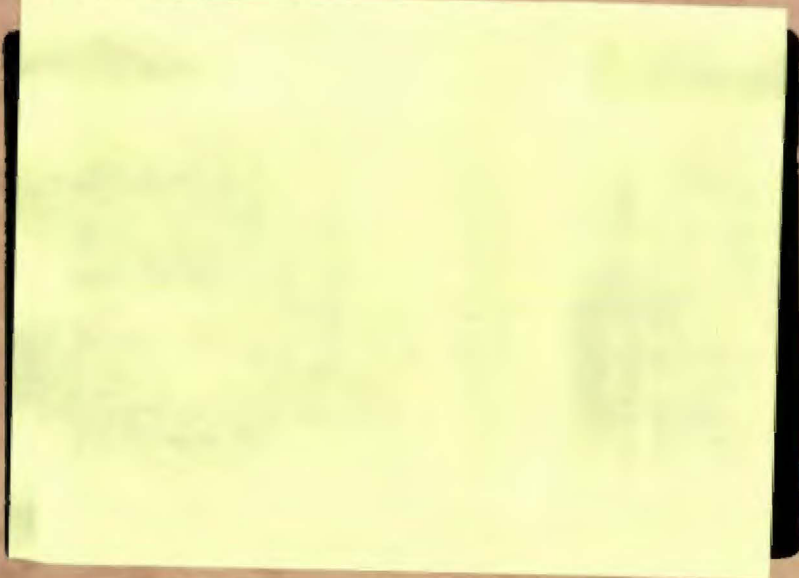


NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute



POSTBOKS 40 TÅSEN, OSLO 8 — TELEFON 230388

NO. B2, III 

overf. juli 2000/20

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT
Norwegian Geotechnical Institute

Rapport

Resultater av spesielle grunn-undersøkelser i forbindelse med Oslo Lysverkers planlagte understasjon i Pilestredet 34-36, Oslo

74032-1

4. oktober, 1974

SOGNSVEIEN 72, OSLO 8 — TELEFON 23 03 88

Tegninger

- 001 - Situasjonsplan
- 002 - Borprofil
- 003-007 - Resultater av triaksialforsøk
- 008-011 - Resultater av direkte skjærforsøk (ccv)
- 012 - Skjærfasthetsbestemmelse, sammenstilling
- 013-016 - Insitu-måling av horisontalt jordtrykk
- 017 - Horisontaltrykk, sammenstilling

INNLEDNING

Etter oppdrag i brev av 21. juni 1974 fra Oslo kommune, geoteknisk kontor har Instituttet på en aktuell tomt for Oslo Lysverkers understasjon i Pilestredet 34-36 tatt opp en serie ϕ 95 mm uforstyrrede jordprøver for spesielle skjærforsøk i laboratoriet. Disse forsøk har inbefattet aktive og passive triksialforsøk samt direkte skjærforsøk.

Det er videre foretatt insitu-måling av horisontaltrykket i leiren i 4 forskjellige dybder.

En generell grunnundersøkelse av tomten er tidligere foretatt i Oslo kommunes regi, og resultatene er gitt i rapport R-1235 av 10. juni 1974.

Det er i den foreliggende rapport fremlagt resultatene av de utførte undersøkelser, samt avgitt en vurdering av hvordan de målte verdier bør benyttes ved de geotekniske beregninger i forbindelse med det foreliggende byggeprosjekt. Vi har imidlertid ikke sett det som vår oppgave å gå nærmere inn på spørsmål vedrørende fundamenteringen av understasjonen.

RESULTATER AV LABORATORIEFORSØK

Beliggenheten av den opptatte prøveserie I er vist på situasjonsplanen, tegning 001, og resultatene av rutineundersøkelsene i laboratoriet er inntegnet i borprofilet på tegning 002. Under et 3 - 4 m tykt topplag av fyllmasser og tørrskorpeleire består grunnen av siltig, bløt leire som under 7 m dybde må betegnes som kvikkleire.

For å klarlegge leiravsetningens skjærfasthetsegenskaper er det på prøver fra fire forskjellige dybder, henholdsvis ca 5 m, 6,5 m, 8,5 m og 10,5 m under terreng utført tre typer udrenerte skjærforsøk, henholdsvis aktive triksialforsøk, passive triksialforsøk og direkte skjærforsøk.

Ved alle disse tre typer forsøk er leirprøven rekonsolidert i laboratoriet til de samme spenninger den hadde i marken. Deretter er leiren belastet til brudd 1) ved en gradvis økning av vertikalspenningen ved det aktive triaksialforsøk, 2) ved en gradvis reduksjon av vertikalspenningen ved det passive triaksialforsøk og 3) ved påføring av en stadig økende horisontal skjærspenning ved det direkte skjærforsøk. Ved det sistnevnte forsøk reduseres samtidig vertikalspenningen i et slikt omfang at prøvevolumet hele tiden forblir uendret.

De tre forsøkestyper er ment å etterligne spenningsforholdene 1) i den aktive sone bak en spuntvegg eller i bakre del av en sirkulær glideflate, 2) i den passive sone foran en spuntvegg eller i forkant av en sirkulær glideflate f.eks. under bunnen av en utgraving, og 3) langs et tilnærmet horisontalt parti av en potensiell glideflate.

Resultatene av triaksialforsøkene er gitt i tegningene 003 - 007. I øverste diagram er vist hvordan skjærspenningen $\frac{1}{2}(\tau_a - \tau_r)$ varierer med relativ aksialdeformasjon, ϵ , og nedre diagram viser de tilsvarende endringer i poretrykket, Δu . Både skjærspenning og poretrykksøkning er normalisert ved å dividere med vertikalt konsolideringstrykk, τ_{ac} . Triaksialforsøkene er kjørt med en gjennomsnittlig deformasjonshastighet på ca 0,85% pr. time.

Resultatene av de direkte skjærforsøk er vist på tegningene 008 - 011. De tre diagrammene angir ovenfra hvordan henholdsvis horisontal skjærspenning dividert med vertikalt konsolideringstrykk, vertikalspenning dividert med vertikalt konsolideringstrykk og horisontal skjærspenning dividert med vertikalspenning varierer med den horisontale relativdeformasjon, ϵ_H , (horisontalforskyving dividert med prøvehøyden). Gjennomsnittlig deformasjonshastighet varierer ved disse forsøk mellom 2,3 og 4,2 % pr. time.

På tegning 012 er gitt en sammenstilling av resultatene fra de ovennevnte triaksial- og direkte skjærforsøk. Det er forutsatt at den udrenerte skjærfasthet τ_f tilsvarer skjærspenningen ved 1,5% relativdeformasjon, hvilket omtrent tilsvarer knekkpunktet på arbeidskurvene for forsøkene.

Det vil fremgå av tegning 012 at den undersøkte leire oppviser en utpreget anisotropi ved den udrenerte skjærfasthet. Således er det for kvikkleiren under 7 m bestemt et forhold mellom udrenert skjærfasthet og effektivt overlagingstrykk på 0,29 ved aktive triaksialforsøk, på 0,17 ved direkte skjærforsøk og på 0,05 ved passive triaksialforsøk. De tilsvarende verdier for den ikke kvikke leire mellom 4 og 7 m er endel høyere, henholdsvis 0,39, 0,24 og 0,11.

For sammenligning er det på tegning 012 også vist resultatene av Oslo kommunes vingboring 3 like i nærheten av prøveserien. Man ser at i kvikkleiren gir vingboret meget lave verdier, tilsvarende de passive triaksialforsøk.

MÅLING AV HORIZONTALT JORDTRYKK

Prinsippet for målingene er at man pumper vann inn i leiren gjennom et piezometerfilter ved et stadig økende trykk. Ved et trykk tilsvarende minste hovedspenning (horizontaltrykket) i vedkommende dybde åpner det seg sprekker i leiren, hvilket gir seg uttrykk ved at vannstrømmen pr. tidsenhet plutselig øker betydelig. I praksis har det vist seg å gi de sikreste resultater om man først går opp til et trykk over horisontaltrykket og deretter gradvis reduserer trykket.

Resultatene fra insitu-målingene av horisontalt jordtrykk er gitt i tegningene 013 - 016, som viser relasjonen mellom vanntrykk og inpumpet vannmengde pr. tidsenhet i de 4 dybder. En sammenstilling av resultatene er gitt på tegning 017.

Det fremgår at forholdet mellom effektiv horisontal- og vertikalspenning (K_0) avtar fra en verdi på ca 1,0 i 4,5 m dybde til en verdi på ca 0,5 i 10,5 m dybde. Dette innebærer at det effektive horisontale jordtrykk i angjeldende dybdeintervall er omtrent konstant, ca 6 - 6,5 t/m².

VURDERING AV RESULTATENE

Senere års erfaring synes å vise at i en leire hvor plastisitetsindeksen avviker vesentlig fra en verdi på ca 20% eller hvor forholdet mellom vingborfasthet og effektiv ovenlagringstrykk avviker vesentlig fra en verdi på 0,20 - 0,25, vil en stabilitetsberegning for en fylling eller utgraving basert på vingborfasthet ikke gi et korrekt resultat. Således vil man for en leire med lavere I_p eller τ_{VING}/σ_v' få en for lav beregningsmessig sikkerhetsfaktor og for en leire med høyere I_p eller τ_{VING}/σ_v' få en for høy beregningsmessig sikkerhetsfaktor.

Egentlig burde den midlere udrenerte skjærfasthetsverdi man benyttet ved stabilitetsberegningen ligge nær gjennomsnittet av målt skjærfasthet ved de tre typer laboratorieforsøk som er omtalt i denne rapport. For den aktuelle tomt skulle dette innebære (tegning 012) at man benyttet en gjennomsnittlig τ_f lik 0,17 ganger effektivt overlagingstrykk i kvikkleiren istedet for målt vingborfasthet som kun tilsvarende 0,05 σ_v' . I den fastere leiren øverst er midlere τ_f ca 0,25 $\cdot \sigma_v'$, mens τ_{VING}/σ_v' er avtagende med dybden fra ca 0,4 til ca 0,2.

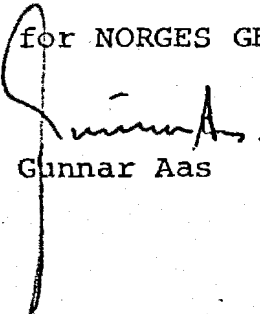
Arbeidskurvene for de aktive triaksialforsøk viser at det i kvikkleiren skjer en nedbryting av leirstrukturen og en reduksjon av skjærfastheten ved store deformasjoner. Ved en eventuell utgraving innenfor avstivede spuntvegger er det således meget viktig at man tilstreber en stivest mulig løsning (minst mulig vertikal avstand mellom stiverlag, oppspenning av stivere eller stag) for å redusere deformasjonen av de bakenforliggende leirmasser.

KONKLUSJON

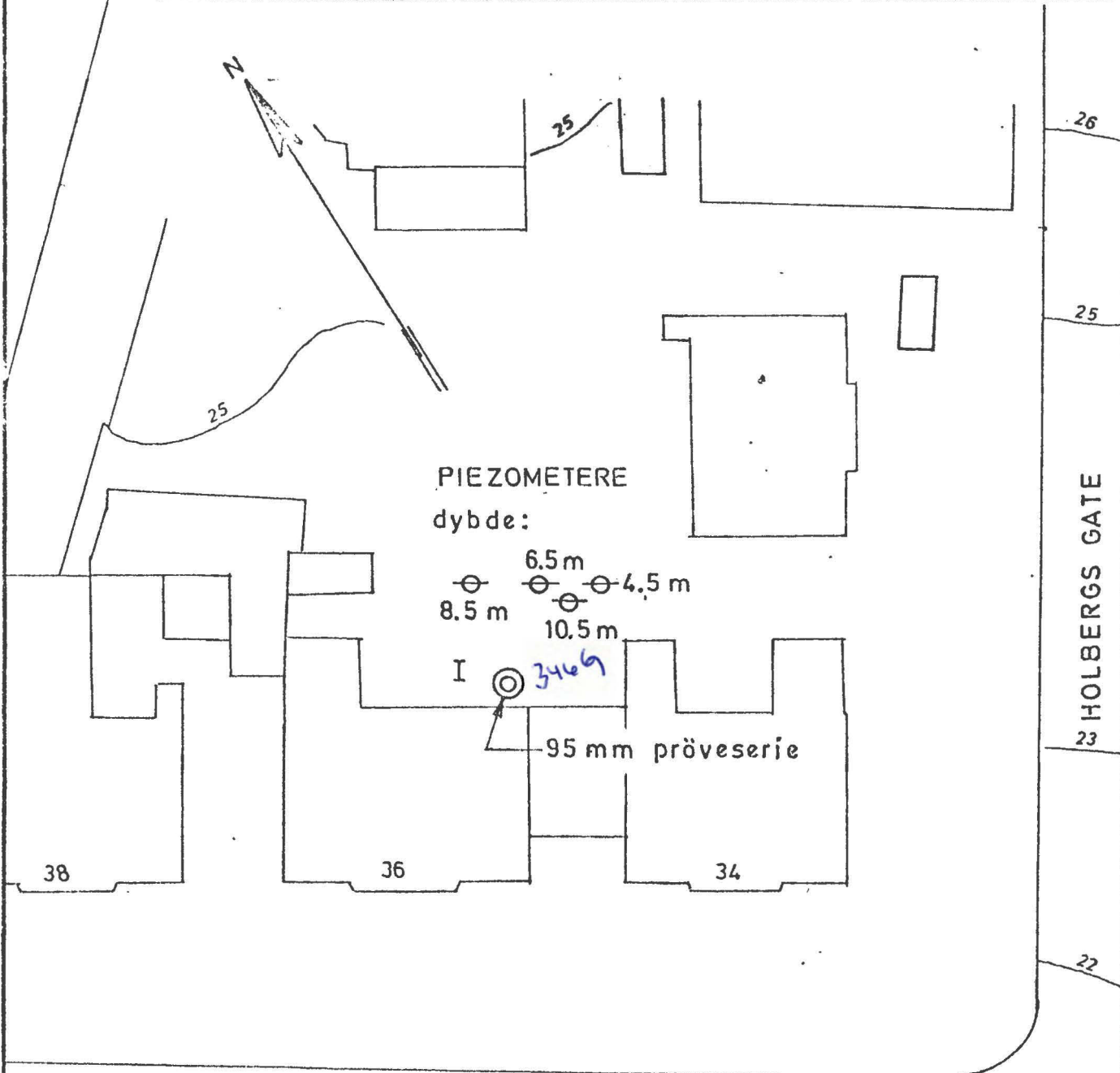
Under forutsetning av førsteklasses avstivning samt relativ hurtig seksjonsvis utgraving og utstøping av kjeller mener Instituttet at man bør kunne basere stabilitetsberegningene på de skjærfasthetsverdier som er målt ved triaksialforsøk og direkte skjærforsøk, kfr. tegning 012. Det bør anvendes en sikkerhetsfaktor på minst 1,5.

Instituttet står om ønskelig til tjeneste under en diskusjon av den endelige prosjektering av utgravningen.

for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



Gunnar Aas



PIEZOMETERE
dybde:

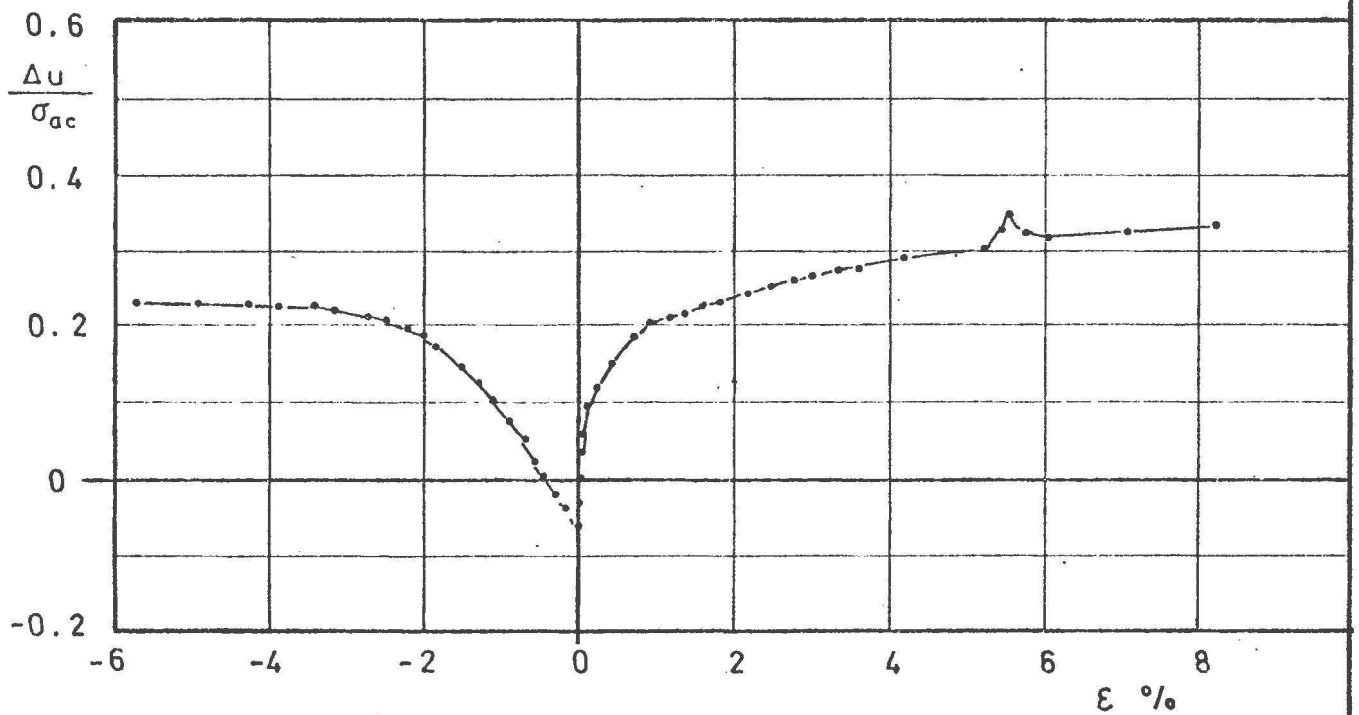
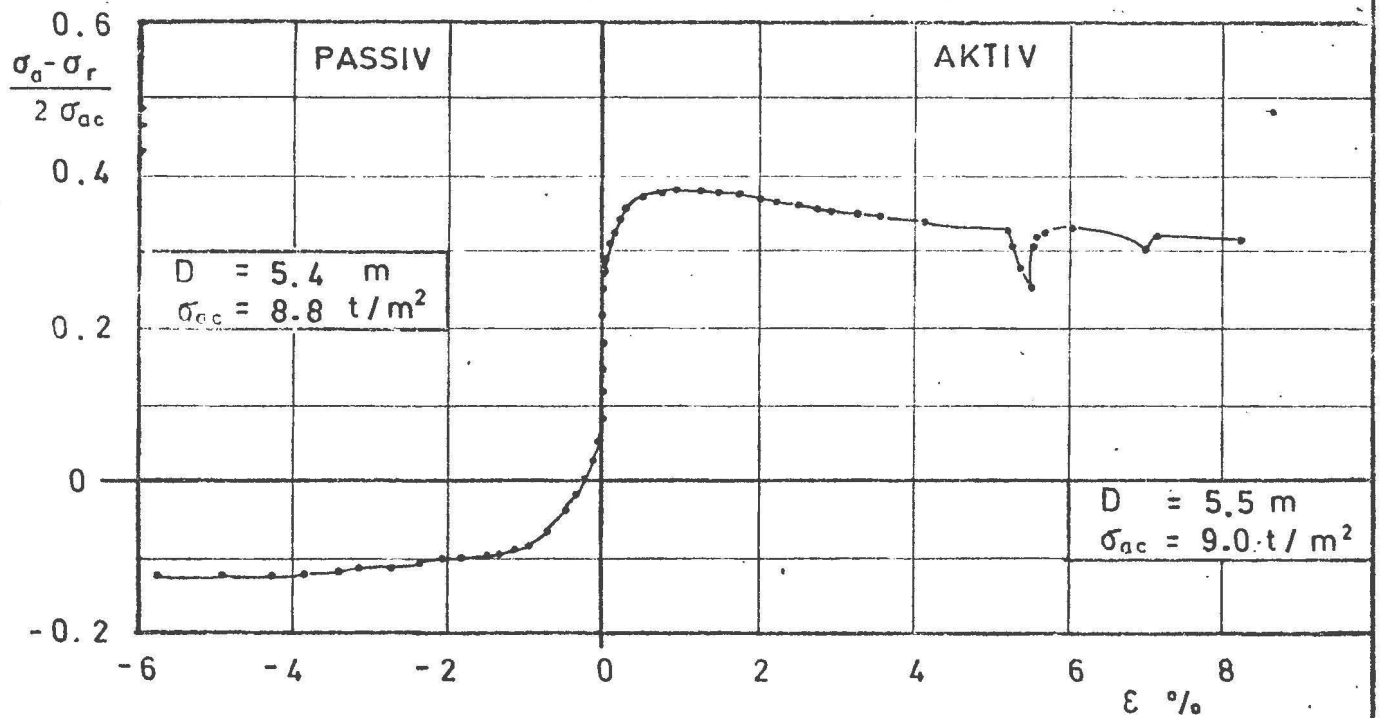
8.5 m 6.5 m 4.5 m
10.5 m

I 3469

95 mm prøveserie

PILESTREDET

UNDERSTASJON, PILESTREDET SITUASJONSPLAN M = 1:500	Dato 3.9.74	Tegner <i>RJ</i>
	Godkjent <i>GA</i>	Oppdr. nr. 74032
Norges geotekniske Institutt	Tegn. 001	

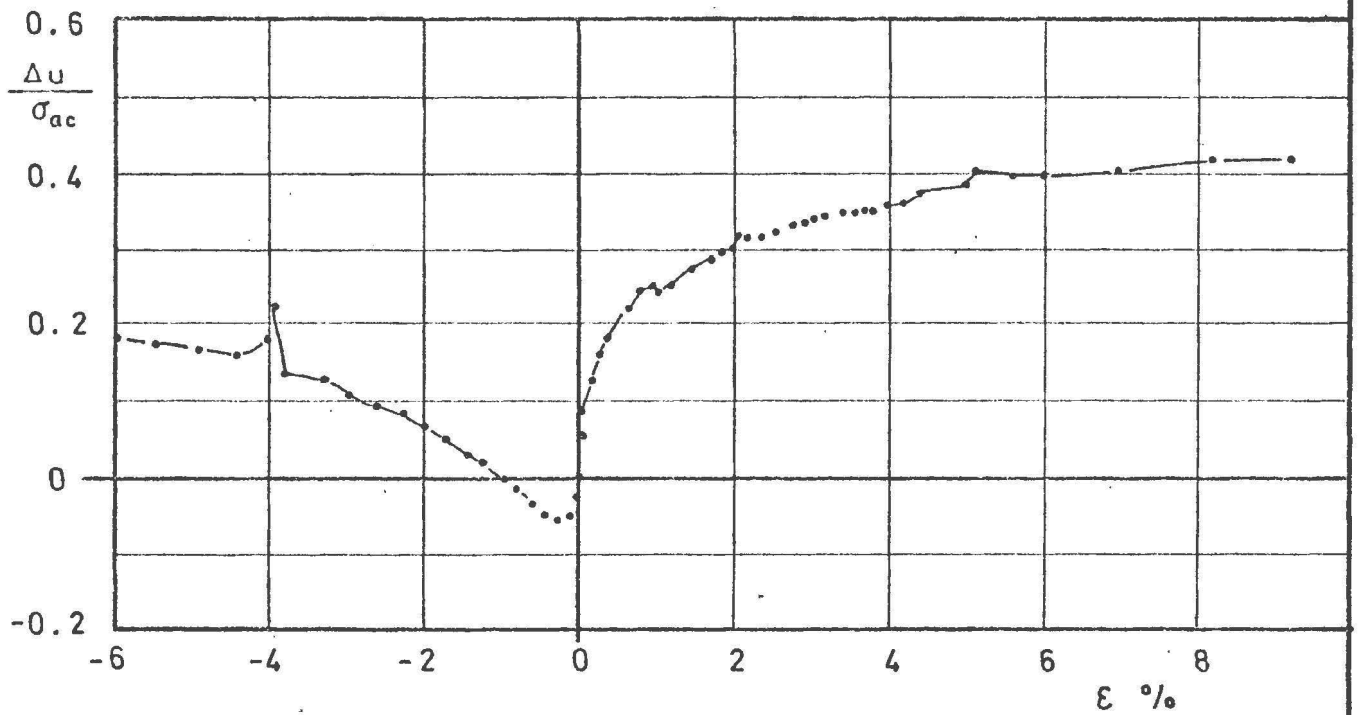
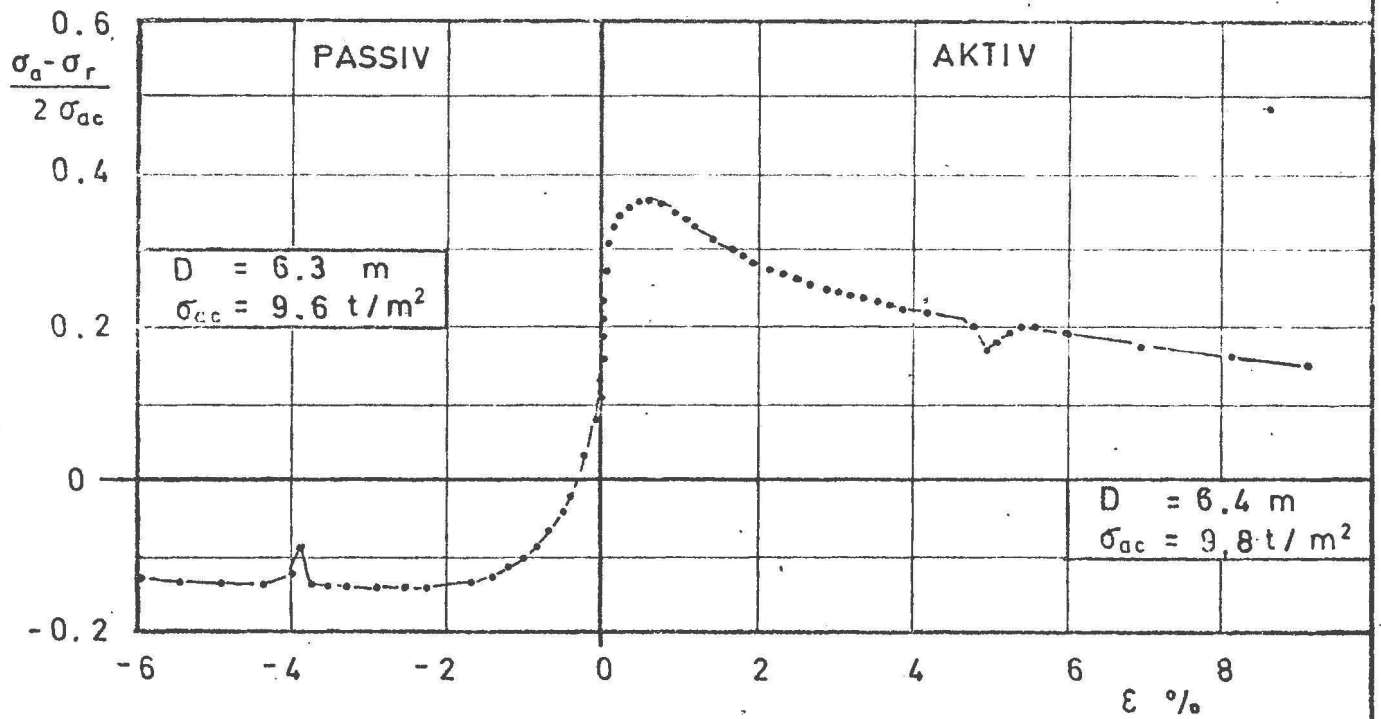


UNDERSTASJON, PILESTREDET

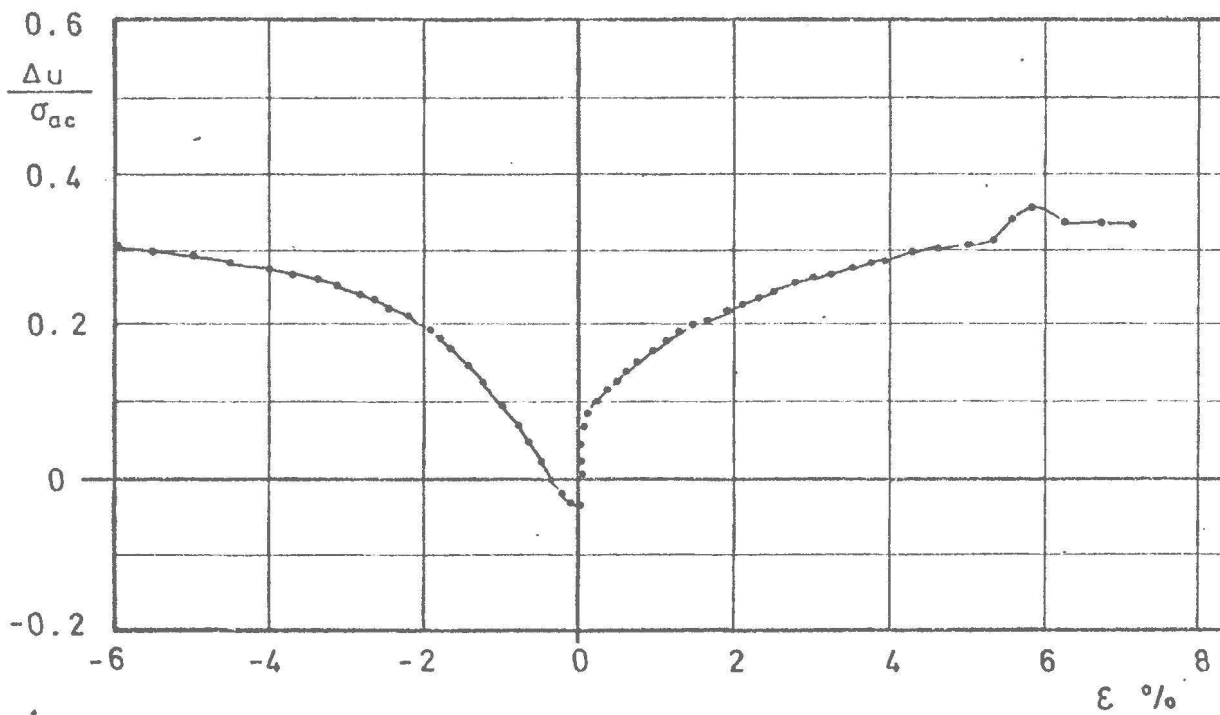
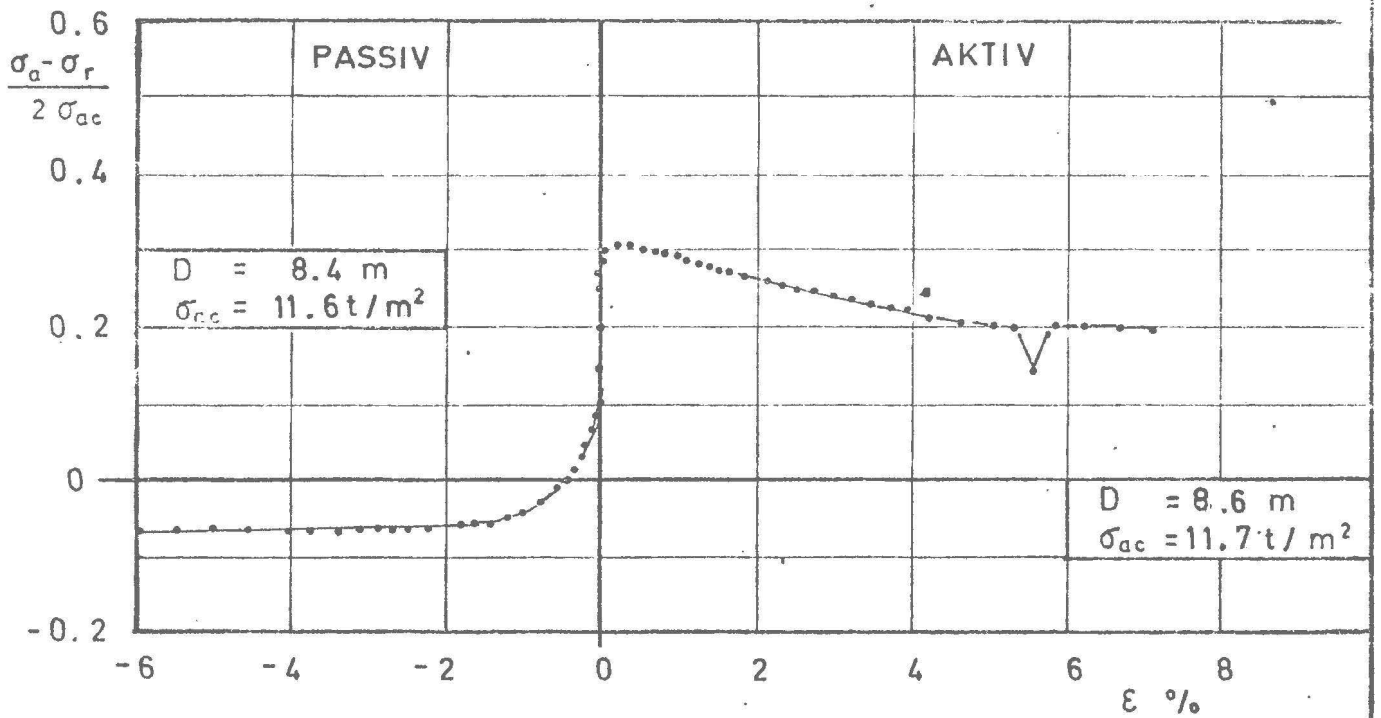
RESULTATER AV TRIAKSIALFORSÖK

Dybde = 5.4 - 5.5 m

Dato	3.9.74	Tegner	Bf
Godkjent			GA
Oppdr. nr.	74032		
Tegn.			001



UNDERSTASJON, PILESTREDET RESULTATER AV TRIAKSIALFORSÖK Dybde = 6.3 - 6.4 m	Dato	Tegner
	3.9.74	<i>BJ</i>
	Godkjent	<i>Öin</i>
	Oppdr. nr.	74032
Norges geotekniske institutt	Tegn.	005

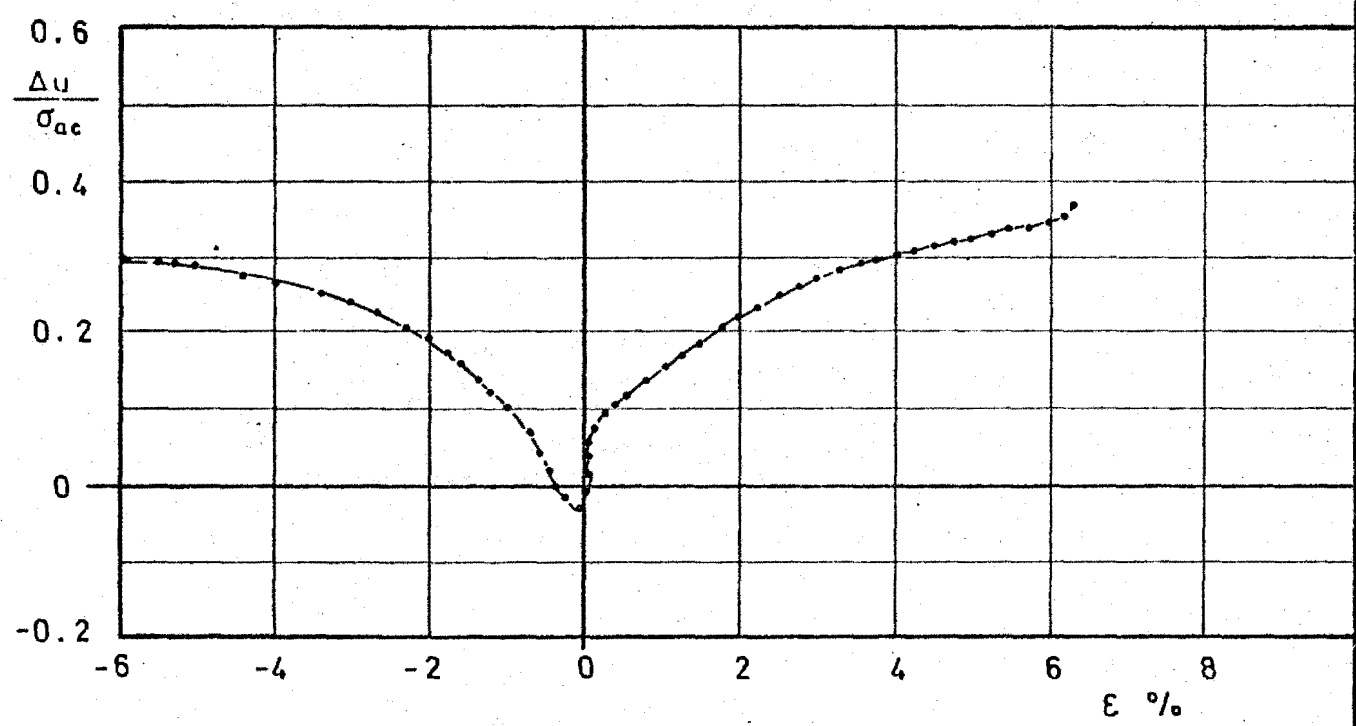
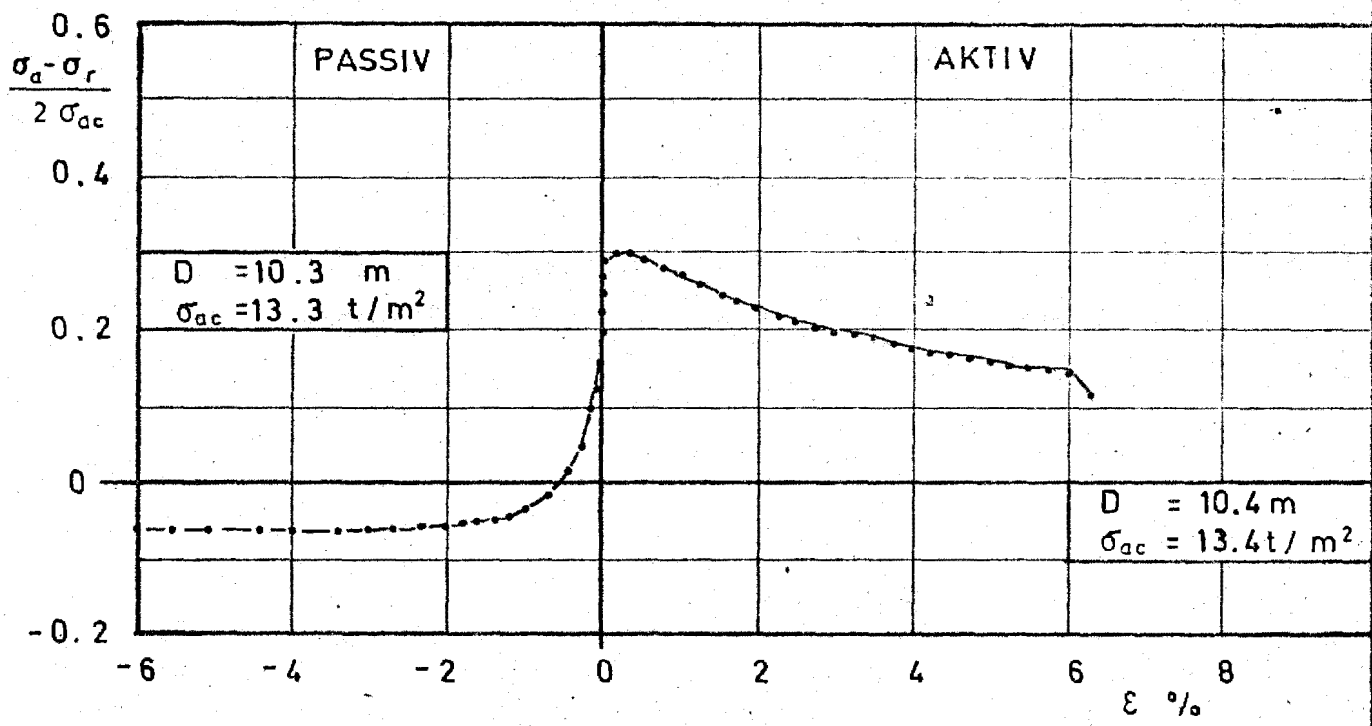


UNDERSTASJON, PILESTREDET

RESULTATER AV TRIAKSIALFORSÖK

Dybde = 8.4 - 8.6 m

Dato	Tegner
3.9.74	127
Godkjent	64
Oppdr. nr.	74032
Tegn.	000

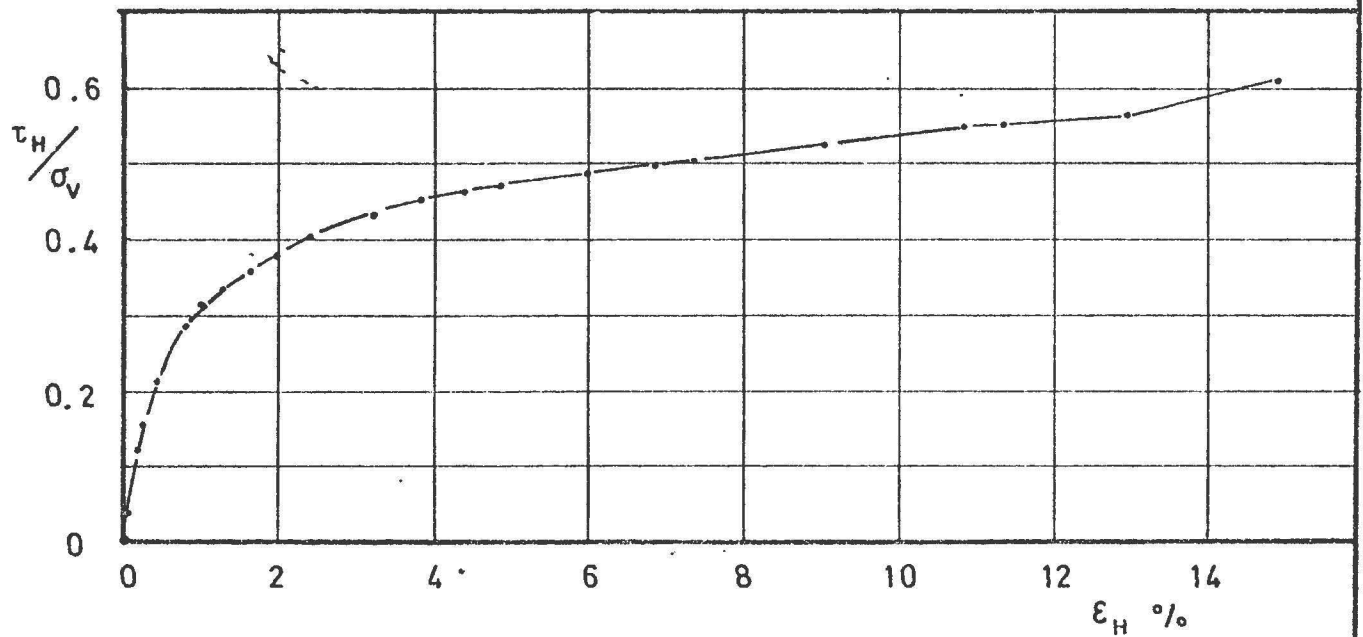
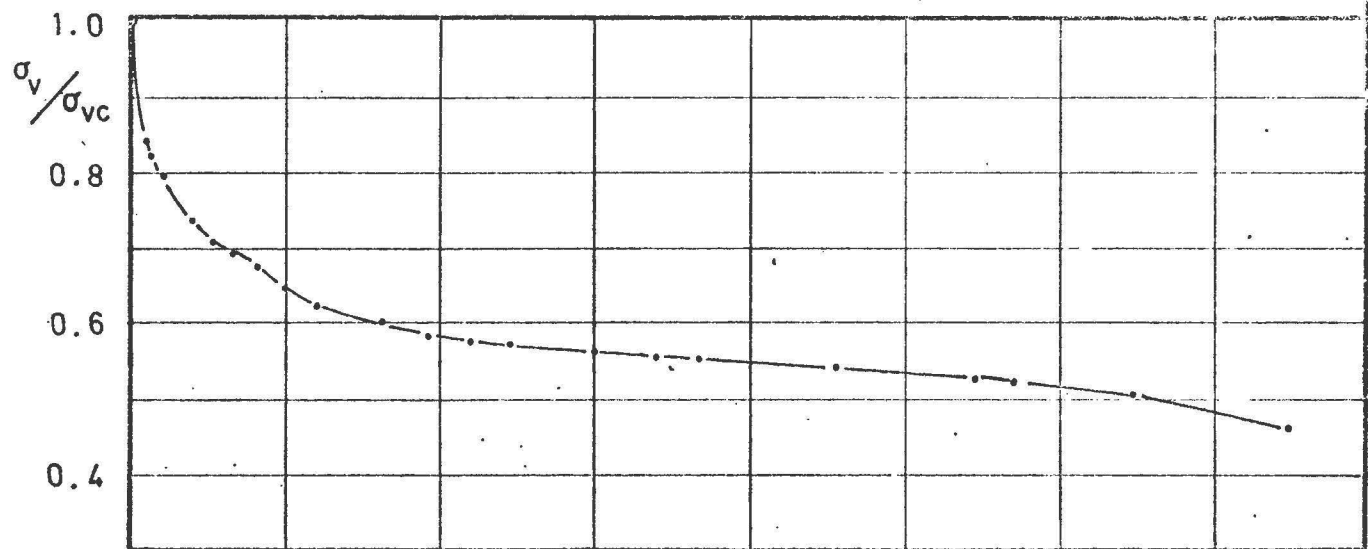
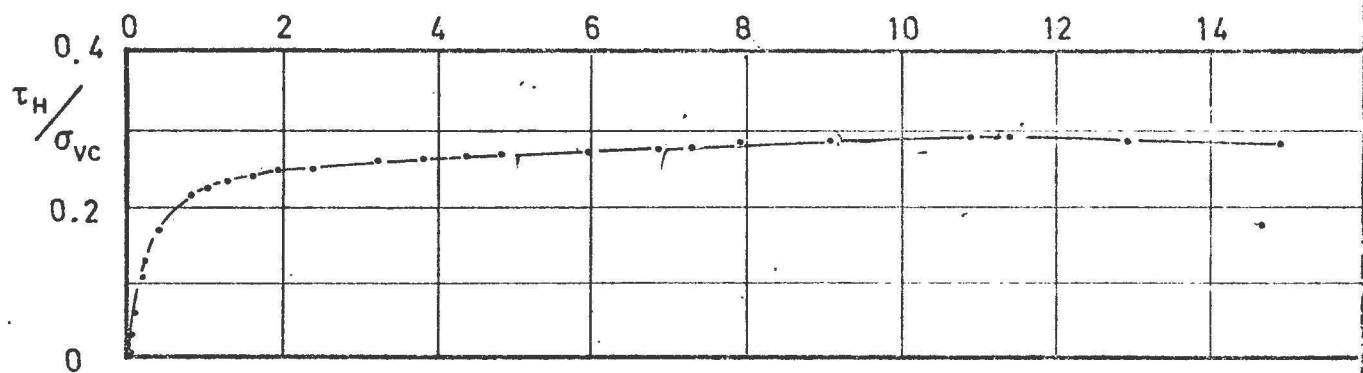


UNDERSTASJON, PILESTREDET

RESULTATER AV TRIAKSIALFORSÖK

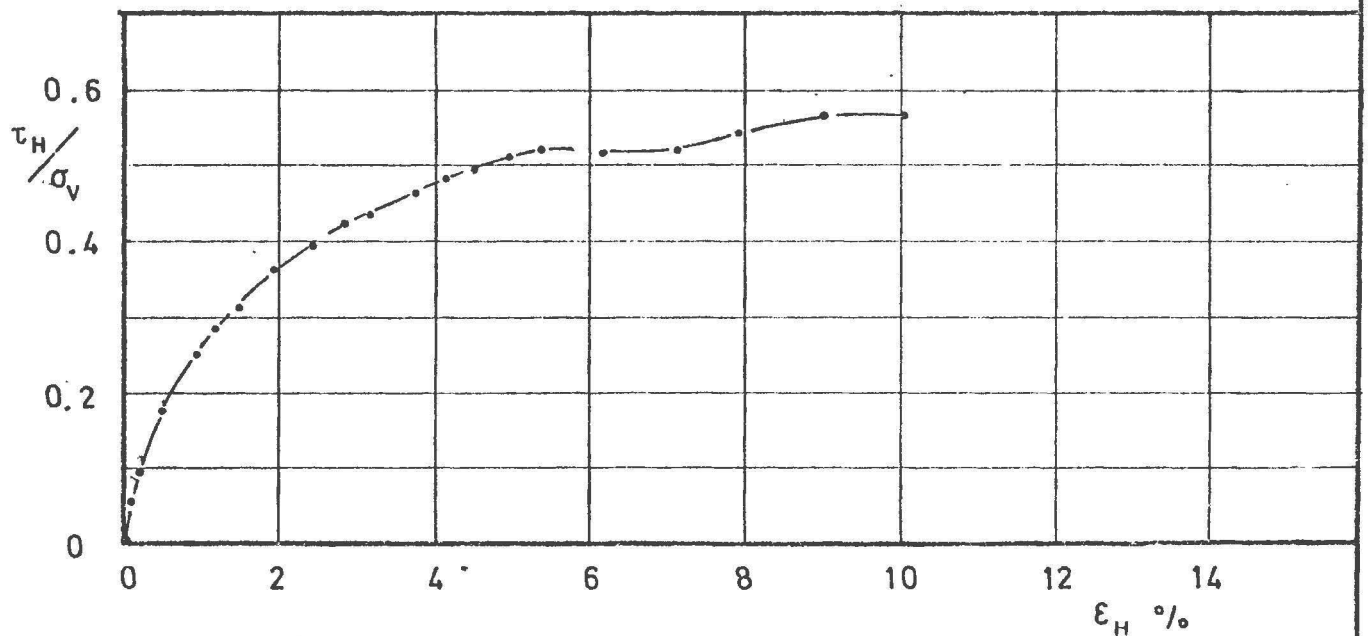
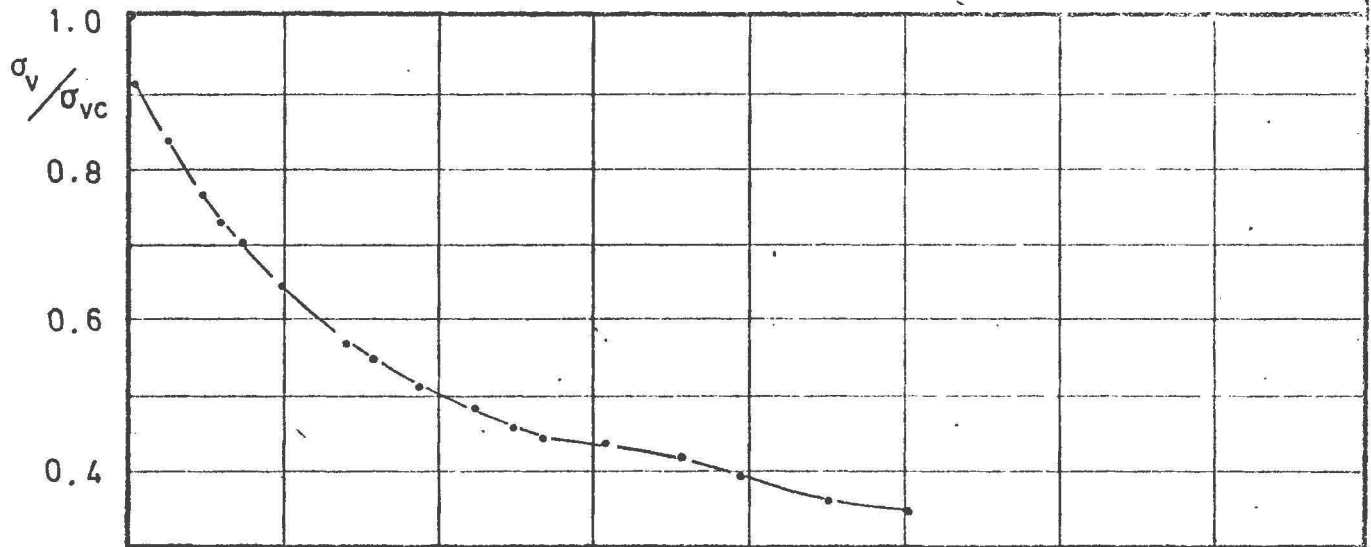
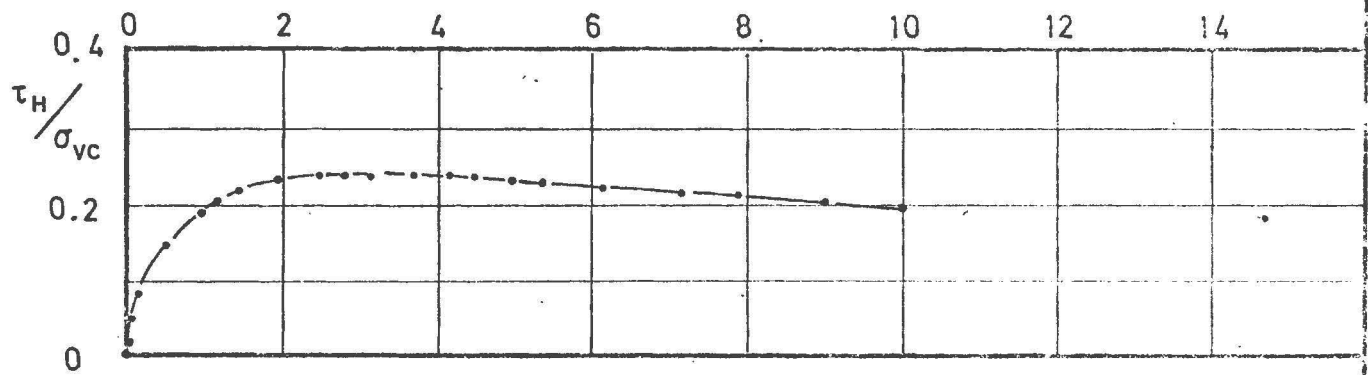
Dybde = 10.3 - 10.4 m

Dato	Tegner
3.9.74	127
Godkjent	CR
Oppdr. nr.	74032
Tegn.	007



MIDL. DEF. HASTIGHET : 2.5 %/time

UNDERSTASJON, PILESTREDET RESULTATER AV DIREKTE SKJÆRFORSØK (CCV) Dybde = 4.9 m , $\sigma_{VC} = 8.4 \text{ t/m}^2$	Dato	Tegner
	3.9.74	<i>[Signature]</i>
	Godkjent	<i>[Signature]</i>
	Oppdr. nr.	74032
Norges geotekniske institutt	Tegn.	000



MIDL. DEF. HASTIGHET : 2.6 % / time

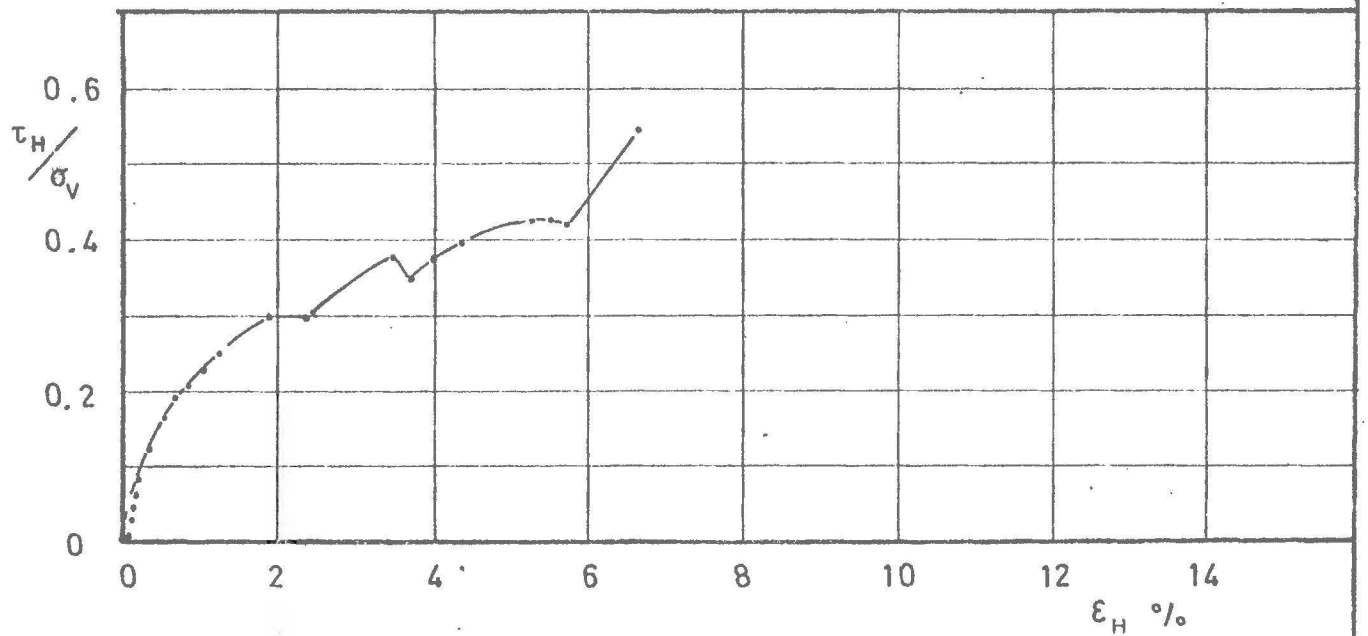
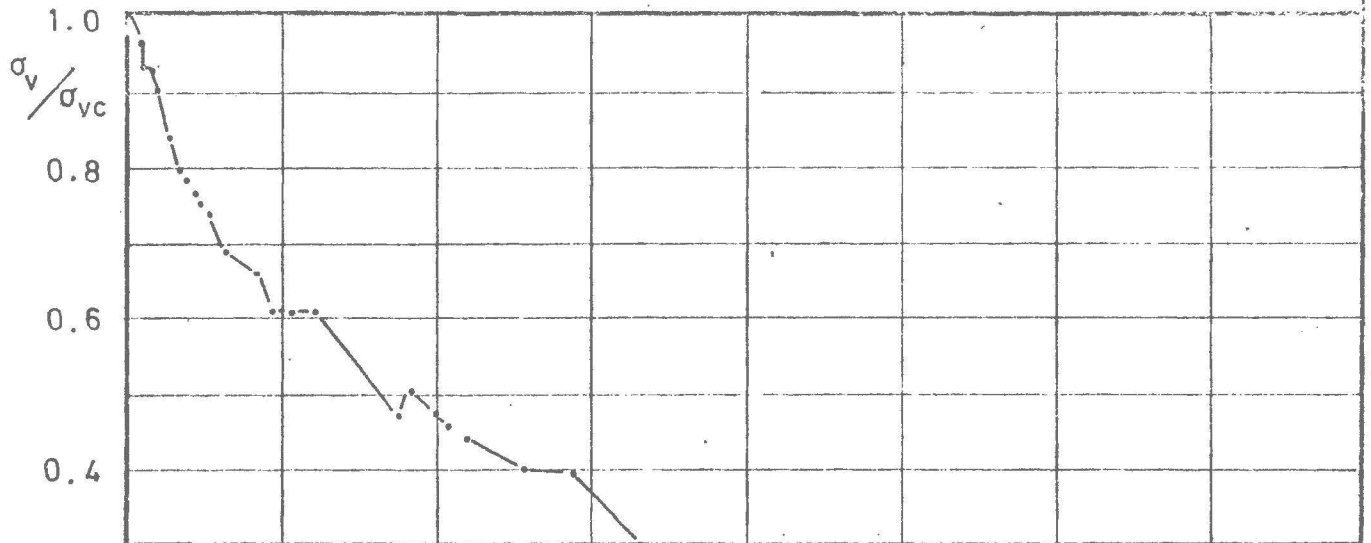
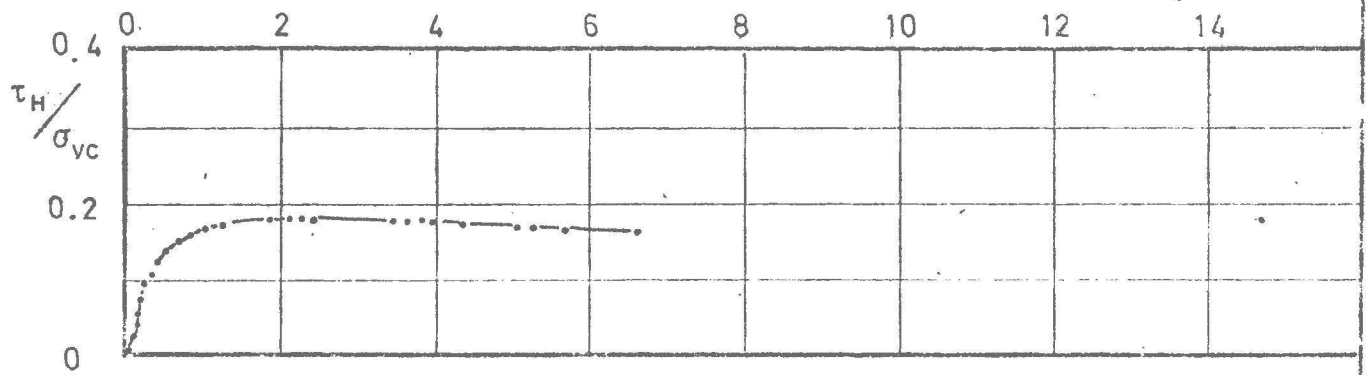
UNDERSTASJON, PILESTREDET

RESULTATER AV DIREKTE SKJÆRFORSØK (CCV)

Dybde = 6.5 m , $\sigma_{vc} = 9.9 \text{ t/m}^2$

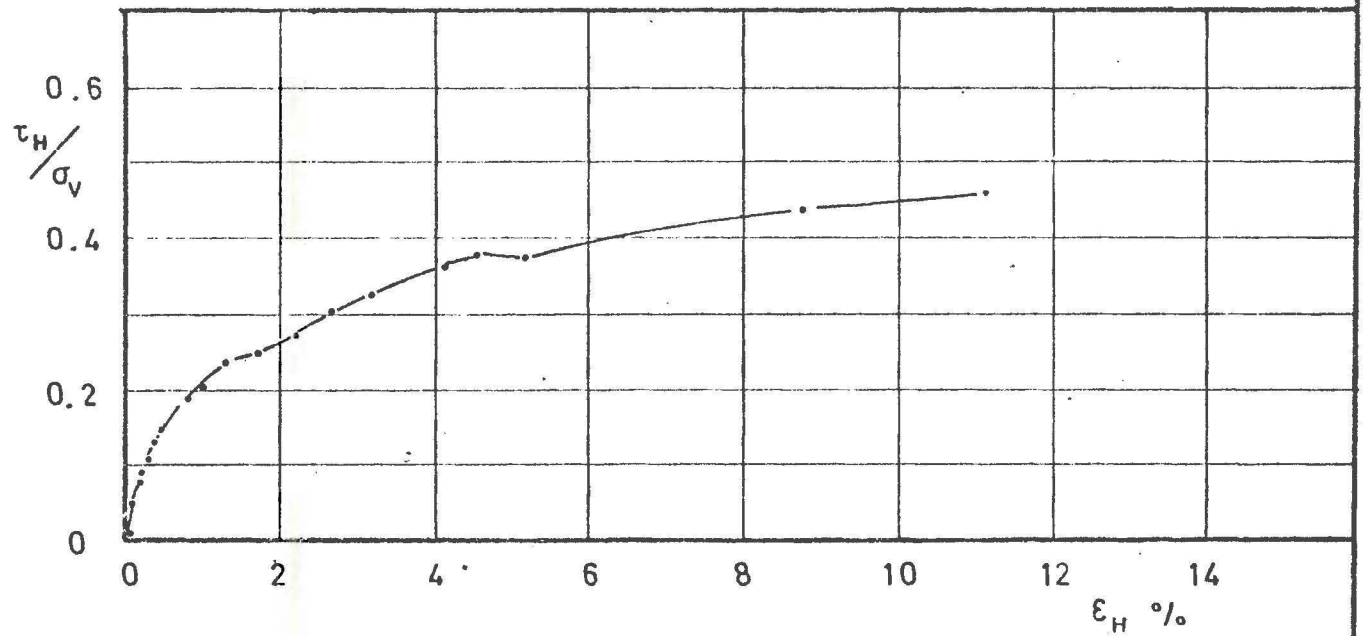
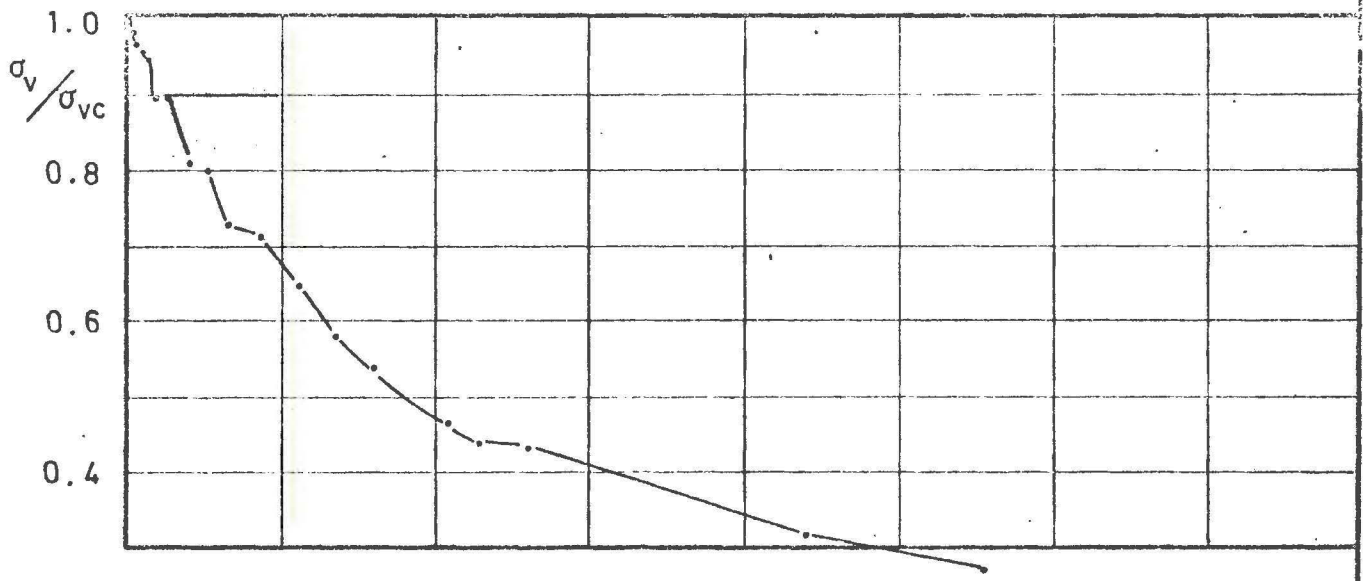
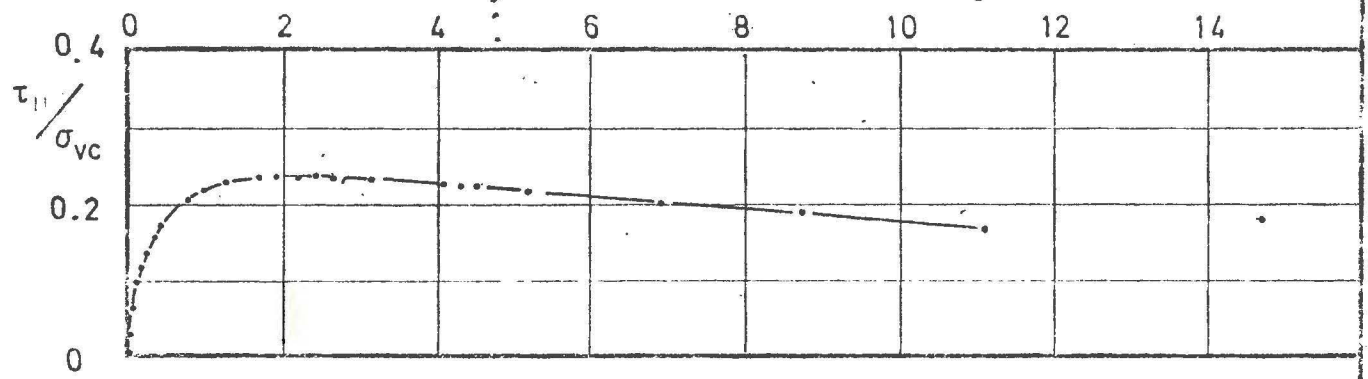
Norges geotekniske institutt

Dato	3.9.74	Tegner	23
Godkjent			SA-
Oppdr. nr.	74032		
Tegn.			



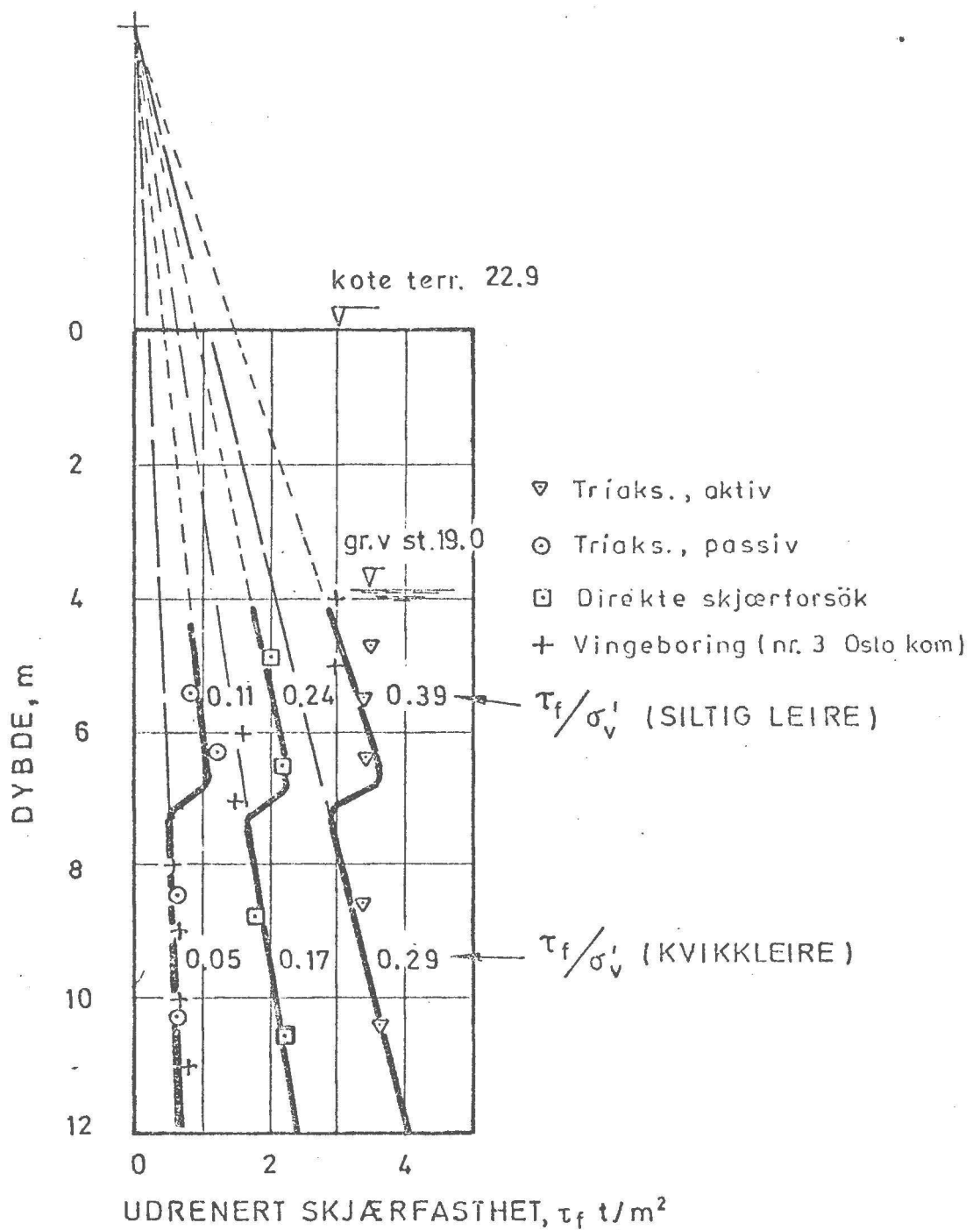
MIDL. DEF. HASTIGHET : 2.3% / time

UNDERSTASJON, PILESTREDET RESULTATER AV DIREKTE SKJÆRFORSØK (CCV) Dybde 8.7 m , $\sigma_{vc} = 11.9 \text{ t/m}^2$	Dato 3.9.74	Tegner <i>RF</i>
	Godkjent	<i>GA</i>
	Oppdr. nr. 74032	
Norges geotekniske institutt	Tegn. 010	



MIDL. DEF. HASTIGHET : 4.2 %/time

UNDERSTASJON, PILESTREDET RESULTATER AV DIREKTE SKJÆRFORSØK (CCV) Dybde 10.5 m , $\sigma_{vc} = 13.4 \text{ t/m}^2$		Dato	Tegner
		3.9.74	<i>RF</i>
		Godkjent	<i>SA</i>
		Oppdr. nr.	74032
Norges geotekniske institutt		Tegn.	011

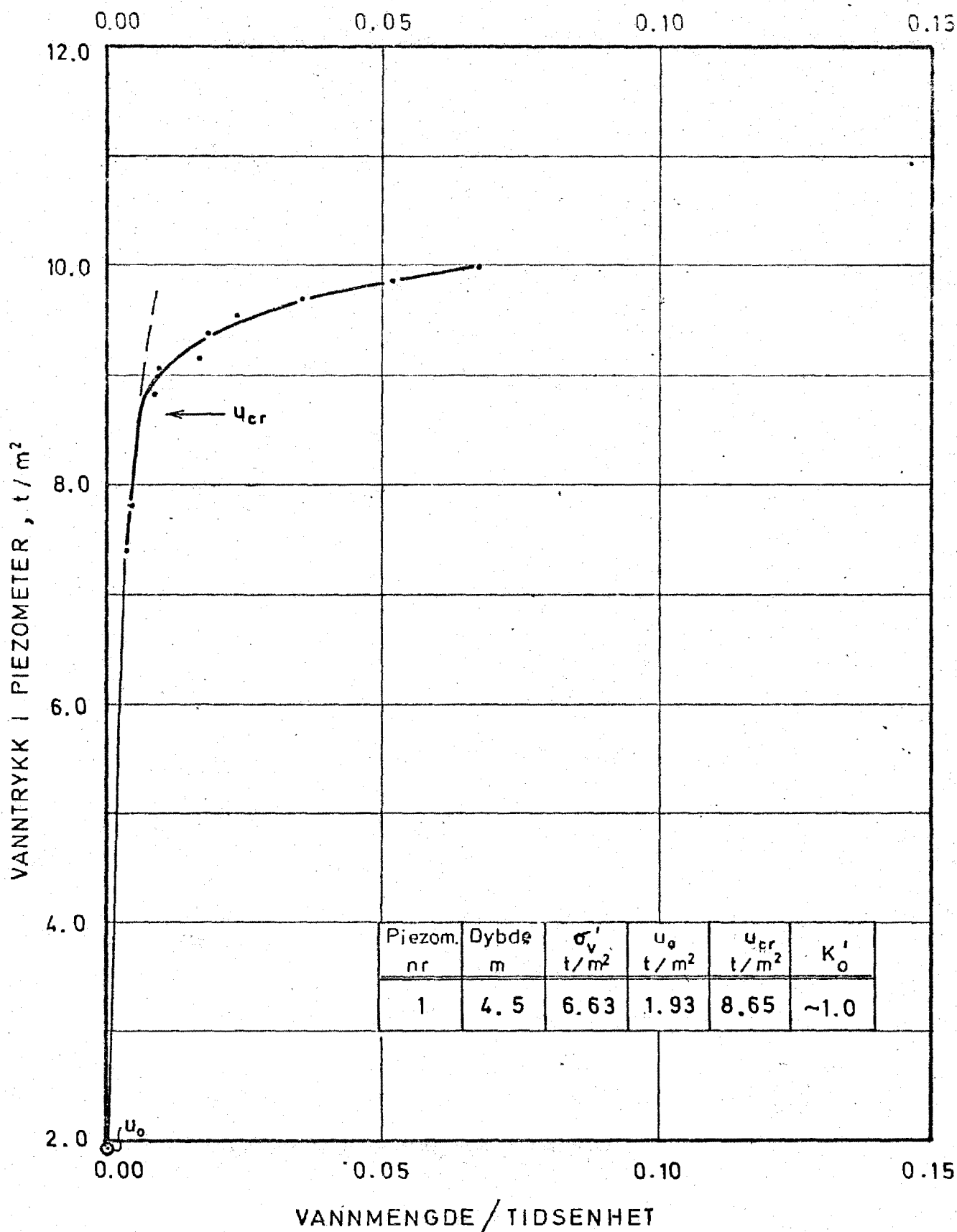


MERKNAD: Ved beregning av σ'_v er forutsatt hydrostatisk poretrykk ved gr. v. st på kote 19.0

UNDERSTASJON, PILESTREDET

SKJÆRFASHTHETSBESTEMMELSE,
SAMMENSTILLING

Dato	3.9.74	Tegner	RJ
Godkjent			SM
Oppdr. nr.	74032		
Teqn.	010		



UNDERSTASJON, PILESTREDET

INSITU - MÅLING AV HORIZONTALT JORDTRYKK

Dybde = 4,5 m

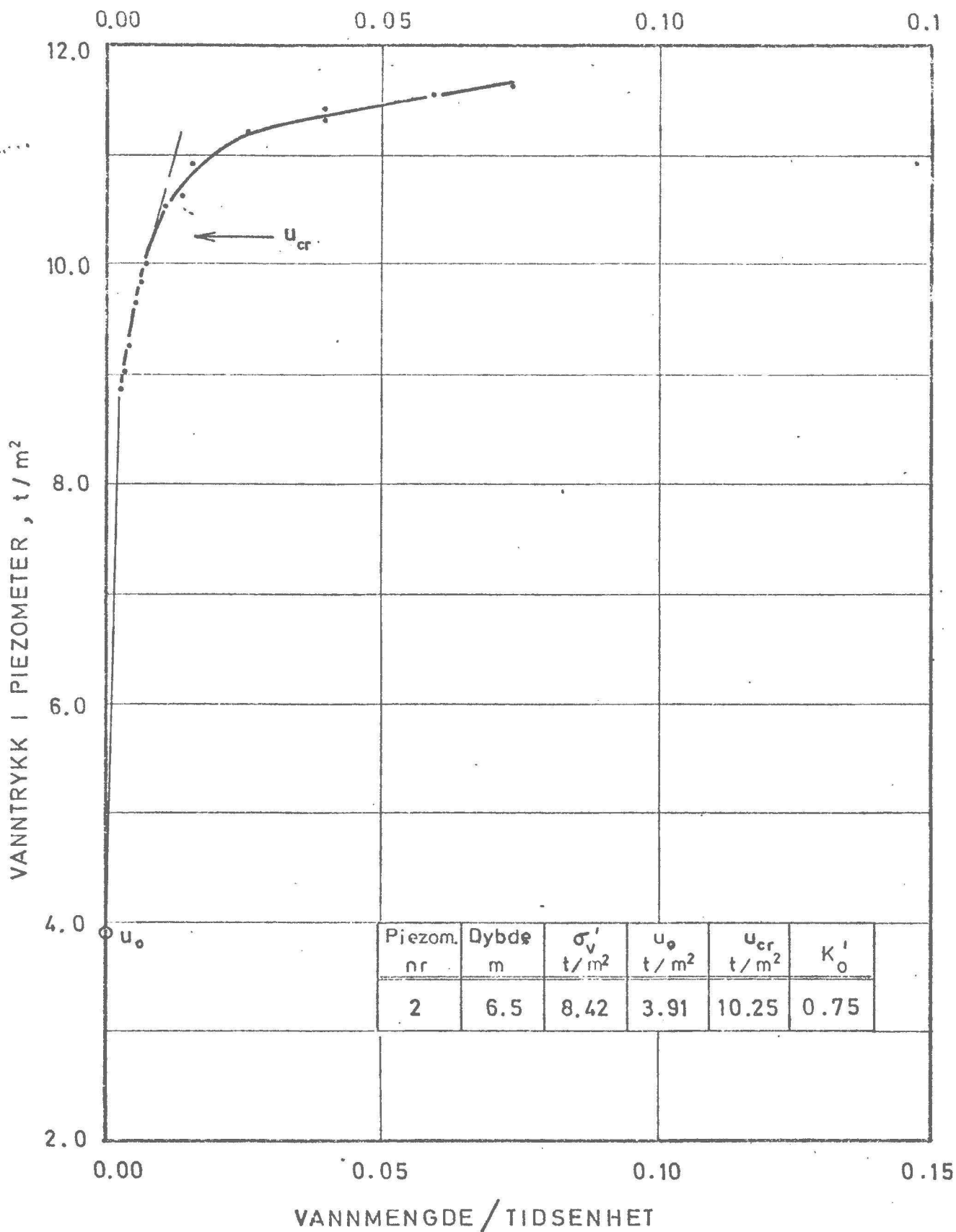
Dato
3.9.74

Tegner
RZ

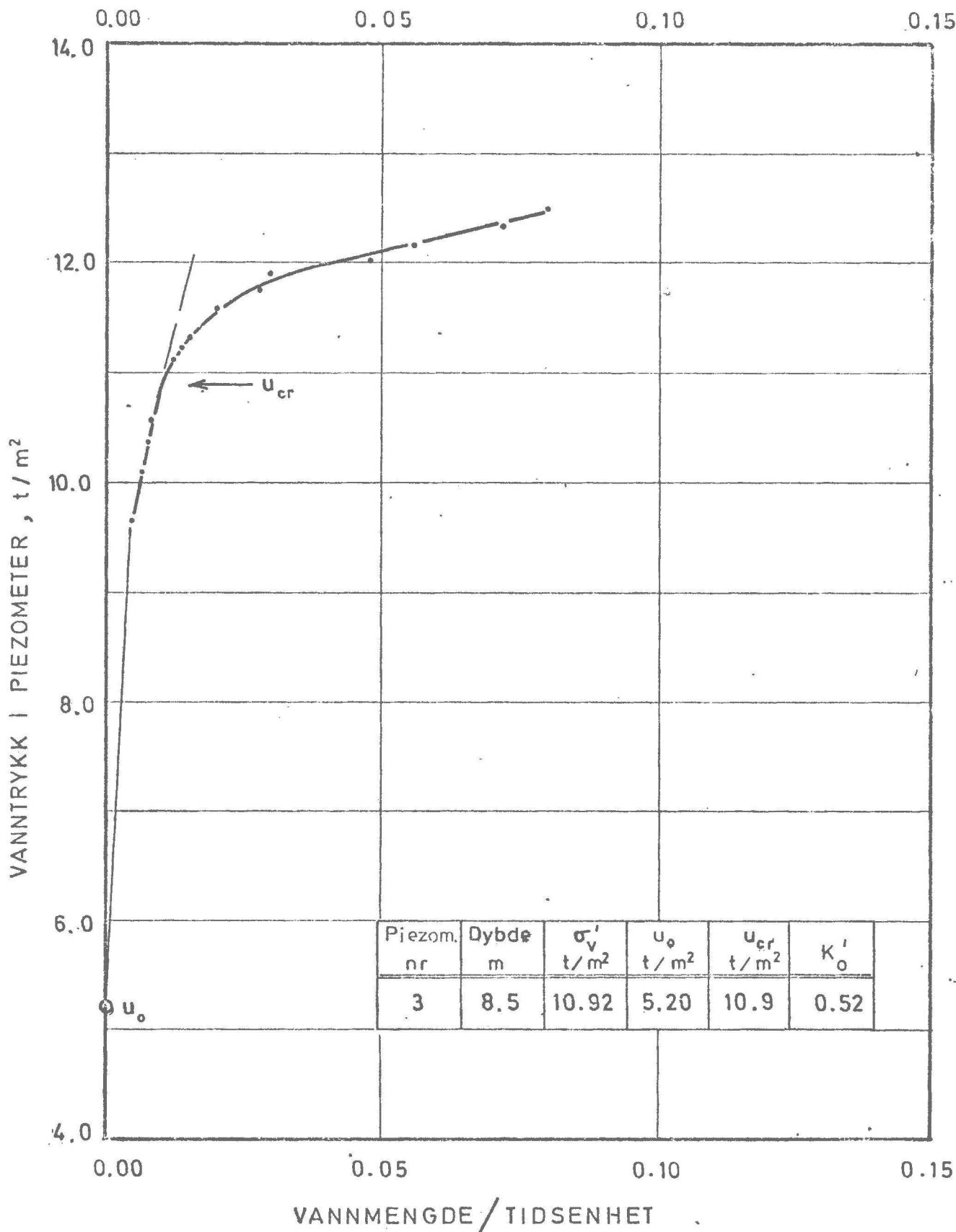
Godkjent
G.A.

Oppdr. nr. 73032

Tegn. 012



UNDERSTASJON, PILESTREDET	Dato	3.9.74	Tegner	<i>ZZ</i>
	Godkjent			
INSITU-MÅLING AV HORIZONTALT JORDTRYKK Dybde = 6.5 m	Oppdr. nr.	730 32		
	Tegn.	011		



UNDERSTASJON, PILESTREDET

INSITU - MÅLING AV HORIZONTALT JORDTRYKK
Dybde 8.5 m

Dato
3.9.74

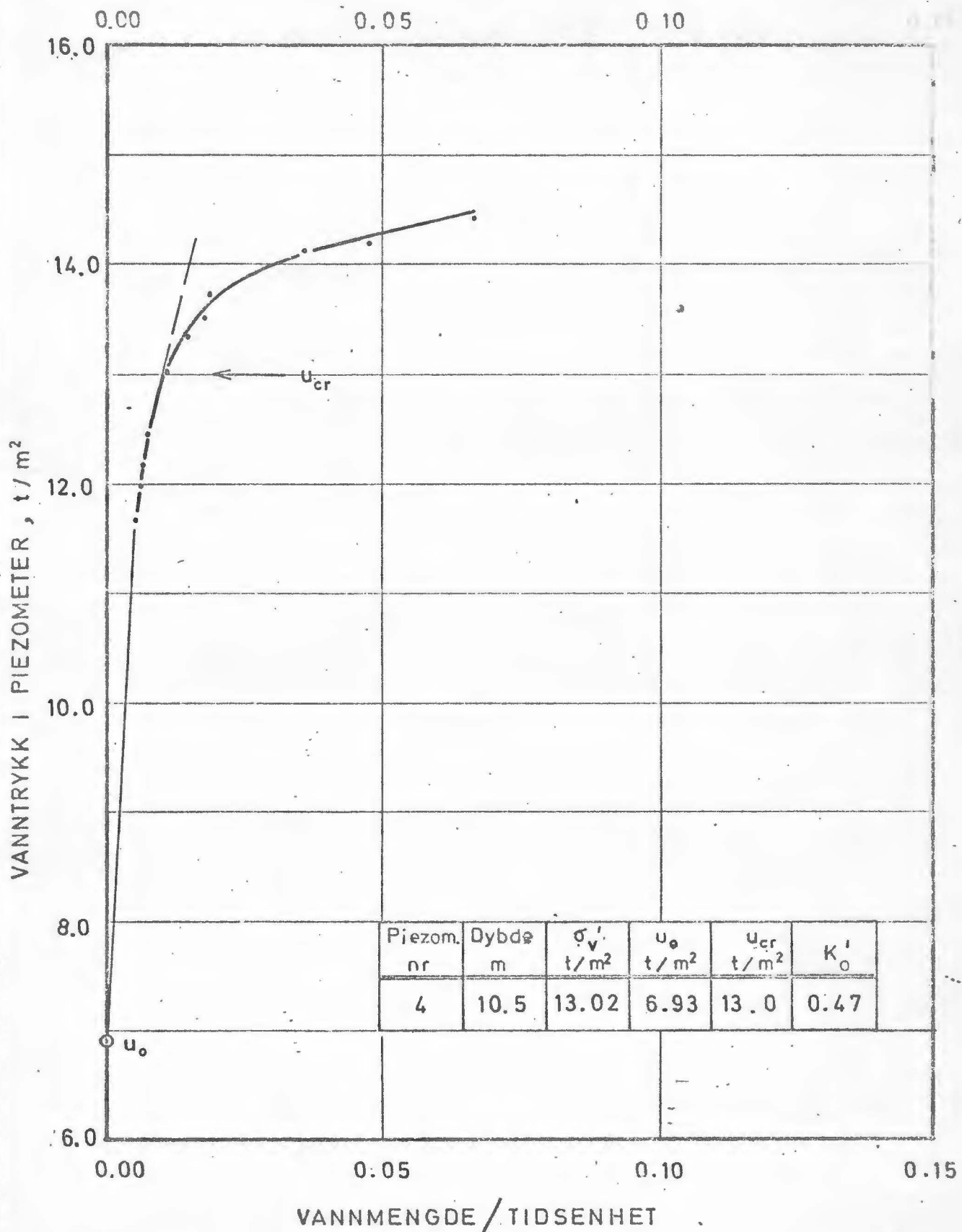
Tegner

Godkjent

Grip

Oppdr. nr. 73032

Tegn. 015



UNDERSTASJON, PILESTREDET

Dato 3.9.74 Tegner RZ

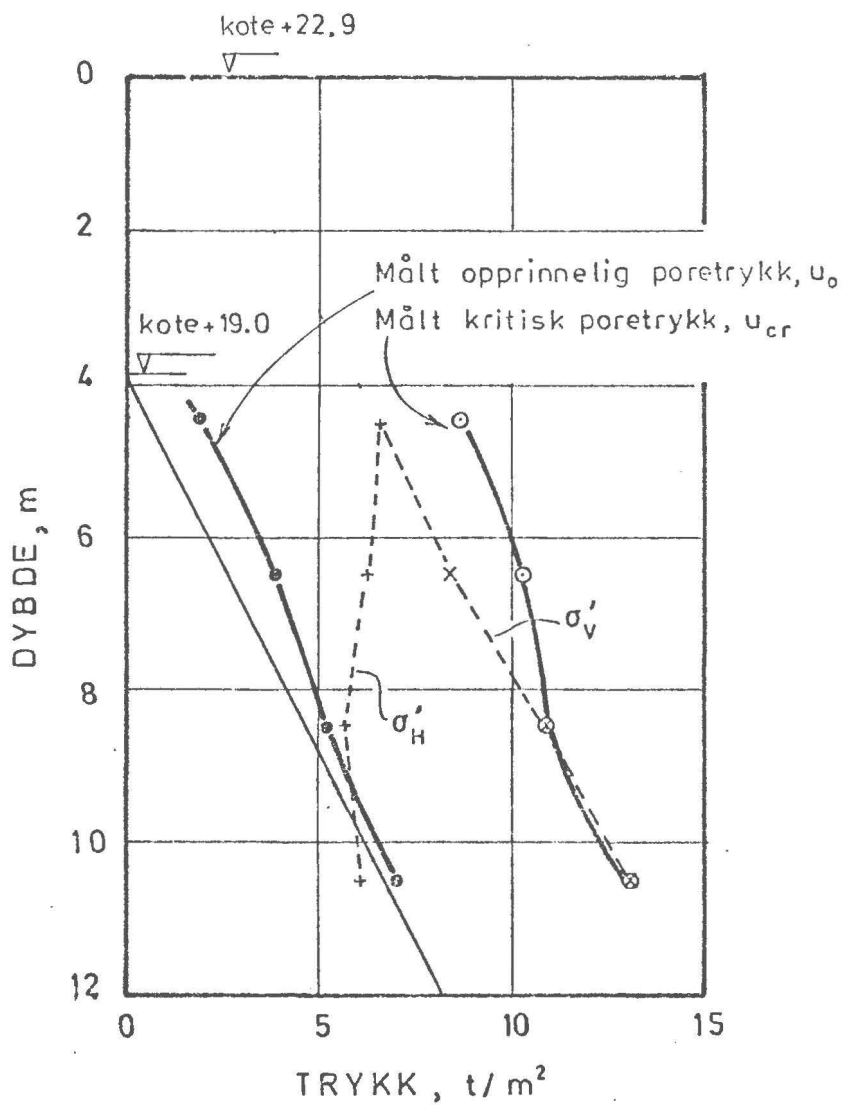
INSITU - MÅLING AV HORIZONTALT JORDTRYKK
Dybde 10.5 m

Godkjent. *GA*

Opp nr. 73032

Norges geotekniske institutt

Tegn. nr. 016



Piezom. dybde Z, m	$\sigma'_v = 1.9 \cdot Z$ t/m ²	u_o t/m ²	σ'_v $\sigma'_v - u_o$	u_{cr} t/m ²	$\sigma'_H = u_{cr} - u_o$	$K'_o = \sigma'_H / \sigma'_v$
4.5	8.56	1.93	6.63	8.65	6.72	≈ 1.0
6.5	12.33	3.91	8.42	10.25	6.34	0.75
8.5	16.12	5.20	10.92	10.90	5.70	0.52
10.5	19.95	6.93	13.02	13.00	6.07	0.47

UNDERSTASJON, PILESTREDET

Dato
3. 9. 74

Tegner
R.

HORISONTALTRYKK, SAMMENSTILLING

Gedkjent

G

Oppdr. nr.

74 036

Tegn.

017