

NO: D 1 E

5.10

OSLO KOMMUNE
GEOTEKNISK KONTOR



Saksbehandler: A. Robsrud
Vår ref.:Jnr.: 222/89

RAPPORT OVER

MUNCH MUSEET

R-2530-01 10. april 1989

BILAG- OG TEGNINGSOVERSIKT:

Bilag 0: Beskrivelse av bormetoder og laboratorieundersøkelser

Tegn.nr.2530-01: Borprofil

- " " " -02: Ødometerforsøk, hull 6, d=5,5m
- " " " -03: " , hull 6, d=5,5m
- " " " -04: " , hull 6, d=10,5m
- " " " -05 " , hull 6, d=10,5m
- " " " -06: Treaksialforsøk, hull 6, d=5,5m
- " " " -07: " hull 6, d=5,5m
- " " " -08: Spenningsprofil
- " " " -09: Profiler
- " " " -10: Situasjons- og borplan



INNLEDNING

I henhold til rekvisisjon nr. 17968 av 24. feb. 1989 fra byggeetaten har geoteknisk kontor utført grunnundersøkelser ved Munch-musèet.

Byggeetaten planlegger å utvide Munch-musèet og i den forbindelse har geoteknisk kontor utført en geoteknisk undersøkelse i det planlagte området. Byggeteknisk konsulent BORO-BYGG A/S har utarbeidet en borplan, men denne ble noe justert fordi det finnes resultater fra tidligere boringer som gjorde flere av de planlagte borpunktene unødvendige. Utvidelsen omfatter et tilbygg på ca. 1000 m² i 3 etasjer.

Hensikten med undersøkelsen er å finne fjellnivået og klarlegge løsmasse-sammensetningen for å vurdere fundamenteringsmetode samt eventuell avstiving av byggegruben i byggeperioden.

Det er tidligere utført grunnundersøkelser i området og resultatene fra disse er inntegnet på situasjonsplanen som fjellkoter.

MARKARBEID

Markarbeidet ble utført av mannskap fra vårt kontor i tiden 6.-7. mars d.å.. Arbeidet omfatter 8 dreietrykksonderinger, opptak av en uforstyrret prøveserie samt måling av grunnvannstanden i prøvehullet.

Borpunktene er satt ut i forhold til det eksisterende Munch-musèet og er nivellert med utgangspunkt i et fastmerke i Ringgata FM 403 som har utgangshøyde h=29.882.

Dreietrykksonderingene ble utført med vår borerigg AB2 og kan ikke trenge gjennom stein eller andre faste masser. Det kan derfor forekomme mindre feiltolkninger med hensyn til fjellnivået.

Beskrivelse av bormetodene finnes på bilag 0.

LABORATORIEUNDERSØKELSER

Den uforstyrrede prøveserien som ble tatt opp i boring nr. 6 ble åpnet og visuelt klassifisert i vårt laboratorium. Videre ble det utført rutinemessige undersøkelser på prøvene og resultatene fra disse er fremstilt på borprofilet tegn.nr.2530-01.

Foruten rutineundersøkelser ble det utført 2 ødometerforsøk og 2 treaksialforsøk på prøvene.



Tolkning av ødometerforsøk

Det er utført 2 ødometerforsøk på 2 forskjellige nivåer for bestemmelse av leirens kompressibilitet og forkonsolidering. Forsøkene er utført med kontinuerlig ødometer. Resultatene er vist på tegn.nr. 2530-2, -3, -4 og -5.

Ødometerforsøket fra 5,5 m dybde er et godt forsøk og kan tolkes entydig, men forsøket fra 10,4 m dybde er dårlig. Dette skyldes trolig at leiren er meget sensitiv og blir "skviset" ut av ødometeret.

Resultatene viser at leiren er ubetydelig overkonsolidert og kan betraktes som normalkonsolidert.

I leiren over kvikkleirelaget settes kompresjonsmodulen til $M=4,0 \text{ MN/m}^2$ og modultallet til $m=20$. Forsøksresultatene fra kvikkleirelaget er ikke helt entydige, tolkningen er derfor i tillegg basert på tidligere erfaring. Kompresjonsmodulen er satt til $M=2,0 \text{ MN/m}^2$ og modultallet til $m=10$.

Tolking av treaksialforsøk

Treaksialforsøkene er utført for å bestemme leiren attraksjon "a" og frisksjonsvinkel " φ ". De karakteristiske skjærstyrkeverdiene er tatt ut ved ca. 3% deformasjon, jfr. tegn.nr.2530-06 og -07.

Karakteristiske verdier på udrenert skjærstyrke " τ " er i den middels faste leiren tolket ut fra forsøksresultatene til $\tau=24 \text{ KN/m}^2$. Middelspenningen blir korrigert i forhold til overkonsolideringsgraden (OCR) og skjærstyrke tas ut fra forsøksresultatene. Karakteristisk udrenert skjærstyrke er plottet inn på borprofilene, disse verdiene ligger normalt noe høyere enn ifølge de andre forsøksmetodene.

Karakteristiske verdier på attraksjon og frisksjonsvinkel er ut fra forsøksresultatene satt til $a=10 \text{ kN/m}^2$ og $\varphi=0,45$.

Det er ikke utført treaksialforsøk i kvikkleiren, men erfaringsmessig ligger verdiene i disse massene noe lavere. Kvikkleire kan som kjent bli helt flytende når den blir omrørt og ramming av spunt vil omrøre leiren nærmest spunten. Skjærstyrkeverdiene bør derfor reduseres ganske betydelig.

TERRENG OG GRUNNFORHOLD

Terrenget på sydsiden av det eksisterende Munch-muséet er tildels flatt og skråner slakt mot vest. Området er ubenyttet og ligger "brakk" (ustelt).

Borresultatene viser at dybdene til fjell i det undersøkte området varierer mellom 4,7 m og 13,1 m med de største dybdene under vestre del av bygget. Dreietrykksonderingsresultatene viser at nedpressingskraften unntaksvis er mer enn 5 kN. Sonderingsprofilene viser videre at det trolig finnes et fast lag øverst, og stedvis sensitiv leire i dybden, jfr. tegn.nr. 2530-09.



Prøveserien fra hull 6 viser at løsmassene der består av 2-3 m tørrskorpeleire over en normalkonsildert middels fast leire med en sensitivitet som øker med dybden og i 6 m dybde klassifiseres leieren som kvikkleire og denne finnes helt til fjell. Udrenert skjærstyrke "Su" avtar gradvis med dybden og i 8 m dybde er $Su \approx 6 \text{ kN/m}^2$, videre ned mot fjell øker skjærstyrken noe igjen til ca. 15 kN/m^2 .

Dreietrykksonderingsprofilene viser at nødvendig nedpressingskraft varierer mellom 4 og 5 kN. Profilene indikerer også at massene er relativt homogene i det aktuelle området og at prøveserien er representativ for hele området.

Grunnvannstanden ble registrert ca. 2,2 m under terrengnivået i prøvehullet. En slik måling er noe usikker, men indikerer en normal vannstand.

FUNDAMENTERINGSFORHOLD

I henhold til byggeteknisk konsulent er det allerede bestemt at bygget skal fundamenteres på piler til fjell. Under de rådene forhold vil vi slutte oss til dette forslaget. På det aktuelle nivået (kote 25) anslås imidlertid løsmassenes dimensjonerende bæreevne til ca. 100 kN/m^2 for kvadratiske søylefundamenter og noe mindre (10%) for langstrakte ringmurfundamenter.

Fjellforløpet tilsier også at bygget bør fundamenteres til fjell over det hele fordi den østre delen av bygget vil ifølge foreliggende planer trolig komme i berøring med fjell.

Ifølge laboratoriearbeidene er leiren bløt og kompressibel og vil ved belastning "sette seg" en del. Detaljer i denne forbindelse er imidlertid ikke vurdert fordi eksisterende planer ikke medfører pålasting av grunnen.

På grunn av kabelkanaler etc. nord og øst for byggegruben er det nødvendig å avstive byggegruben. I følge konsulenten er den planlagte stagforankrede spuntten også dimensjonert. Vi vil i så fall vise til parametrene som er beskrevet under laboratorieundersøkelser for sammenligning med de som er benyttet i spuntdimensjoneringen. Videre er det ønskelig at vi på vegne av byggherren får spuntdimensjoneringen til gjennomsyn.

Med grunnforhold som beskrevet antas det at spuntten hele veien må slås til fjell og at det må benyttes fordyblingsbolter ved fjell. Videre er det ønskelig med meget små deformasjoner utenfor spuntten på grunn av kabelkanalen og dette tilsier at det bør benyttes stag på to nivåer og at disse må forspennes. Det bør benyttes spunt med stort treghetsmoment for å redusere setningene på utsiden av byggegruben. Videre bør det tas spesielt hensyn til kvikkleiren når jordtrykket på spuntten beregnes.



OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

Kingos gt. 22
Postboks 9884 ILA
0132 Oslo 1
Tlf.: (02) 35 59 60

5

Geoteknisk kontor står fortsatt til tjeneste og besvarer gjerne spørsmål i den videre planleggingen. Vi kan også foreta oppfølging i anleggsperioden.

Geoteknisk kontor

H. Sem
sjefingeniør

A. Robsrud
overingeniør

STANDARD BESKRIVELSER

BESKRIVELSE AV BORMETODER

- *Enkel sondering* betegner neddriving av stålstenger uten registrering av motstand, for eks. slagsondering med slegge eller slagbormaskin.
- *Dreisboring* utføres ved å måle synkninger under dreining når boret er lastet med 100 kg. Synker det for mindre last dreies ikke. Boret er forsynt med en pyramideformet spiss som er vridd en omdreining. Lengden av spissen er 20 cm og sidekanten er 3 cm. Under optegning av resultatene angis antall omdreininger pr. m synkning på høyre side av hullet, og lasten på boret på venstre side.
- ☆ *Fjellkontrollboringer* utføres med trykkluftdrevet bergbor. Både topphammer og senkborhammer kan brukes. Fjellkontrollen består i å registrere når man har fått en langsom og relativt jevn synkning av boret idet dette er en sterk indikasjon på at boret er i fjell. Det bores vanligvis 3 m for å konstatere at det ikke er en stor stein.
- + *Vingeboring* brukes til å måle jordartens udrenerte skjærfasthet direkte i grunnen. Skjærfastheten beregnes utfra målt torsjonsmoment på et vingekorset som presses ned i ønsket dybde og dreies rundt inntil brudd oppstår. Grunnens fasthet bestemmes først i uforstyrret, og etter brudd i omrørt tilstand. Resultatene kan i sterk grad påvirkes av sand, grus og stein ved vingekorset. Det skal også bemerkes at resultatene av andre grunner i mange tilfelle må korrigeres før fasthetsverdiene brukes i stabilitetsberegninger.
- ⊙ *Prøvetaking* kan utføres med forskjellig utstyr. Ønskes "uforstyrrede" prøver brukes en ϕ 54 mm sylindrerprøvetaker som er forsynt med et tettsluttende stempel. Prøven skjæres ved at sylinderen skyves nedover i grunnen mens stemplet holdes tilbake. Sylinderen med prøve blir trukket opp igjen, forseglet i begge ender, og bragt til laboratoriet. Ønskes bare såkalte "representative" prøver, brukes enklere utstyr som skovelbor og kannebor. Felles for disse er at massen skaves inn i en beholder som deretter tas opp. Tilsvarende prøver kan også tas ved å skru en stålskrue ned i grunnen og trekke den opp igjen.
- ⊖ *Poretrykksmåling* går ut på å måle trykket i de vannfylte porene i jordarten. Dette gjøres ved å føre ned til ønsket dybde et såkalt piezometer som består av et stålrør med et porøst filt i enden. Vann fra jordarten vil kunne trenge inn gjennom filteret mens jordpartiklene blir holdt tilbake. På innsiden av filteret kan man så enten ha en elektrisk trykkmåler som registrerer det vanntrykket som bygges opp og som balanserer med poretrykket utenfor, eller filteret er forbundet med en tynn slange inne i stålrøret. Stigehøyden av vannet i slangen er da porevannstrykket i filterets nivå. Ved fremstilling av resultatene angis som regel det nivå (m.o.h. som vannet stiger til (poretrykksnivået).

BESKRIVELSE AV LABORATORIEUNDERSØKELSER

I laboratoriet blir prøvene først beskrevet på grunnlag av besiktigelse. Dernest blir følgende undersøkelser rutinemessig utført, (undersøkelser merket ^x) kan bare utføres på uforstyrrede prøver):

Romvekt ^x γ (t/m³) av naturlig fuktig prøve.

Vanninnhold w (%) angir vekt av vann i prosent av vekt av fast stoff. Det blir utført flere bestemmelser av vanninnhold fordelt over prøvens lengde.

Flytegrensen w_L (%) og utrullingsgrensen w_p (%) angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale. Plastisitetsindeksen I_p er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen. Disse konsistensgrensene er viktige ved bedømmelse av jordartens egenskaper. Konsistensgrensene blir vanligvis bestemt på annenhver prøve.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter plastisitet:

Lite plastisk leire	I_p	< 10
Middels plastisk leire	I_D	$= 10-20$
Meget plastisk leire	I_p	> 20

STANDARD BESKRIVELSER

BESKRIVELSE AV BORMETODER

- *Enkel sondering* betegner neddriving av stålstenger uten registrering av motstand, for eks. slagsondering med slegge eller slagbormaskin.
- *Dreieboring* utføres ved å måle synkninger under dreining når boret er lastet med 100 kg. Synker det for mindre last dreies ikke. Boret er forsynt med en pyramideformet spiss som er vridd en omdreining. Lengden av spissen er 20 cm og sidekanten er 3 cm. Under opptegning av resultatene angis antall omdreining pr. m synkning på høyre side av hullet, og lasten på boret på venstre side.
- ☆ *Fjellkontrollboringer* utføres med trykkluftdrevet bergbor. Både topphammer og senkborhammer kan brukes. Fjellkontrollen består i å registrere når man har fått en langsom og relativt jevn synkning av boret idet dette er en sterk indikasjon på at boret er i fjell. Det bores vanligvis 3 m for å konstatere at det ikke er en stor stein.
- + *Vingeboring* brukes til å måle jordartens udrenerte skjærfasthet direkte i grunnen. Skjærfastheten beregnes utfra målt torsjonsmoment på et vingekor som presses ned i ønsket dybde og dreies rundt inntil brudd oppstår. Grunnens fasthet bestemmes først i uforstyrret, og etter brudd i omrørt tilstand. Resultatene kan i sterk grad påvirkes av sand, grus og stein ved vingekorset. Det skal også bemerkes at resultatene av andre grunner i mange tilfelle må korrigeres før fasthetsverdiene brukes i stabilitetsberegninger.
- ◎ *Prøvetaking* kan utføres med forskjellig utstyr. Ønskes "uforstyrrede" prøver brukes en ϕ 54 mm sylinderprøvetaker som er forsynt med et tettsluttende stempel. Prøven skjæres ved at sylindere skyves nedover i grunnen mens stemplet holdes tilbake. Sylindere med prøve blir trukket opp igjen, forseglede i begge ender, og bragt til laboratoriet. Ønskes bare såkalte "representative" prøver, brukes enklere utstyr som skovelbor og kannebor. Felles for disse er at massen skaves inn i en beholder som deretter tas opp. Tilsvarende prøver kan også tas ved å skru en stålskrue ned i grunnen og trekke den opp igjen.
- ⊖ *Poretrykkmåling* går ut på å måle trykket i de vannfylte porene i jordarten. Dette gjøres ved å føre ned til ønsket dybde et såkalt piezometer som består av et stålrør med et porøst filt i enden. Vann fra jordarten vil kunne trenge inn gjennom filteret mens jordpartiklene blir holdt tilbake. På innsiden av filteret kan man så enten ha en elektrisk trykkmåler som registrerer det vanntrykket som bygges opp og som balanserer med poretrykket utenfor, eller filteret er forbundet med en tynn slange inne i stålrøret. Stigehøyden av vannet i slangen er da porevannstrykket i filterets nivå. Ved fremstilling av resultatene angis som regel det nivå (m.o.h. som vannet stiger til (poretrykksnivået).

BESKRIVELSE AV LABORATORIEUNDERSØKELSER

I laboratoriet blir prøvene først beskrevet på grunnlag av besiktigelse. Deretter blir følgende undersøkelser rutinemessig utført, (undersøkelser merket ^x) kan bare utføres på uforstyrrede prøver):

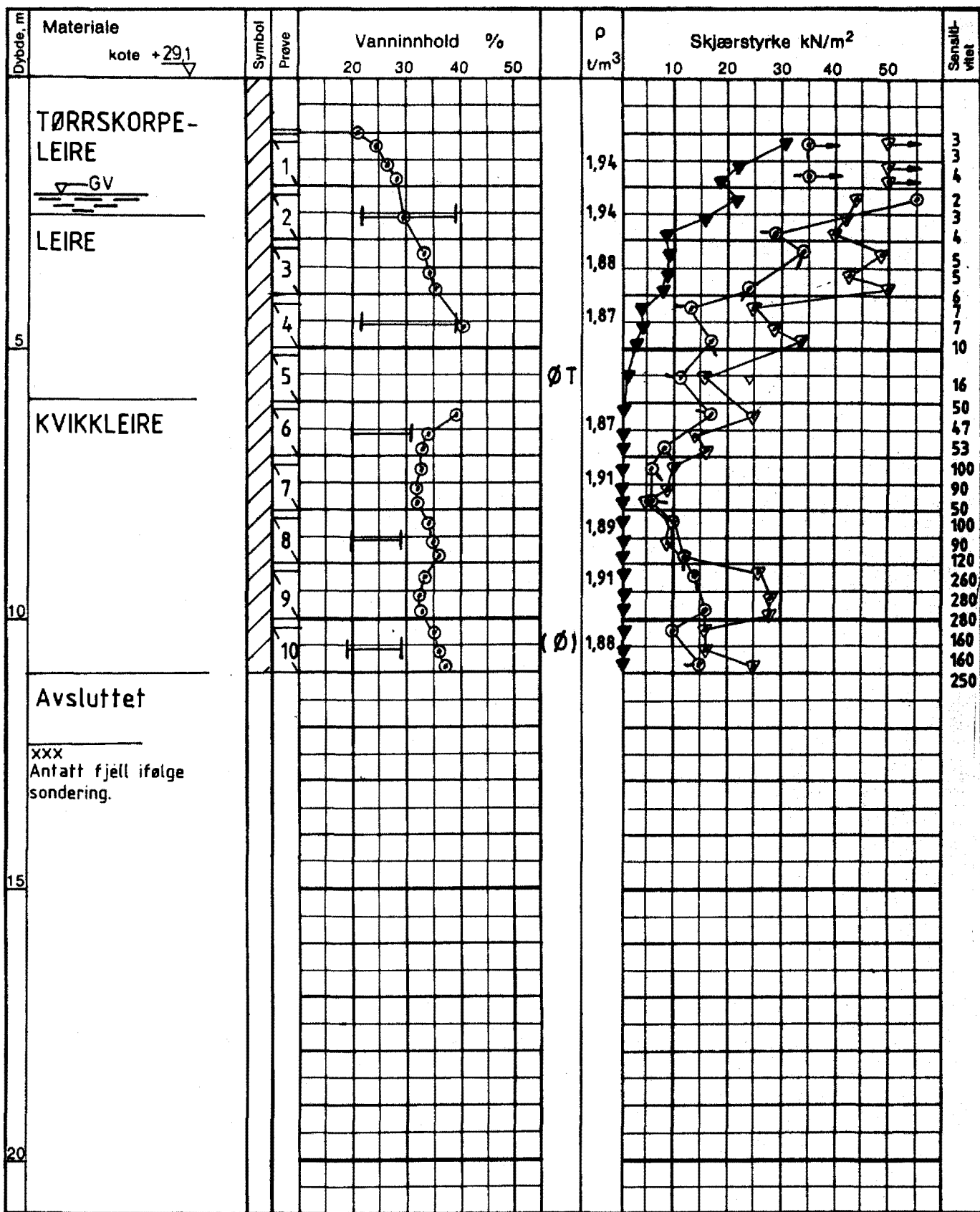
Romvekt ^x γ (t/m³) av naturlig fuktig prøve.

Vanninnhold w (%) angir vekt av vann i prosent av vekt av fast stoff. Det blir utført flere bestemmelser av vanninnhold fordelt over prøvens lengde.

Flytegrensen w_L (%) og utrullingsgrensen w_p (%) angir henholdsvis høyeste og laveste vanninnhold for plastisk område av omrørt materiale. Plastisitetsindeksen I_p er differansen mellom flyte- og utrullingsgrensen. Disse konsistensgrensene er viktige ved bedømmelse av jordartens egenskaper. Konsistensgrensene blir vanligvis bestemt på annenhver prøve.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter plastisitet:


Lite plastisk leire	$I_p < 10$
Middels plastisk leire	$I_p = 10-20$
Meget plastisk leire	$I_p > 20$

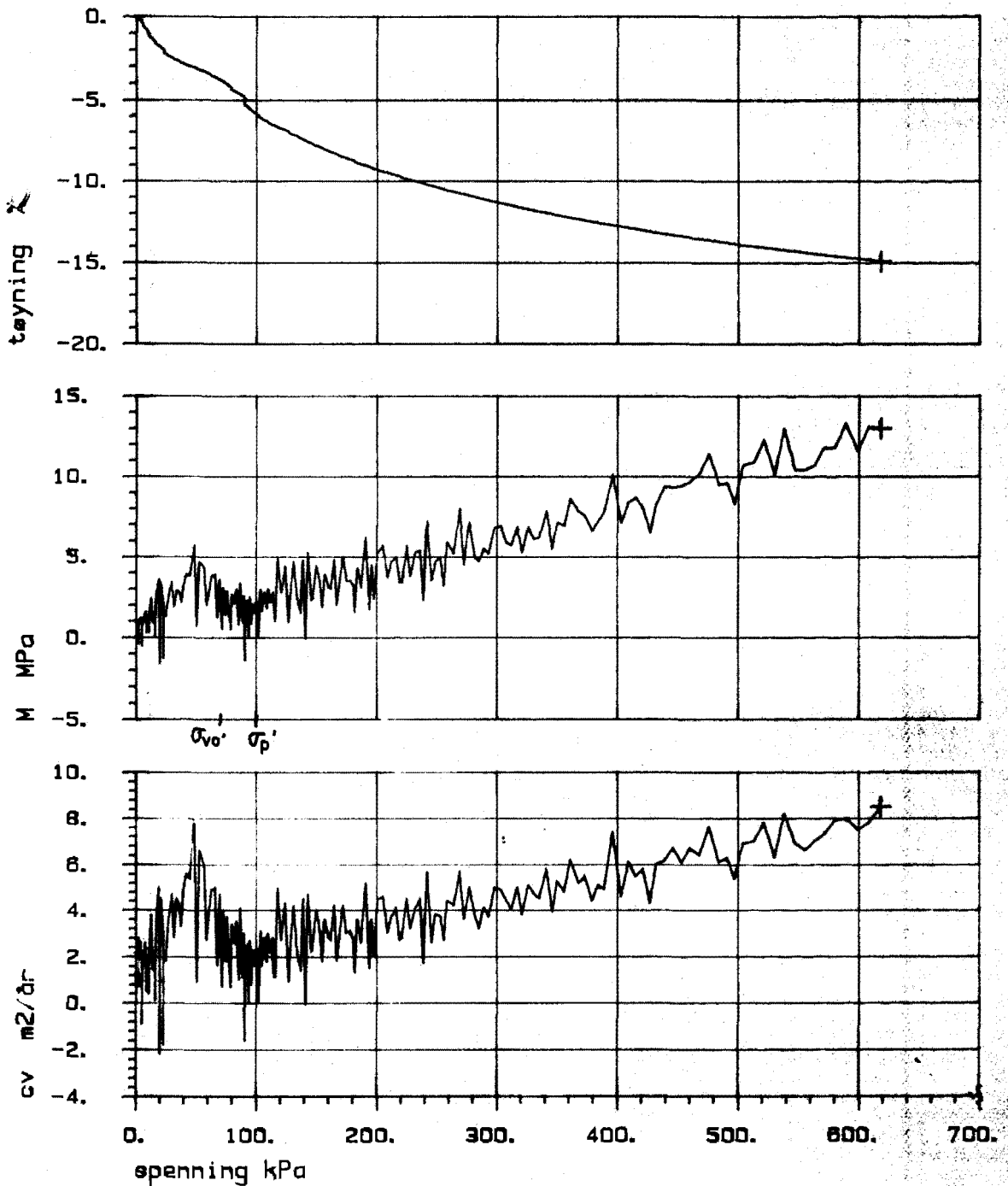


GV : grunnvannstand
 Ø : ødometer
 T : treaksialforsøk
 K : kornfordeling


o naturlig vanninnhold
 — (W_p) plastisitetsgrense
 — (W_L) flytegrense
 ρ densitet

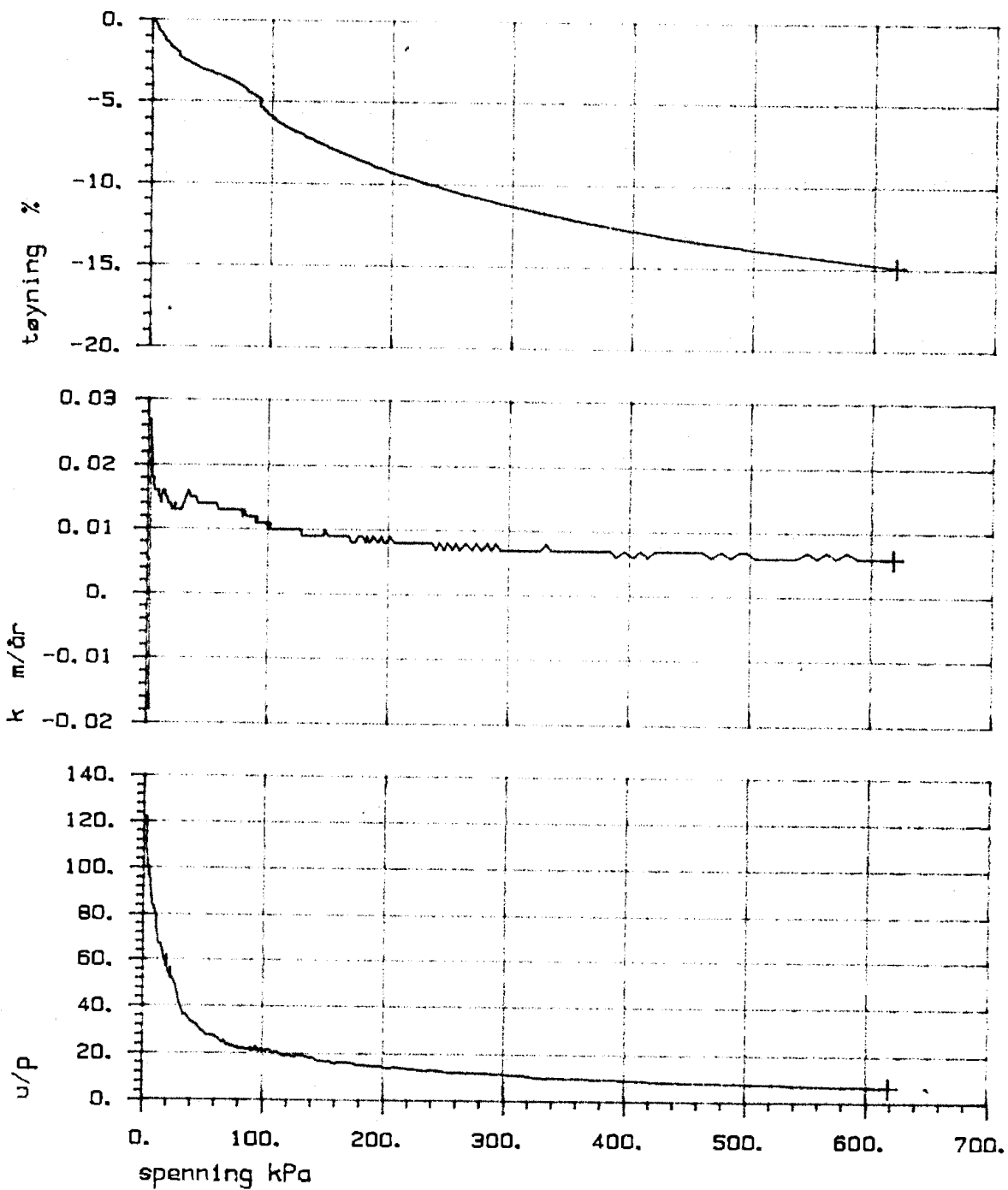
⊙ enaksialt trykkforsøk
 ⊕ bruddeformasjon %
 ▼ konus uforstyrret
 ▼ konus omrørt
 + vingebor

BORPROFIL MUNCHMUSEET	Type boring	Prøveserie 54mm		Tegn. Amo	Dato	Apr. 89
	Dato boret	5/3 - 89		Kartref.	NO D1 + I	
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	Boring nr.	6	Boring nr. Undergr. kart.	117U		
				Tegn. nr.	2530-01	




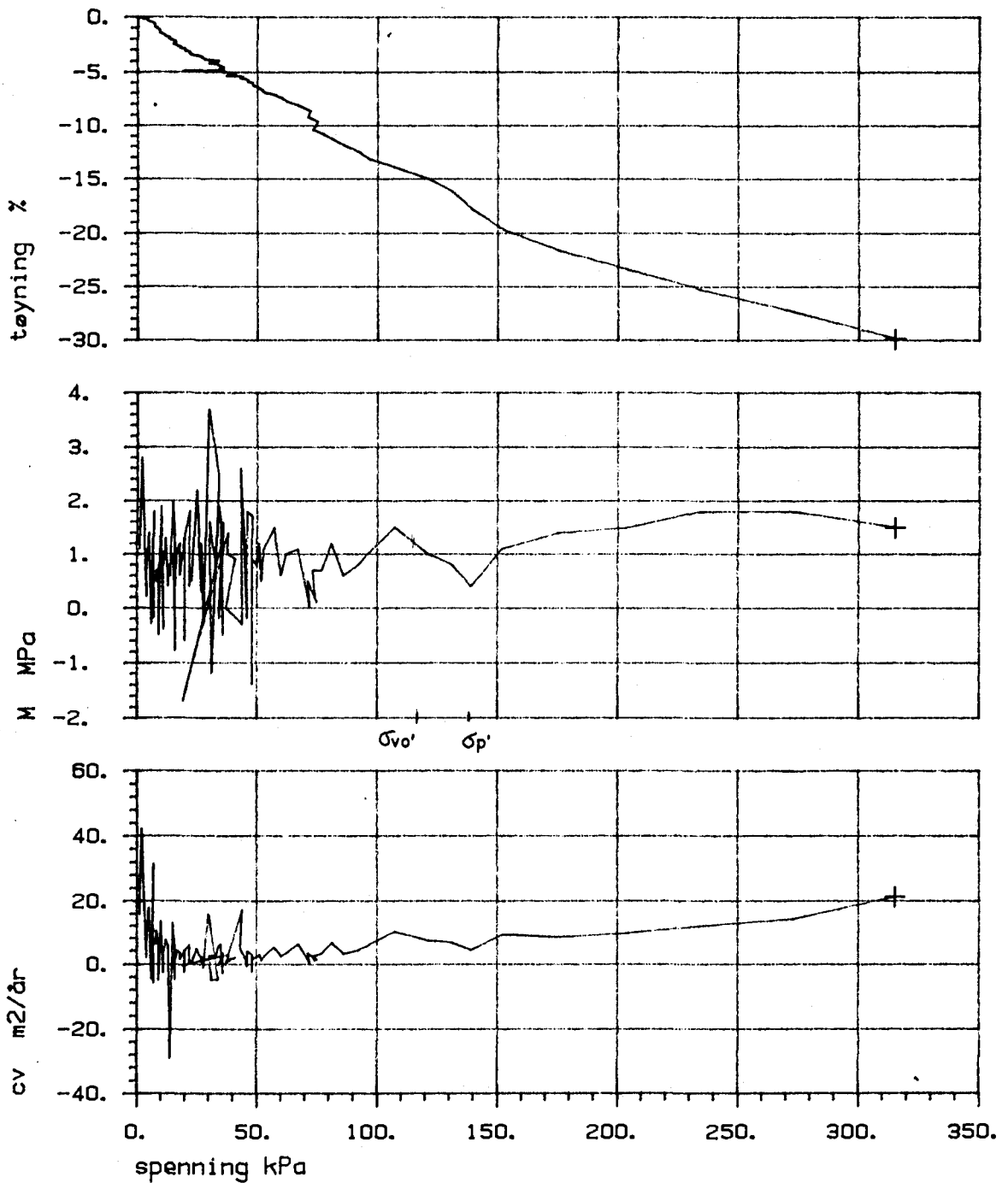
SYMB PROFIL DYBDE, m LABNR. FORSØKTYPE
 + 6 5.50 5 CRS

Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
KONTINUERLIG ØDOMETER				Tegn.	Dato opr. 83
MUNCHMUSEET				Målestokk	Kartref. NO D1 - 1
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor				Tegn. nr. 2530-02	




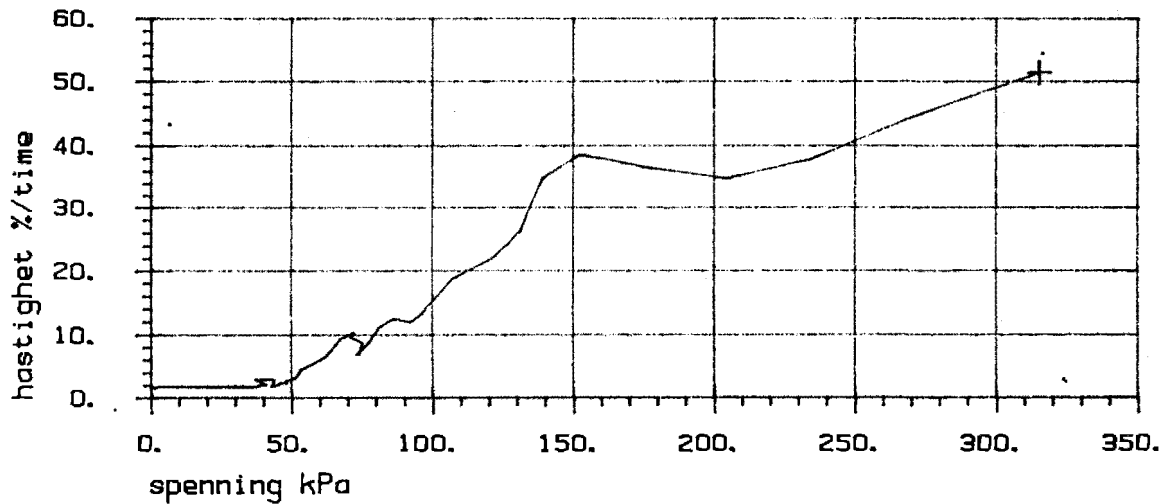
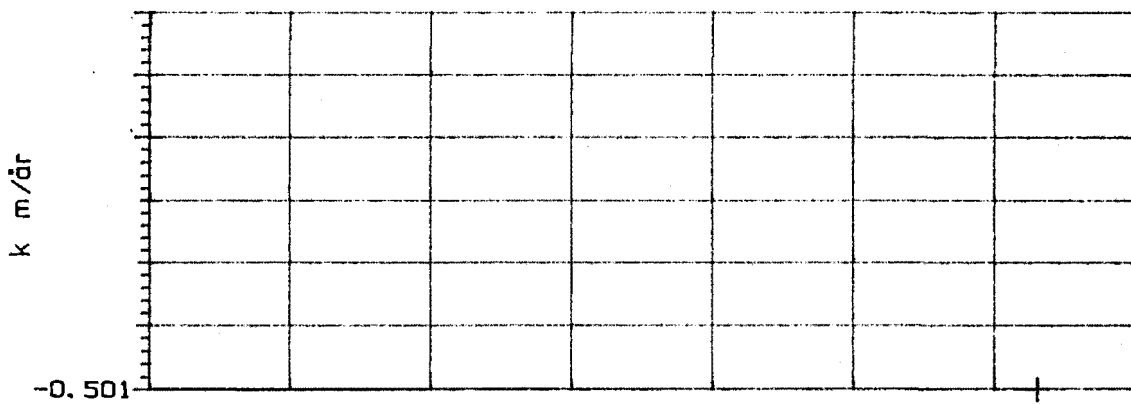
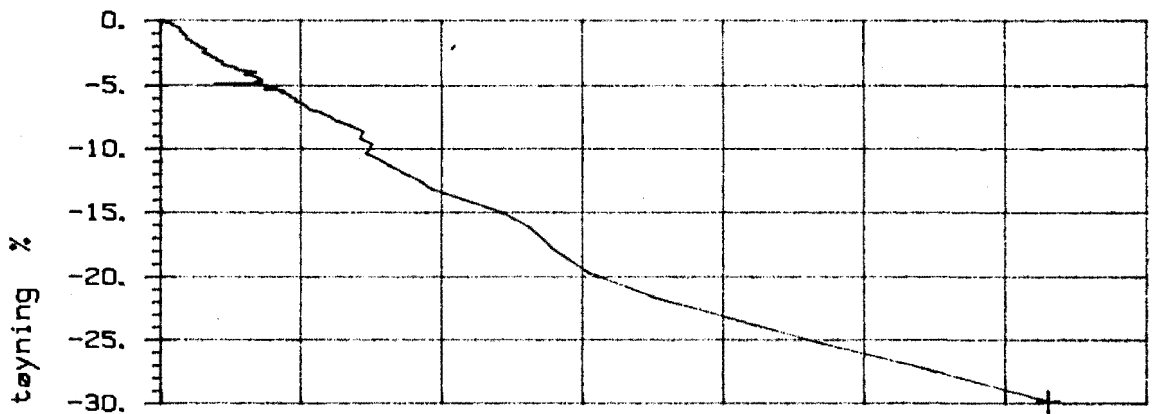
SYMB PROFIL DYBDE, m LABNR. FORSØKTYPE
 + 6 5.50 5 CRS

Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
KONTINUERLIG ØDOMETER			Tegn.		Date apr. 89
MUNCHMUSEET			Målestokk		Kartref.
					NO D1 - 1
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor				Tegn. nr. 2530-03	




SYMB PROFIL DYBDE, m LABNR. FORSØKTYPE
 + 6 10.40 9 CL

Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
KONTINUERLIG ØDOMETER				Tegn.	Dato 20. mars 89
MUNCHMUSEET				Målestokk	Kartref. NO D1 - I
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor				Tegn. nr.	2530- 04

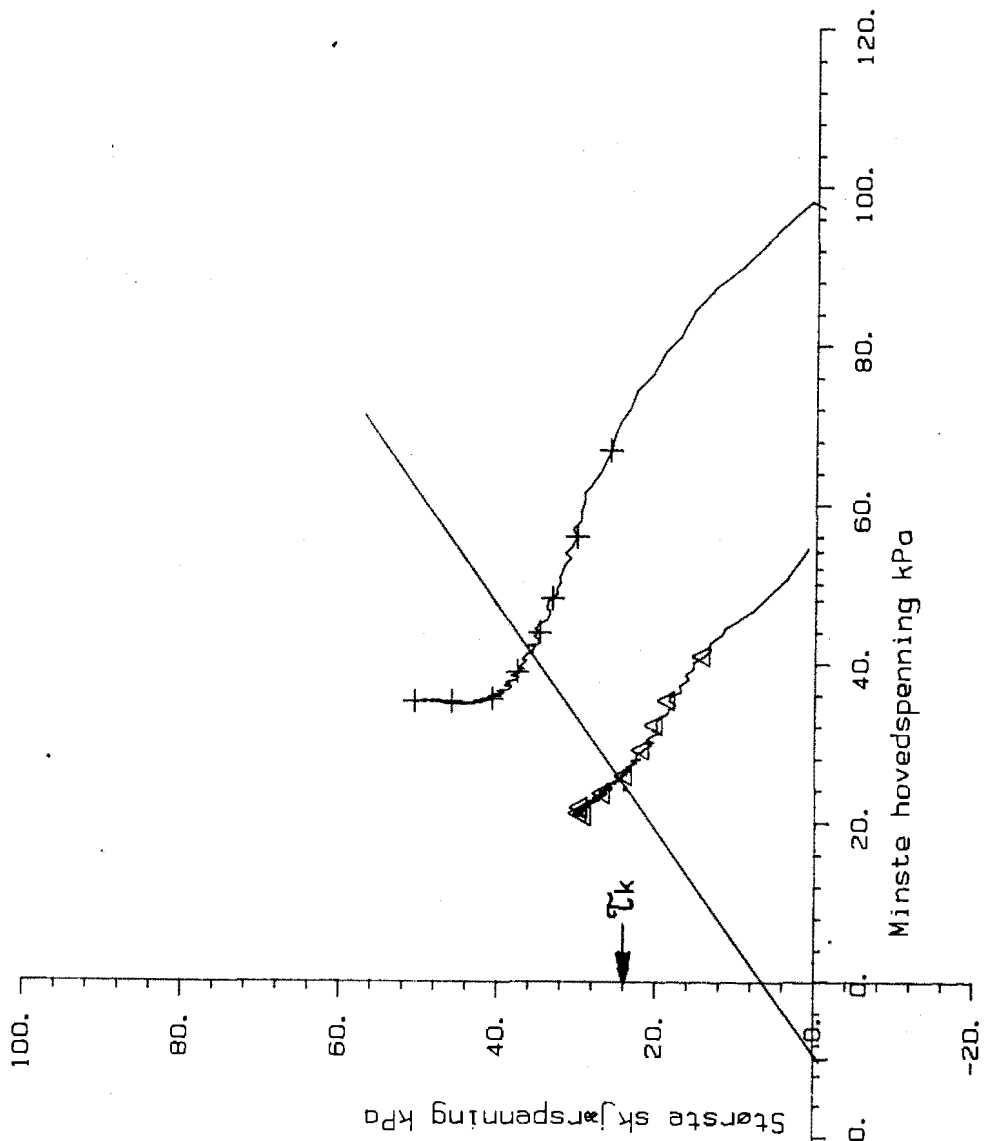
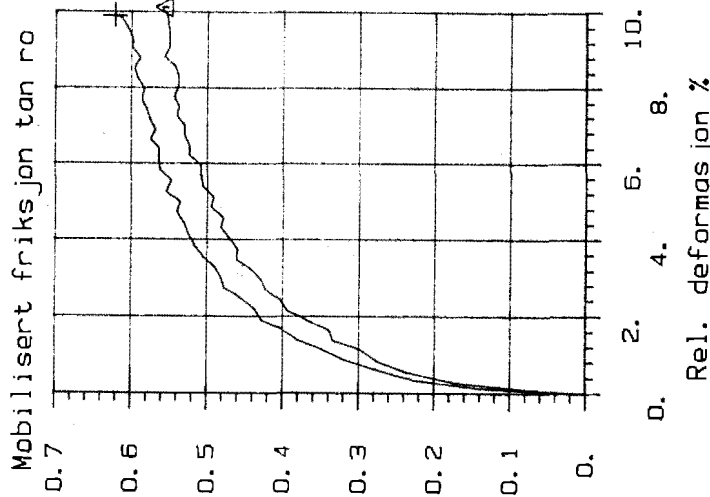



SYMB PROFIL DYBDE, m LABNR. FORSØKTYPE
 + 6 10.40 9 CL

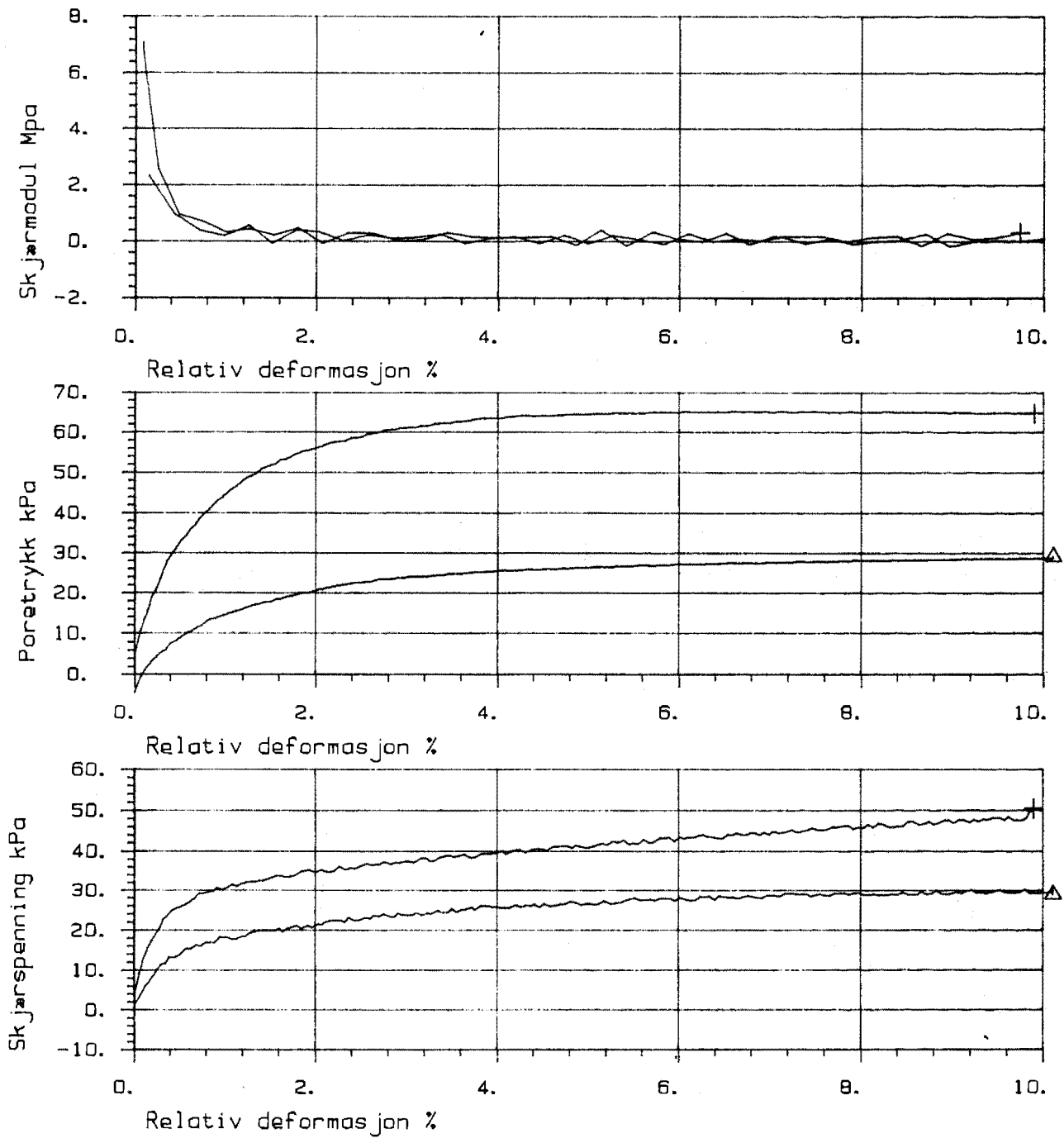
Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
KONTINUERLIG ØDOMETER				Tegn.	Da 20. mars 89
MUNCHMUSEET				Målestokk	Kartref. NO D1 - I
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor				Tegn. nr.	2530- 05

Fors.nr Symb Boringnr Labnr Dybde, m sig0' kN/m2 sig' kN/m2 Forsøektype


1	+	6	5A	5.50	75.0	100.0	CIUA
2	Δ	6	5B	5.40	75.0	50.0	CIUA

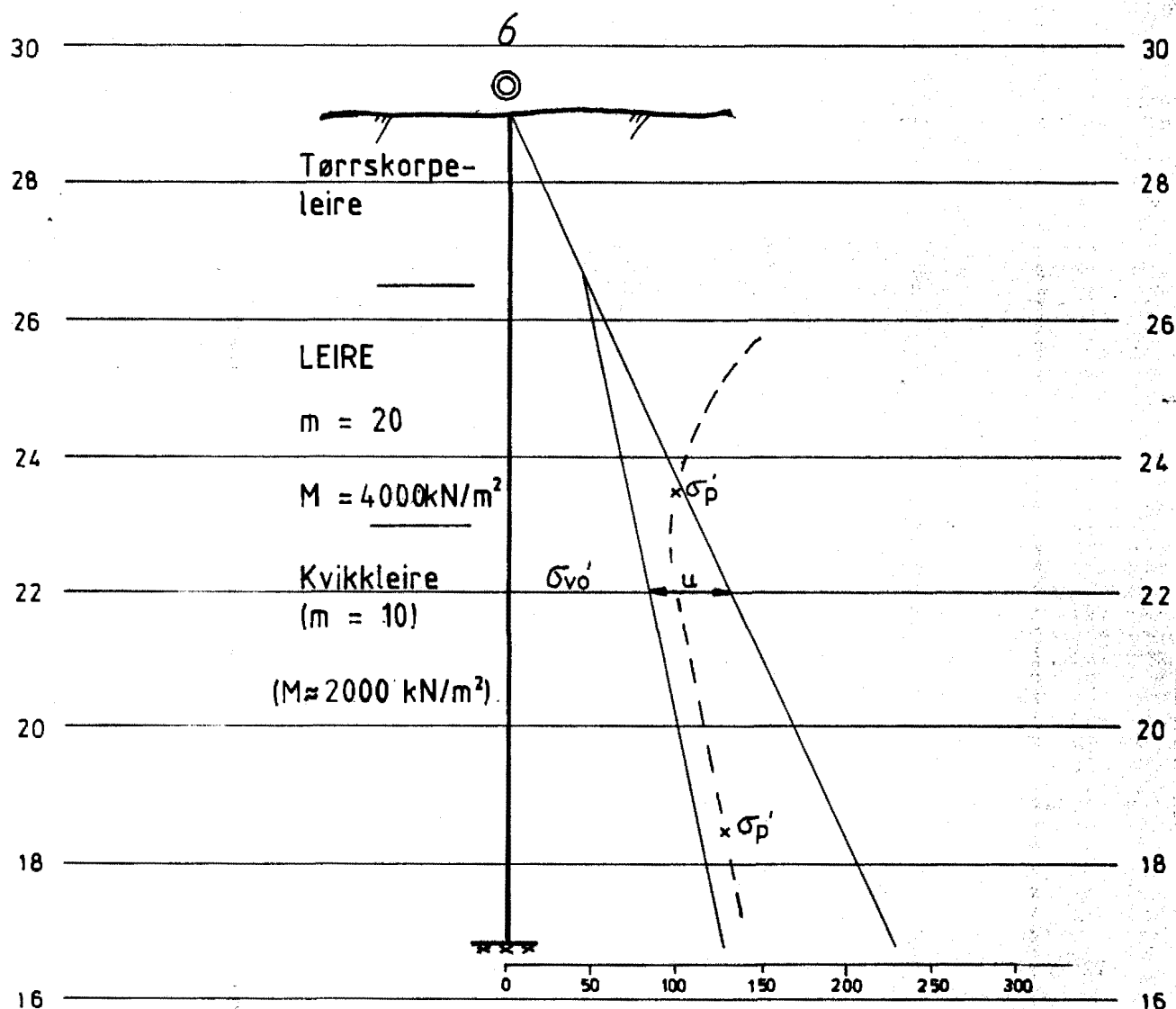


Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
TREAKSIALFORSØK			Tegn.	Dato 20mars 89	
Hovedspenningsvektor			Målestokk	Kartref.	
MUNCHMUSEET			NO D1 - I		
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn. nr.	2530-06	




Fors.nr	Symb	Boringnr	Labnr	Dybde, m	sig0' kN/m2	sigc' kN/m2	Forsøkttype
1	+	6	5A	5.50	75.0	100.0	CIUA
2	<	6	5B	5.40	75.0	50.0	CIUA

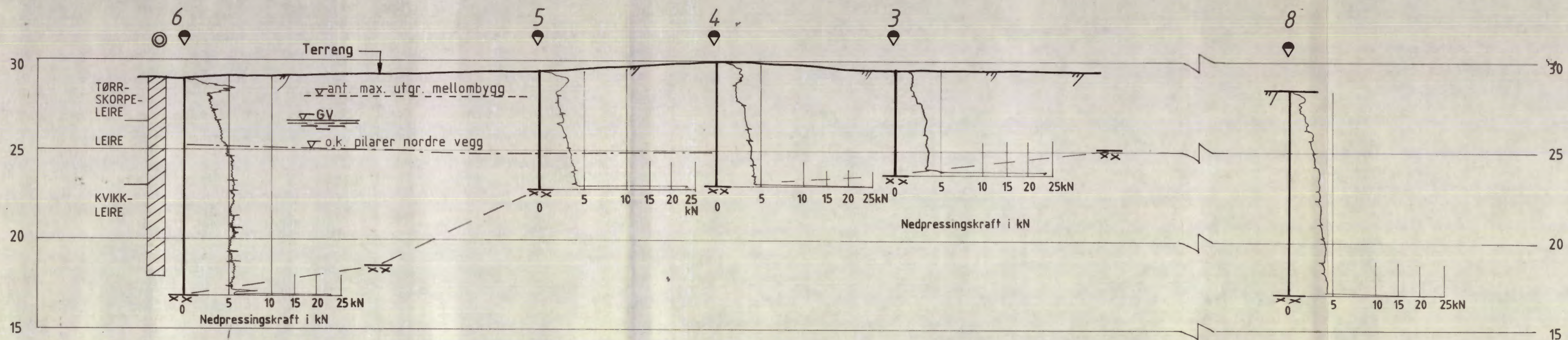
Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
TREAKSIALFORSØK			Tegn.	Dato 20mars 89	
Max skjærspenning, poretrykk og G-modul vs tøyning			Målestokk	Kartref.	
MUNCHMUSEET			NO D1 - I		
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn. nr.	2530- 07	



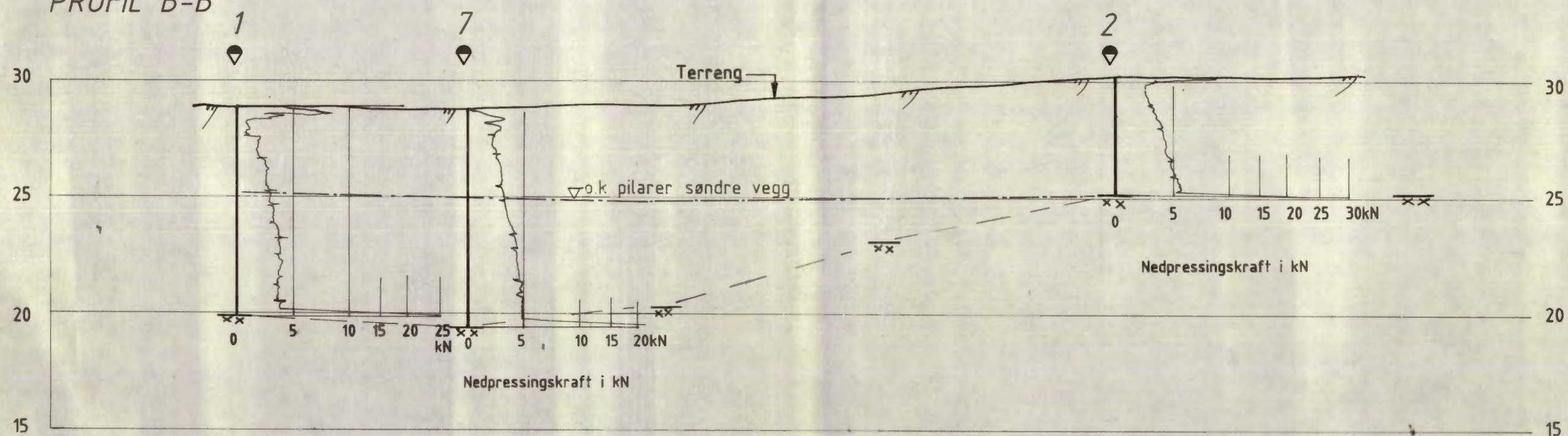
σ'_{vo} = effektivt overlagingstrykk
 σ'_p = forkonsolideringstrykk
 $\Delta \sigma'$ = Tilleggsspenning
 $\sigma' = \sigma'_{vo} + \Delta \sigma'$

Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
MUNCH-MUSEET			Tegn. Ans		Dato Apr. 89
Spenningsprofil			Målestokk:		Karret
			1 : 100		NO D1 - 1
 OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn. nr.		2530 - 08

PROFIL A-A + pkt.8



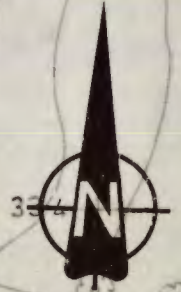
PROFIL B-B



TEGNFORKLARING

- ⊙ Prøveserie
- ◊ Dreietrykkssondering
- ⌞ Antatt fjell

Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
MUNCH-MUSEET			Tegn. Amo		Dato Mars89
Profil A-A og B-B			Målestokk	1 : 200	Kartref. NO D1 - I
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn. nr. 2530 - 09		



TEGNFORKLARING

- Terrengkote
- Anf. fjellkote
- ⊙ Prøveserie
- ▼ Dreietrykksondring

26.1 Borpkt. med kote for antatt fjell

overført U-kent		Dato		Dato	
Bokst.	Forandring	Dato	Bokst.	Forandring	Dato
MUNCH-MUSEET			Tegn. Ans	Dato Mars 89	
Situasjons- og borplan			Målestokk	Kartref. NO D1 - I	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor			Tegn. nr.	2530 - 10	