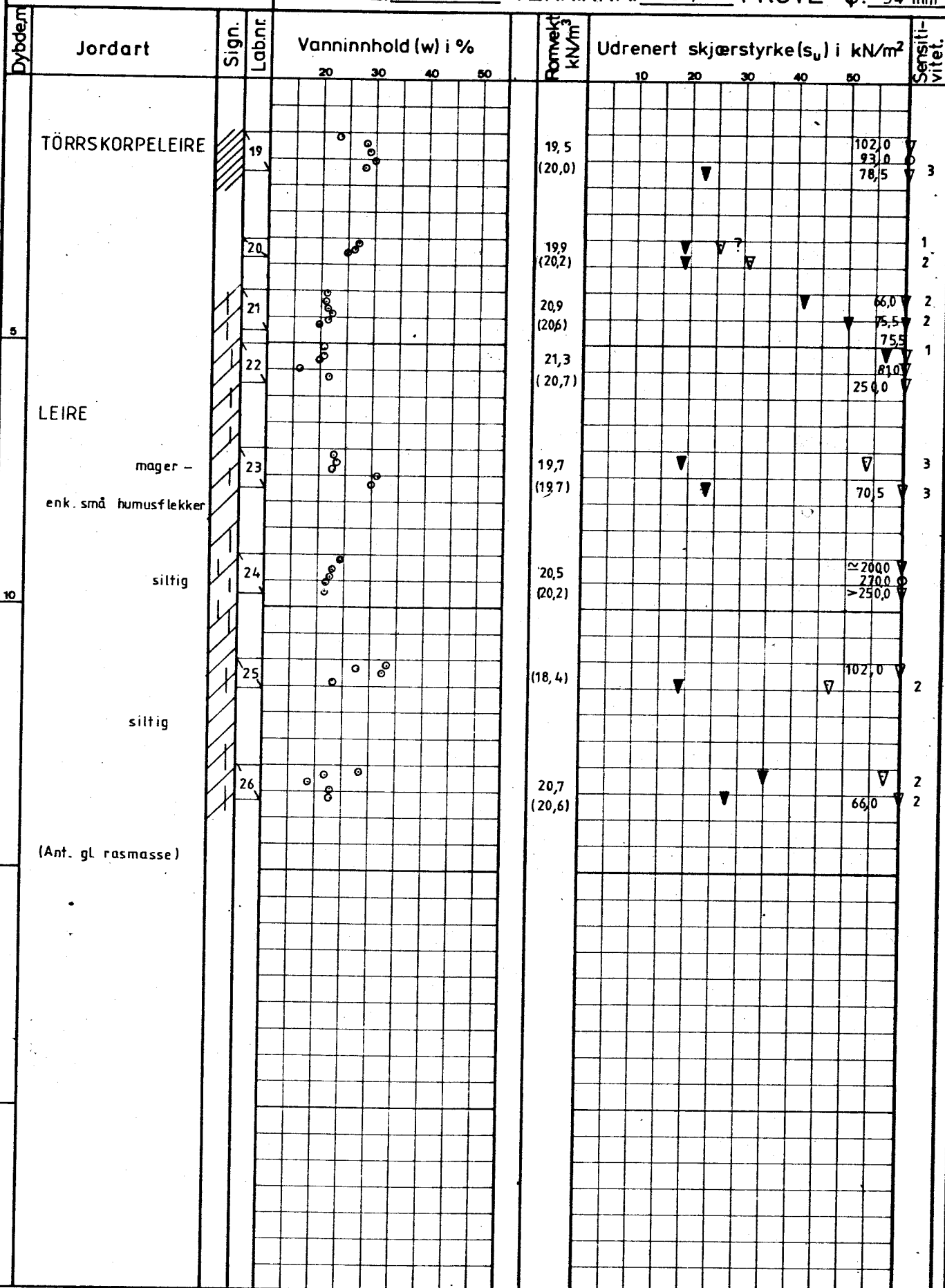
6

TEGN.NR.:

06

# BORPROFIL

HULL: 9 TERR.NIVÅ: ca +34,6 PRÖVE Ø: 54 mm



Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



Sted: POSTTERMINALEN Mnd/år: 03/81

SYMBOLER:

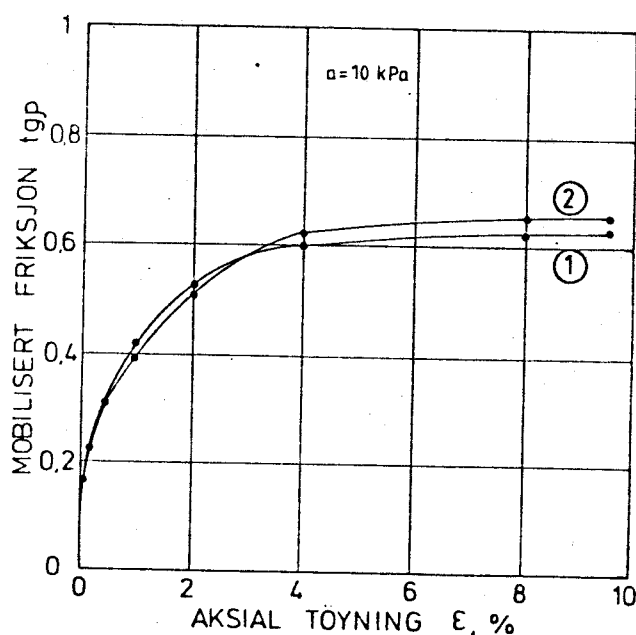
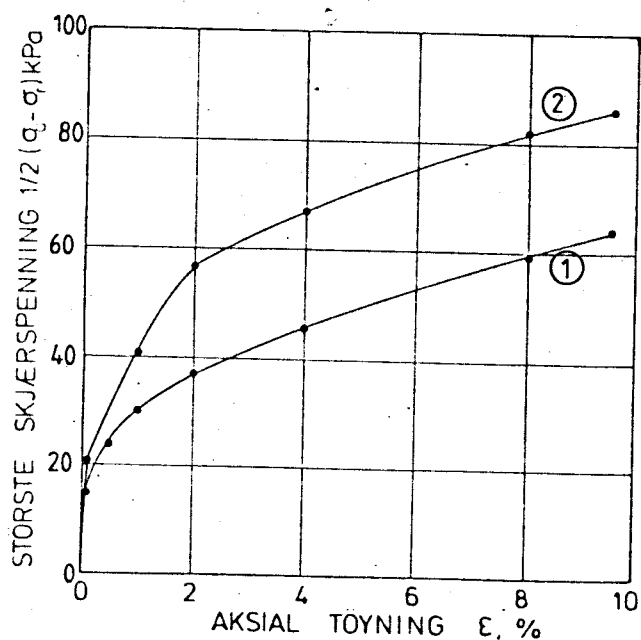
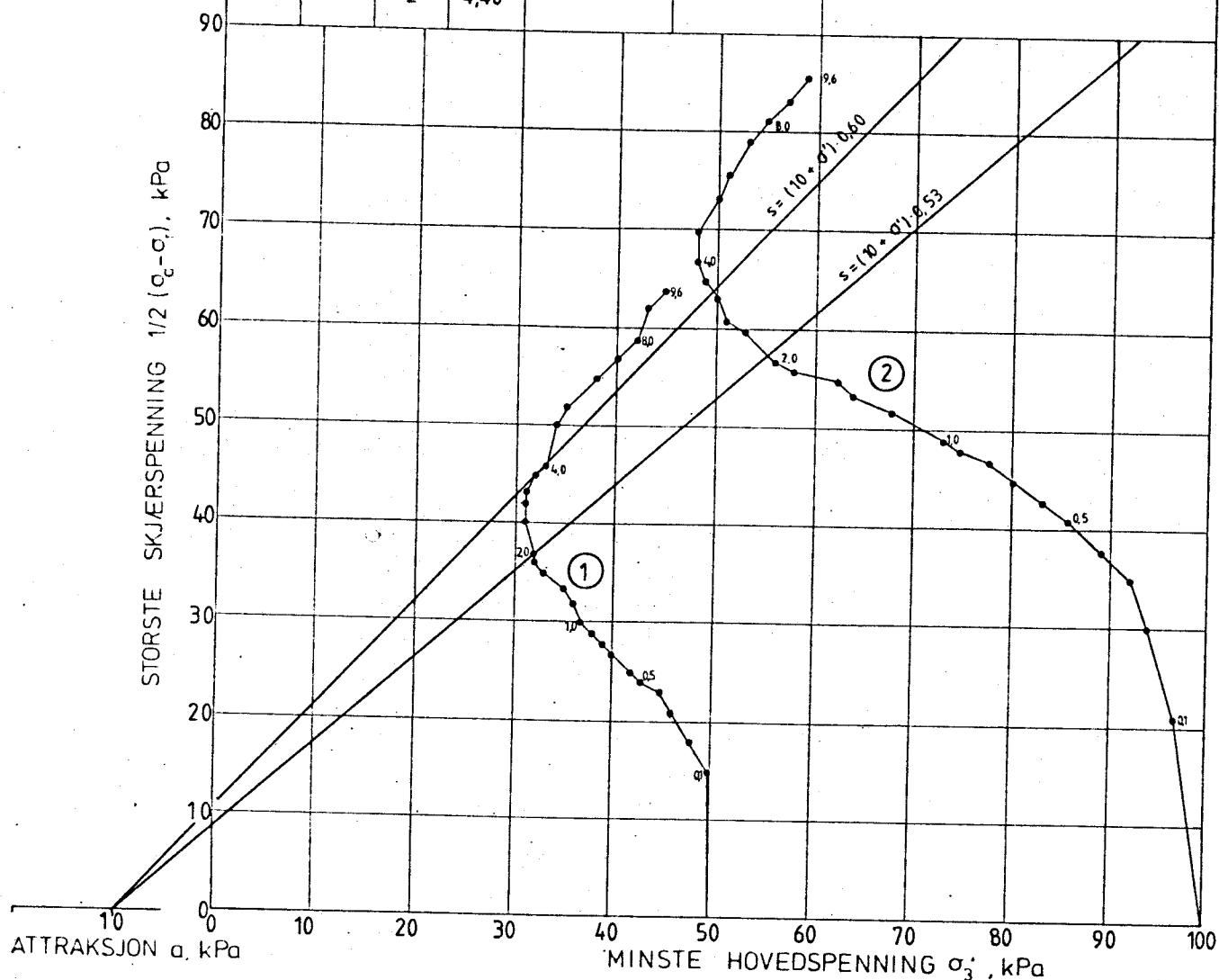
Enkelt trykkforsøk:  $\sigma_0$  (strek angir def. % w/brudd)  
Konusforsøk - Omrørt:  $\nabla$  Uforstyrret:  $\nabla$   
Penetrometerforsøk:  $\square$   
Konsistensgrenser:  $w_p$  —————  $w_L$

OPPDRAG:  
3516

BILAG:  
7

TEGN.NR.:  
07

HULL NR	LAB NR	PROVE NR	DYBDE m	EFFOVERLAG SPENN, kPa	FORKONS SPENN, kPa	ANM
9	21	1 2	4,25 4,40	$\sigma_v = 80$	$\sigma_v = 80$	Rekonsolidert leire



**Kummeneje**  
Sivilingeniør Ottar Kummeneje



TRONDHEIM  
GÅRMA BULST TRONDHEIM



Sted: POSTTERMINALEN

Mnd./år: 04./81

TREAKSIALFORSØK

OPPDRAG

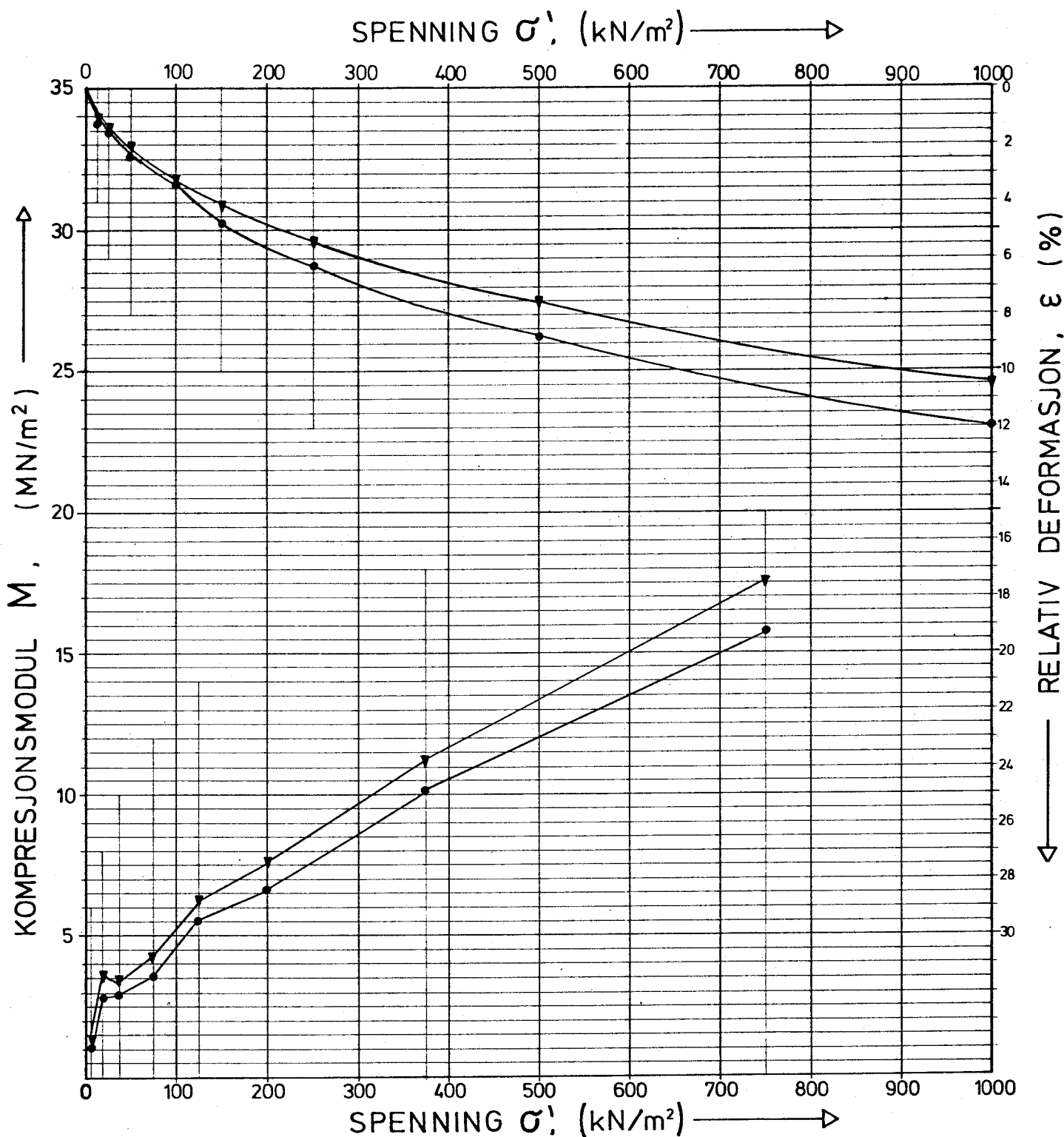
3516

BILAG

8

TEGN NR

08



PRØVEDATA, Sted: POSTTERMINALEN Mnd/år: 03 / 81

LAB. NR:	HULL NR:	DYBDE:	$P'_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	$P'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	OCR	JORDART	ANM.
08	1	10,40 m	140	—	N.C.	LEIRE, m. tynne siltlag	●
10	1	14,40 m	180	—		LEIRE, m. siltige partier	▼

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM

BODØ — TROMSØ



## BELASTNINGSFORSØK I ØDOMETER

Relativ deformasjon  
og kompresjonsmodul

OPPDRAG:

3516

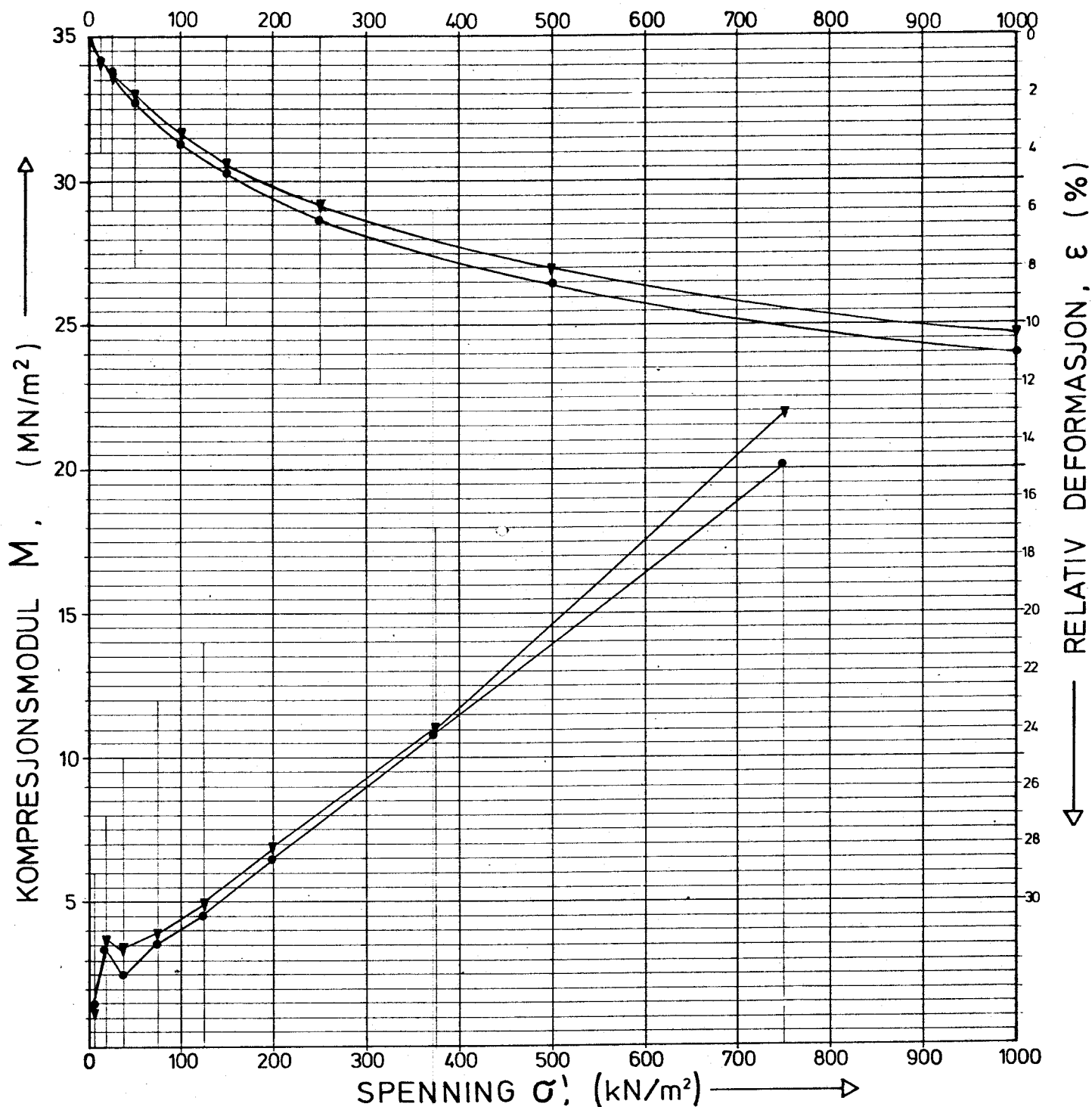
BILAG:

9

TEGN. NR:



09

SPENNING  $\sigma'$ , (kN/m<sup>2</sup>) →



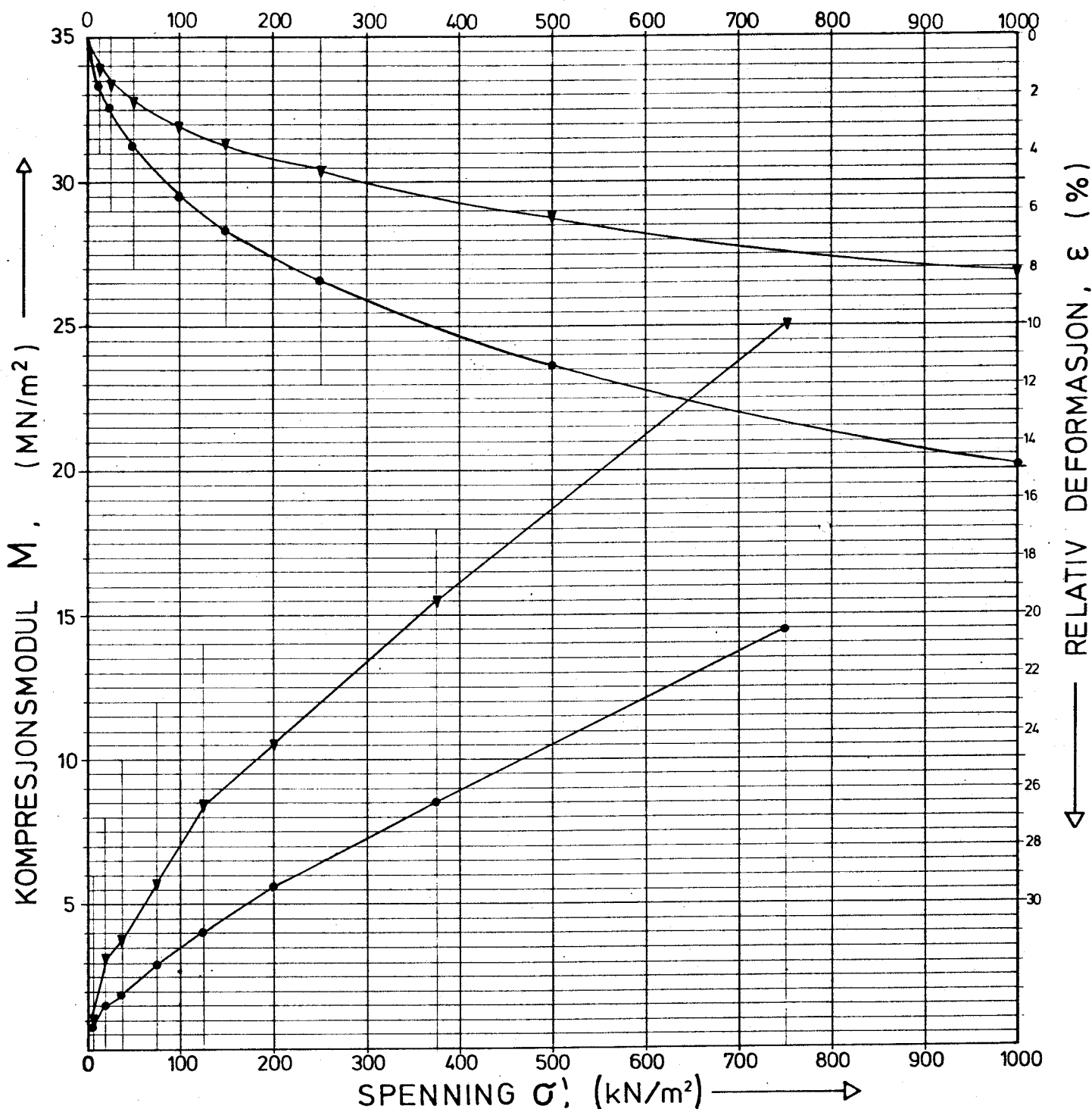
PRØVEDATA , Sted : POSTTERMINALEN Mnd/år: 03 / 81

LAB. NR:	HULL NR:	DYBDE:	P <sub>0</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	P <sub>c</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	OCR	JORDART	ANM.
14	3	4,30 m	80	—	NC	LEIRE, noe mager	●
14 B	3	5,30 m	90	—		— " — " —	▼

<div>Siv. ing.</div> <div>OTTAR KUMMENEJE</div> <div> TRONDHEIM</div> <div>BODØ — TROMSØ</div> <div></div>	<b>BELASTNINGSFORSØK I ØDOMETER</b>	OPPDAG: 3516
	Relativ deformasjon og kompresjonsmodul	BILAG: 10
		TEGN. NR: 10



SPENNING  $\sigma'$ , (kN/m<sup>2</sup>) →



PRØVEDATA , Sted : POSTTERMINALEN Mnd/år: 03/81

LAB. NR:	HULL NR:	DYBDE:	$p'_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	$p'_c$ (kN/m <sup>2</sup> )	OCR	JORDART	ANM.
25	9	11,25 m	150	—	NC	LEIRE, mager - siltig	●
26	9	13,35 m	175	—		LEIRE, siltig	▼

Siv. ing.  
**OTTAR KUMMENEJE**



TRONDHEIM  
BODØ — TROMSØ



## BELASTNINGSFORSØK I ØDOMETER

Relativ deformasjon  
og kompresjonsmodul

OPPDRAG:  
3516

BILAG:  
12

TEGN. NR:  
12