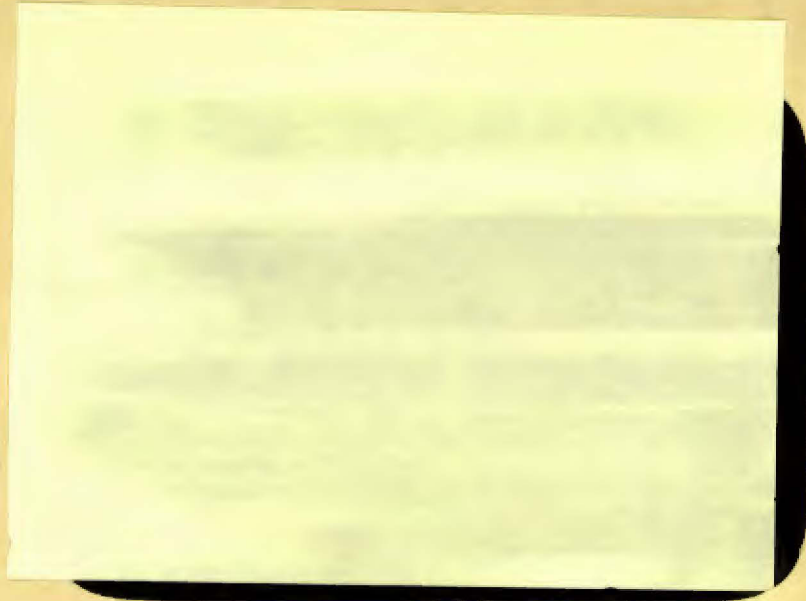


Tilhører Undergrunnskartverket

Må ikke fjernes



NO: H4

over

OSLO KOMMUNE

GEOTEKNISK KONTOR



OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor
KINGOS GT. 22, OSLO 4
Telf. 35 59 60

RAPPORT OVER:

Grorud varmesentral.
Grunnundersøkelser.

R- 1824-1 10. des. 1982

INNHALDSFORTEGNELSE	Side
Sammendrag	2
Innledning	3
Markarbeid	3
Laboratorieundersøkelser	4
Grunnforhold	4
Bergarter	6
Fundamentering av varmesentralen	6
Fundamentering av pipen	10
Fundamentering av oljetankene	11
Sluttord	11

BILAGSFORTEGNELSE

- Bilag 0: Beskrivelse av bor- og laboratoriearbeider
- " 1: Borprofil, prøveserie hull 5
 - " 2: Borprofil, skovlboringer hull 1,6 og 9
 - " 3-5: Ødometerforsøk
 - " 6: Poretrykkmålinger v/ Haraldrud forbrenningsanlegg
 - " 7: Poretrykkmålinger P₁ og 2
 - " 8: Profiler _Z
 - " 9: Situasjons- og boreplan

SAMMENDRAG

De utførte grunnundersøkelser viser at dybdene til fjell i borpunktene varierer mellom ca. 9 og ca. 34 m.

Løsmassene består øverst av et 2,5 - 4 m tykt lag med tørrskorpeleire. Derunder er det leire, som stort sett er middels fast, og som i dybden er kvikk.

Setningsberegninger, basert på foreløpige laster for hovedaksene i varmesentralen, indikerer at det ved direkte fundamentering kan bli setninger på opptil 8 - 10 cm der belastningene er størst. Forøvrig vil setningene sannsynligvis bli noen få cm.

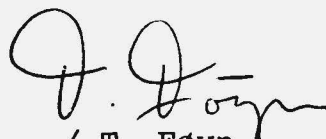
Ut fra setningsberegningene synes det foreløpig naturlig å pelefundamentere de tre bæreveggene i varmesentralens hovedhall, dvs. i akse L1, L2 og L3. Men det er intet i veien for at veggene i akse L3 kan fundamenteres direkte selv om de andre peles. Videre bør den høye stålpipen pelefundamenteres, mens fundamenteringen av oljetankene i stor grad avhenger av hvilken belastning som opptrer. "Betongbygget" i tre etasjer, gulvet i hovedhallen og de ikke-bærende veggene i "stålbygget", kan fundamenteres direkte, om nødvendig ved bruk av kompensert fundamentering for betongbygget.

Ved en slik kombinasjon må overgangen mellom bygningsdeler med ulik fundamenteringsmetode vies spesiell oppmerksomhet. Det bør således lages fuger som kan oppta bevegelser tilsvarende setningsforskjellene.

Nye setningsberegninger bør foretas når endelige belastninger foreligger, slik at man får et sikrere grunnlag for endelig valg av fundamenteringsløsning.

Geoteknisk kontor


O. Tokehim


/ T. Føyn

INNLEDNING

I henhold til brev av 12.8.1982 fra Oslo lysverker har Geoteknisk kontor utført grunnundersøkelser for Grorud varmesentral, herunder også to store oljetanker nord for varmesentralen. Varmesentralen har en grunnflate på ca. 1.500 m² og skal være uten kjeller. Bygningen består av en stor hall med tilliggende doseringsrom, oljerom og vifterom, tilsammen ca. 1.300 m², og med bæresystem i stål. Resten av grunnflaten skal bebygges med et betongbygg i tre etasjer, som er tenkt bygget sammenhengende med hovedhallen.

Hensikten med grunnundersøkelsene har vært å komme frem til fundamenteringsmetode for varmesentralen og oljetankene. Fra før var vi klar over at søppelbunkeren ved det nærliggende forbrenningsanlegg har drenert området, og det var ventet at dette ville ha betydning for valg av fundamenteringsmetode.

Fra tidligere foreligger det endel grunnundersøkelser i området, og disse er tatt med i foreliggende rapport i den grad de er av interesse.

MARKARBEID

Markarbeidet er utført av mannskaper fra vårt kontor i perioden 24. - 30. august i år. Det er foretatt dreie-trykksondering til antatt fjell i 7 punkter, dreiesondering til antatt fjell i 2 punkter og opptak av uforstyrrende prøver i 1 punkt. Videre er det tatt opp omrørte prøver ved skovlboring i 3 punkter og det er satt ned 2 poretrykk-målere, hvorav den ene til fjell. Vannstanden, som gir en indikasjon på hvor grunnvannspeilet ligger, ble målt i hullene etter skovlboringene noen dager etterat hullene var boret.

Borpunktene ble satt ut i marken i forhold til eksisterende bygninger i området.

Beskrivelse av bormetodene, bortsett fra dreie-trykksondering er gitt på bilag 0, "standardbeskrivelser". Dreie-trykksonderingene er utført med vår hydrauliske borerigg AB 2 ved at en borspiss med påskjøtte borstenger trykkes ned med konstant hastighet og rotasjon. Nedpressingskraften som registreres automatisk, gir en indikasjon på massenes sammensetning og egenskaper.

Det skal ellers bemerkes at de to dreiesonderingene ble utført i stedet for dreie-trykksonderinger, for å spare endel planter som Park- og idrettsvesenet har på stedet.

LABORATORIEUNDERSØKELSER

Prøvene som ble tatt opp er undersøkt i vårt laboratorium. Foruten rutineundersøkelser er det også utført ødometerforsøk for å måle leirens sammentrykkbarhet. Det henvises til bilag 0 hvor undersøkelsesmetodene er beskrevet.

Ødometerforsøkene, se bilag 3-5, viste at leiren er overkonsolidert ned til ca. 15 meters dybde. Overkonsolideringsforholdet (OCR), som er forholdet mellom effektiv forkonsolideringsspenning (P_c) og eksisterende vertikalspenning (P_o') avtar med dybden, fra ca. 7 i 4,3 meters dybde til 1,5 i 13,3 meters dybde under terreng. Resultatene fra ødometerforsøkene er lagt til grunn ved beregning av setninger.

GRUNNFORHOLD

Begliggenheten av den prosjekterte varmesentral og de prosjekterte oljetanker er vist på bilag 9. Her er også vist nye og tidligere borpunkter, hvor det er angitt terrengkote, bore- dybde og kote for antatt fjell ved hvert borpunkt.

Dybde til fjell.

Der varmesentralen skal bygges varierer dybden til antatt fjell i borpunktene mellom 8,6 og 22,8 m, og ved oljetankene varierer dybden til tilsvarende mellom 22,2 og 34,4 m. Fra Renholdsverkets forbrenningsanlegg og østover/nordøstover mot varmesentralen er det stort sett små dybder til fjell, dvs. at det her er en sammenhengende "underjordisk" fjellrygg.

Løsmasser.

Bilag 1 viser løsmassenes sammensetning og egenskaper i borhull 5. Ned til 3-4 meters dybde er det fast tørrskorpeleire. Derunder er det en middels plastisk, middels sensitiv og stort sett middels fast leire ned til ca. 15 meters dybde. Dypere enn dette er det bløt til middels fast kvikkleire som i hvertfall fra 20 meters dybde har noe innhold av sand. Over antatt fjell, som her ligger i 23 meters dybde, er det påtruffet et lag med sand. "Ø" angitt på borprofilet viser hvilke prøver det er foretatt ødometerforsøk på.

Bilag 2 viser resultatet av skovlboringene i hull 1,6 og 9: Hensikten med disse skovlboringene har vært å kartlegge hvor langt ned tørrskorpeleiren går. Overgangen fra tørrskorpe til vanlig plastisk leire ligger mellom 2,5 og 3,5 m under terreng. Målt vannstand den 30/8-82 var mellom 1,0 og 1,5 m under terreng.

På bilag 8 har vi tegnet profiler med bl.a. fjelloverflatens beliggenhet. I hvert borpunkt er den registrerte nedpressingskraft fra dreietrykksonderingene tegnet i diagramform. Der man traff på fastere lag ble rotasjonshastigheten økt, og dette er angitt på diagrammene med kryss.

I pkt. 7 og 8 hvor det ble foretatt dreiesondering, er antall halve omdreininger pr. meter synk tegnet i diagramform.

Formen på diagrammene synes å bekrefte at de opptatteprøver er nokså representative for løsmassene i området: Tørrskorpe laget øverst er 2,5 - 4 m tykt, og derunder er det leire som i dybden er kvikk. Sonderingene viser imidlertid at leiren noen steder kan inneholde relativt faste lag, i og med at rotasjonshastigheten har måttet økes. Overgangen til kvikklerie er vanskelig å angi bare ut fra diagrammene, og er derfor ikke vist. Laget med sand rett over fjell synes ikke å være særlig tykt, i og med at sonderboringene har stoppet brått mot antatt fjell, uten nevneverdig forutgående økning i registrert nedpressingskraft.

Vi vil påpeke at det er stor avstand mellom borpunktene (20 - 25 m), og at det virkelige fjellforløpet mellom borpunktene sannsynligvis avviker endel fra det vi har antydnet på profilene.

Poretrykk, grunnvann.

Renholdsverkets forbrenningsanlegg omfatter bl.a. en meget dyp søppelbunker som er bygget i fjell. Bunken ligger omtrent på kote 99, dvs. ca. 15 m under terreng. Helt siden bunkersens sto ferig i 1967 har det vært lekkasje av grunnvann fra fjellet og inn i bunkeren. Dette vannet pumpes ut. Det har således pågått en drenering av området i 15 år, men vi har ingen opplysninger om hvor store vannmengder det dreier seg om. Det opplyses imidlertid fra Renholdsverkets driftsleder at pumpen går forholdsvis sjelden, og han antar derfor at det er forholdsvis små vannmengder det dreier seg om.

I perioden 1976 - 79 ble det foretatt poretrykkmålinger på fire steder rundt forbrenningsanlegget, se bilag 6. Målingene viser at det er et betydelig undertrykk i porevannet ved fjell, regnet i forhold til en hydrostatisk poretrykkfordeling med et grunnvannspeil i 1,5 meters dybde under terreng. Måler C er den eneste som ikke er satt ned til fjell, og den viser at det er et undertrykk også i løsmassene, 9 m over fjell.

De to poretrykkmålerene som er satt ned i forbindelse med varmesentralen, se bilag 7, viser at det ved fjell er et undertrykk i porevannet på ca. 40 kN/m² (4 m vannsøyle). I ca. 5 meters høyde over fjelloverflaten er det et undertrykk på ca. 10 kN/m² (1 m vannsøyle).

Vi regner med at poretrykkssituasjonen i området er stabil siden drenasjen har pågått i så mange år, og vi har gjort overslagsberegninger for hvor store setninger drenasjen teoretisk har gitt. Ved disse beregningene har vi antatt at poretrykkreduksjonen ved fjell overalt er den samme, og lik 40 kN/m², uavhengig av dybden til fjell. Videre har vi regnet med at poretrykkreduksjonen oppover i løsmassene overalt avtar lineært til 10 kN/m² i 5 meters høyde over fjelloverflaten, slik som ved poretrykksmåler pz 1. Deretter er det regnet med lineær reduksjon videre oppover til null i høyde med en antatt grunnvannstand i 1,5 meters dybde under terreng.

Med de nevnte forutsetninger om poretrykksituasjonen og med parametre fra ødometerforsøkene, er drenasjesetningene beregnet å være ca. 2 cm. der dybden til fjell er 9 m. Setningene øker noe med dybden til fjell, og er beregnet til ca. 4 cm det det er 25 m til fjell. Tidsforløpet for drenasjesetningene er vanskelig å beregne, men man kan gå ut fra at det alt vesentlige av setningene er unnagjort etter så mange år med drenasje. Det som eventuelt gjenstår av setninger er så lite at det ikke vil ha noen praktisk betydning.

BERGARTER

Bergartene i området er sedimentære leirsteiner og kalksteiner (knollekalk) fra ordovicium, som mye av berggrunnen ellers i Oslo. Noen steder kan permiske eruptivganger av diabas eller manaitt skjære gjennom sedimentbergartene. Disse har oftest mektighet på mindre enn 1 m.

FUNDAMENTERING AV VARMESENTRALEN

Generelt

Det er tre fundamenteringsløsninger som kan være aktuelle for varmesentralen: Direkte fundamentering, fundamentering på spissbærende peler til fjell, eller en kombinasjon av disse metoder. Vi har vurdert de forskjellige løsningene, og de behandles i det etterfølgende hver for seg.

Fra Oslo lysverker har vi fått beregninger av laster i bruddgrensetilstanden for søyler i tre hovedakser i "stålbygget", betegnet akse L1, L2 og L3. Vi har så selv regnet ut laster

i bruksgrensetilstanden ved å sette lastkoeffisientene til 1,0. Videre har vi fått oppgitt orienterende belastninger (i bruksgrensetilstanden) på gulvet i hovedhallen. For dette gulvet er det etter det vi har fått opplyst bare aktuelt med en løsning, nemlig å legge det direkte på grunnen.

Direkte fundamentering av bærende vegger / søyler i akse L1-L3.

Vi har forutsatt fundamenter beliggende i intakt tørrskorpelære, minimum 2,0 meters dybde under terreng eller gulv. For søylelastene i de forskjellige akser gir våre beregninger følgende verdier for sålebredde (B) og jordens dimensjonerende bæreevne (σ_v):

	Enkeltfundamenter		Stripefundament	
	BxB (mXm)	σ_v (kN/m ²)	B (m)	σ_v (kN/m ²)
Akse L1	4,5X4,5	200	2,2	190
" L2	2,6X2,6	200	1,6	190
" L3	1,8X1,8	200	1,1	190

Det bemerkes spesielt at ved utregning av overført dimensjonerende belastning på grunnen ved underkant fundament, må man huske å ta med vekt av fundament og vekt av jord over fundament.

Akse L2 ligger i vårt profil B-B og L1 ca. 4 m sør for L2. L3 ligger i vårt profil A-A.

Setninger i akse L1 - L3.

Ved beregning av setningene har vi benyttet følgende søylelaster i bruksgrensetilstanden:

Akse L1	Akse L2	Akse L3
2320 kN	900 kN	370 kN

Setningens størrelse er teoretisk sett lite avhengig av om man velger enkeltfundamenter under hver søyle eller sammenhengende stripefundamenter. I praksis vil imidlertid stripefundamenter kunne utjevne setningsforskjeller som ellers ville oppstått som følge av eventuelle lokale inhomogeniteter i grunnen, og kan derfor ofte være å foretrekke. En forutsetning for å bruke stripefundamenter er forøvrig at søylelastene blir jevnt fordelt til grunnen, og dette kan muligens bli vanskelig med de store laster og søyleavstander man har i akse L1.

Akse L1 og L2 har så liten innbyrdes avstand at setningene vil bli omtrent like store i disse to aksene, nemlig i størrelsesorden 8 - 10 cm. Teoretisk vil det bli noen få cm mindre setning i hver ende enn midt på bygningen p.g.a. mindre dybder til fjell, jfr. profil B-B på bilag 8.

I akse L3 er lastene vesentlig mindre og setningene er her beregnet å ville bli i størrelsesorden 2 - 3 cm.

Våre setningsberegninger er som nevnt basert på laster i bruksgrensetilstanden, mens de "setningsgivende" laster vanligvis er en god del lavere, Det er gjennomsnittlige opptrepende laster som må betraktes som setningsgivende, og størrelsen av disse kan vel først angis når detaljprosjekteringen er foretatt. De oppgitte setninger må derfor betraktes som orienterende.

Direkte fundamentering av betongbygget.

Vi har ikke fått oppgitt belastninger for andre vegger enn i akse L1 - L3, og kan derfor ikke angi nøyaktige fundamentdimensjoner eller setninger. Men som en orienterende verdi for dimensjonerende bæreevne, kan man regne med ca. 200 kN/m², både for enkeltfundamenter og stripefundamenter, beliggende ca. 2 meter under terreng eller laveste gulvnivå. Også her må vekt av jord over fundamentene tas med når dimensjonerende last beregnes. Det skal videre bemerkes at bæreevnen synker til ca. 170 kN/m² hvis man velger en løsning med kryperom eller kjeller, hvor fundamentene bare ligger 0,5 m under gulvnivå.

Når det gjelder setninger, vil de stort sett være avhengige av den totale belastning fra bygningen, og i mindre grad av hvordan lasten fordeles på grunnen. For en 3-etasjes bygning som denne, vil man normalt måtte regne med noen få cm setning, og disse skulle ikke medføre skader. Noen småsprekker og riss vil imidlertid kunne oppstå.

For å unngå setninger fullstendig, må det benyttes kompensert fundamentering. Dette innebærer at det må fjernes like mye jord, vektmessig, som den belastning bygningen gir. I praksis vil det si at man her enten må lage kjeller eller et dypt kryprom.

Pelefundamentering.

Før eventuell peling foretas, kan det være nødvendig med forgraving gjennom den øverste del av tørrskorpeleiren. Forøvrig skulle det ikke by på spesielle problemer å slå peler i de løsmassene som er funnet i området. De relativt faste lagene som er påtruffet i enkelte av borpunktene, vil antagelig ikke være av betydning for nedrammingen. Pelene må rammes til stopp mot fjell eller meget faste lag med friksjonsmasser rett over fjell.

De dominerende bergarter i fjellgrunnen, leir- og kalkstein, har trykkstyrke i størrelsesorden 50-90 MN/m², mens gangbergartene har trykkstyrke på nærmere 200 MN/m². Disse sedimentbergartene skulle ha tilstrekkelig fasthet til at pelene vil være stabile, og bergarten vil ikke knuses eller fortrenses slik at pelene synker.

Kombinasjon av pelefundamentering og direkte fundamentering.

En kombinasjon av fundamenteringsmetodene kan være en tilfredsstillende løsning sett fra et geoteknisk synspunkt.

Overgangene mellom bygningsdeler med ulik fundamentering må vies spesiell oppmerksomhet. Her bør det i prinsippet lages en fuge som kan ta opp noe bevegelse, avhengig av hvor store setninger som vil oppstå på den delen som er direkte fundamentert.

Fundamentering av gulv.

Stålbygg, hovedhall.

Etter det vi har fått opplyst vil gulvet i varmesentralens hovedhall bli belastet med forskjellige maskiner, tanker o.l. De foreløpige laster som er angitt, er så lave at det av hensyn til grunnens bæreevne ikke er nødvendig med spesielle fundamenter for å spre belastningen. For ordens skyld oppgis allikevel grunnens dimensjonerende bæreevne, som her kan settes til 140 kN/m².

Det bemerkes at vi ved beregning av bæreevnen har antatt en gjennomsnittlig lastkoeffisient på 1,4. Videre bemerkes at man ved beregning av overført dimensjonerende belastning på grunnen må ta med vekten av gulvet.

Selve gulvet, inklusive pukklag, vil ventelig gi en netto-belastning på høyst 10 kN/m², og dette vil ikke gi setninger av betydning.

De laster som er oppgitt på gulvet, kan gi setninger i størrelsesorden opptil 1-2 cm, men dette vil antagelig heller ikke ha praktisk betydning.

På bakgrunn av det som er nevnt ovenfor, er det etter vår mening fullt forsvarlig å legge gulvet i hovedhallen direkte på grunnen, men noe setninger kan oppstå lokalt under og i nærheten av tunge installasjoner. Videre vil gulvet nærmest de bærende vegger følge med i de setningene som måtte oppstå der.

Stålbygg, mellom akse L1 og L2.

Avstanden mellom akse L1 og L2 er bare i underkant av 4 meter, og det skulle derfor ikke by på problemer å lage et frittstående gulv mellom de bærende vegger. En slik løsning er imidlertid etter vår mening bare nødvendig hvis de bærende vegger blir fundamentert direkte på grunnen. Ved pelefundamentering av veggene er det antagelig tilfredsstillende å legge gulvet på grunnen.

Betongbygg.

Hvis det velges direkte, ikke kompensert, fundamentering for betongbygget, vil gulv på grunnen nærmest de bærende veggene følge med i setningene som oppstår der. Det må derfor vurderes om installasjoner etc. tåler noe setningsdifferanser på gulvet. Hvis ikke, bør gulvet gjøres frittstående mellom de bærende veggene.

Valg av fundamenteringsløsning.

Hvilken fundamenteringsløsning som velges, er i stor grad avhengig av hvor store setninger man kan akseptere ut fra driftmessige hensyn. Spesielt for akse L1 og L2 må som nevnt de oppgitte setninger betraktes som orienterende p.g.a. usikkerheten med hensyn til størrelsen av setningsgivende laster.

Forutsetter vi, imidlertid, at det vil oppstå setninger av størrelsesorden som antydnet for akse L1 og L2 (8 - 10 cm.), synes det naturlig å benytte pelefundamentering i disse aksene, og dessuten i akse L3. Men vi vil understreke at det er mulig å fundamenterer veggene i akse L3 direkte, selv om de to andre pelefundamenteres.

For ikke-bærende vegger i stålbygget og for betongbygget (med forbehold om at vi ikke kjenner lastens størrelse), bør direkte fundamentering kunne benyttes, om nødvendig med bruk av kjeller eller kryprom under betongbygget.

FUNDAMENTERING AV PIPEN

Det skal bygges en høy stålpipeline rett på utsiden av varmesentralens ene langvegg, mellom borpunkt 5 og 6. Laster på pipefundamentet foreligger ikke ennå, og vi kan derfor ikke si om det er mulig å fundamenterer pipen direkte på grunnen. Hvis det allikevel skal peles i akse L1 og L2, vil vi imidlertid anta at pipen kan pelefundamenteres uten store tilleggskostnader i forhold til direkte fundamentering.

FUNDAMENTERING AV OLJETANKENE

For oljetankene foreligger det heller ikke laster foreløpig. Og valg av fundamenteringsløsning er igjen avhengig av om setningene vil være innenfor akseptable grenser.

For å få et begrep om hvilke setninger som kan oppstå, har vi gjort overslagsberegninger ut fra en gjennomsnittlig antatt belastning på 50 kN/m² over hele fundamentflaten (ca. 600 m²). Setningene vil da kunne bli i størrelsesorden 8 - 12 cm., og med størst setninger på midten hvor dybden til fjell er størst, jfr. profil C-C på bilag 8. Setningene vil i dette tilfellet være omtrent proporsjonale med belastningen.

Ved å benytte delvis kompensert fundamentering vil setningene kunne reduseres, men dette er kanskje en uønsket løsning med hensyn til kontroll av eventuell oljelekkasje.

Setningene vil også bli mindre hvis oljetankene flyttes til et område hvor dybden til fjell er mindre. Eksempelvis kan tankene muligens flyttes sørover mot hjørnet av Brobekkveien og eksisterende adkomstvei til forbrenningsanlegget, hvor det lokalt er registrert en dybde på bare 9 m til fjell. Hvis flytting er aktuelt, bør det foretas nye sonderboringer for å kartlegge fjellets beliggenhet.

Pelefundamentering til fjell er alternativet til direkte fundamentering, og det henvises i den forbindelse til det som tidligere er sagt om peling.

SLUTTORD

Det er endel forhold som bør avklares før man tar endelig stilling til valg av fundamenteringsløsning for de enkelte deler av anlegget.

I utgangspunktet regner vi med at direkte fundamentering er den billigste løsningen, og at dette muligens er en løsning som kan brukes overalt. Når de endelige laster foreligger bør det derfor foretas nye setningsberegninger, slik at man har et bedre grunnlag for valg av fundamenteringsmetode.

Hvis man kommer til at det må peles for noen av konstruksjonene, kan det muligens være lønnsomt å pelefundamentere alle bygningene, fordi riggekostnadene for peling da er dekket.

Vi står gjerne til disposisjon ved det videre prosjekteringsarbeid, og dersom det blir aktuelt med peling, kan vi påta oss kontroll av disse arbeidene.

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 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 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 sylindrerprøvetaker som er forsynt med et tettsluttende stempel. Prøven skjæres ved at sylindren skyves nedover i grunnen mens stemplet holdes tilbake. Sylindren 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.

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 filter 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/m^3) 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

Skjærfastheten $x)_s$ (t/m^2) bestemmes ved enaksede trykkforsøk. Normalt blir det skåret ut et prøvestykke med tverrsnitt $3,6 \times 3,6$ cm og høyde 10 cm på midten av sylinderprøven. Unntaksvis blir fullt tverrsnitt (ϕ 54 mm) benyttet. Det tas hensyn til prøvens tverrsnittsøking under forsøket. Skjærfastheten settes lik halve trykkfastheten.

Videre blir uforstyrret skjærfasthet s og omrørt skjærfasthet s' bestemt ved konusforsøk. Dette er en indirekte metode til bestemmelse av skjærfastheten, idet nedsynkningen av en konus med bestemt form og vekt måles og den tilsvarende skjærfasthetsverdi tas ut av en tabell. Både trykkforsøk og konusforsøk gir udrenert skjærfasthet.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter udrenert skjærfasthet:

Meget bløt leire	$s < 1,25 t/m^2$	\approx	12,5 kN/m ²
Bløt leire	$s = 1,25 - 2,5 t/m^2$	\approx	12,5 - 25 """"
Middels fast leire	$s = 2,5 - 5,0 t/m^2$	\approx	25 - 50 """"
Fast leire	$s = 5,0 - 10,0 t/m^2$	\approx	50 - 100 """"
Meget fast leire	$s > 10 t/m^2$	\approx	100 """"

Sensitiviteten $x)_S_t = \frac{8}{s}$, er forholdet mellom skjærfastheten i uforstyrret og omrørt tilstand.

Følgende skala benyttes til å klassifisere leire etter sensitivitet:

Lite sensitiv leire	$S_t < 8$
Middels sensitiv leire	$S_t = 8 - 30$
Meget sensitiv leire	$S_t > 30$

Følgende spesielle forsøk blir utført etter nærmere vurdering i hvert tilfelle:

Ødometerforsøk $x)$ utføres for å finne en jordarts sammentrykkbarhet. Prinsippet ved ødometerforsøkene er at en skive av jordarten med diameter 5 cm og høyde 2 cm belastes vertikalt. Prøven er innesluttet i en sylinder og ligger mellom 2 porøse filtersteiner. Lasten påføres trinnsvis, og sammentrykkingen av prøven observeres som funksjon av tiden for hvert lasttrinn. Resultatene fremstilles ved å tegne opp den relative sammentryking ϵ som funksjon av belastningen. Setningsutviklingen tegnes opp i tidsdiagram. Dette gir grunnlag for beregning både av setningenes størrelse og tidsforløp. Tidsforløpet er imidlertid særlig usikkert på grunn av mange ukjente faktorer som spiller inn.

Kornfordelingsanalyser av friksjonsjordarter (grovere enn silt og leire) utføres ved sikting, som regel i helt tørt tilstand. Inneholder massen en del finere stoff blir den våtsiktet. For silt og leire benyttes hydrometeranalyse. En viss mengde tørt materiale oppslemmes i en bestemt mengde vann. Ved hjelp av hydrometer bestemmes synkehastigheten av de forskjellige kornfraksjoner og på grunnlag av Stoke's lov kan kornstørrelsen tilnærmet beregnes.

Fortorvningsgraden i organiske jordarter bestemmes ved besiktigelse og krysting av materiale mellom fingrene. Graderingen skjer i henhold til von Post's ti-delte skala H 1 - H 10. Torv kan deles i følgende grupper:

Fibertorv	H 1 - H 4, planterester lett synlig
Mellomtorv	H 5 - H 7, planterester svakt synlig
Svarttorv	H 8 - H10, planterester ikke synlig.

Organisk innhold (humusinnhold) bestemmes vanligvis ved glødning av tørt materiale. Glødetapet (vekttapet) angis i prosent av tørt materiale.

Proctorforsøk brukes til å undersøke pakkingssegenskapene hos jordarter, spesielt hos velgraderte friksjonsmasser. Massen blir stampet lagvis inn i en stålsylinder av bestemt volum, og tørr romvekt beregnet etter tørking av prøven. Avhengig av pakkingsarbeidet skilles mellom standard Proctor og modifisert Proctor. Den siste innebærer størst pakkingsarbeid. Forsøkene utføres med varierende vanninnhold, og det vanninnhold som gir høyest tørr romvekt kalles optimalt. Den høyeste romvekt kalles 100% Proctor.

BORPROFIL

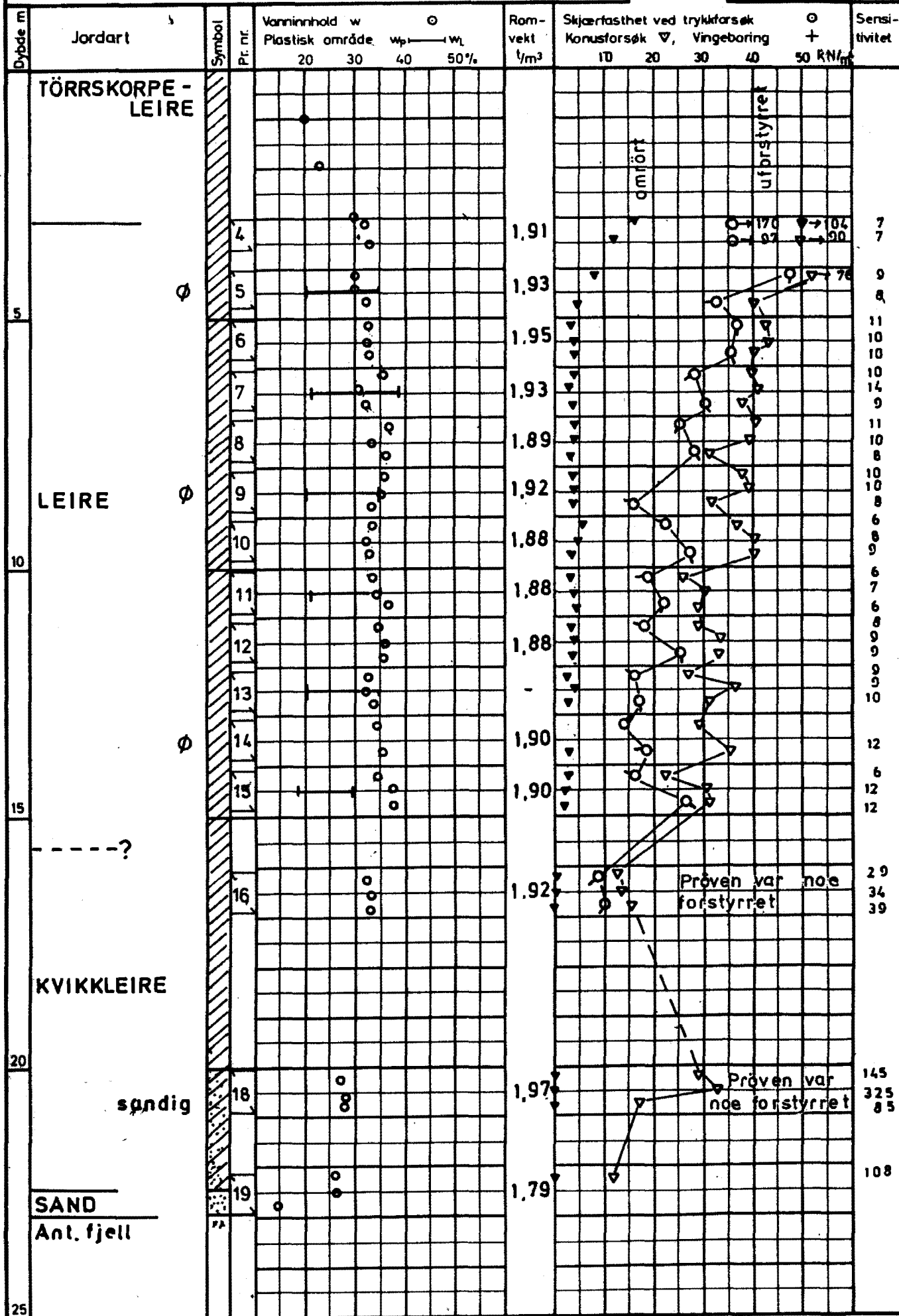
Sted: **GRORUD VARMESENTRAL**

Hull : **5**
 Nivå : **113.0**
 Pr.φ : **54 mm**

Aksialdeformasjon %



Bilag : **1**
 Oppdrag : **R-1824**
 Dato : **nov 82**



BORPROFIL

Sted: **GRORUD VARMESENTRAL**

Hull : **1, 6 & 9**

Nivå : **-**

Prø : **Skovlet**

Aksialdeformasjon %

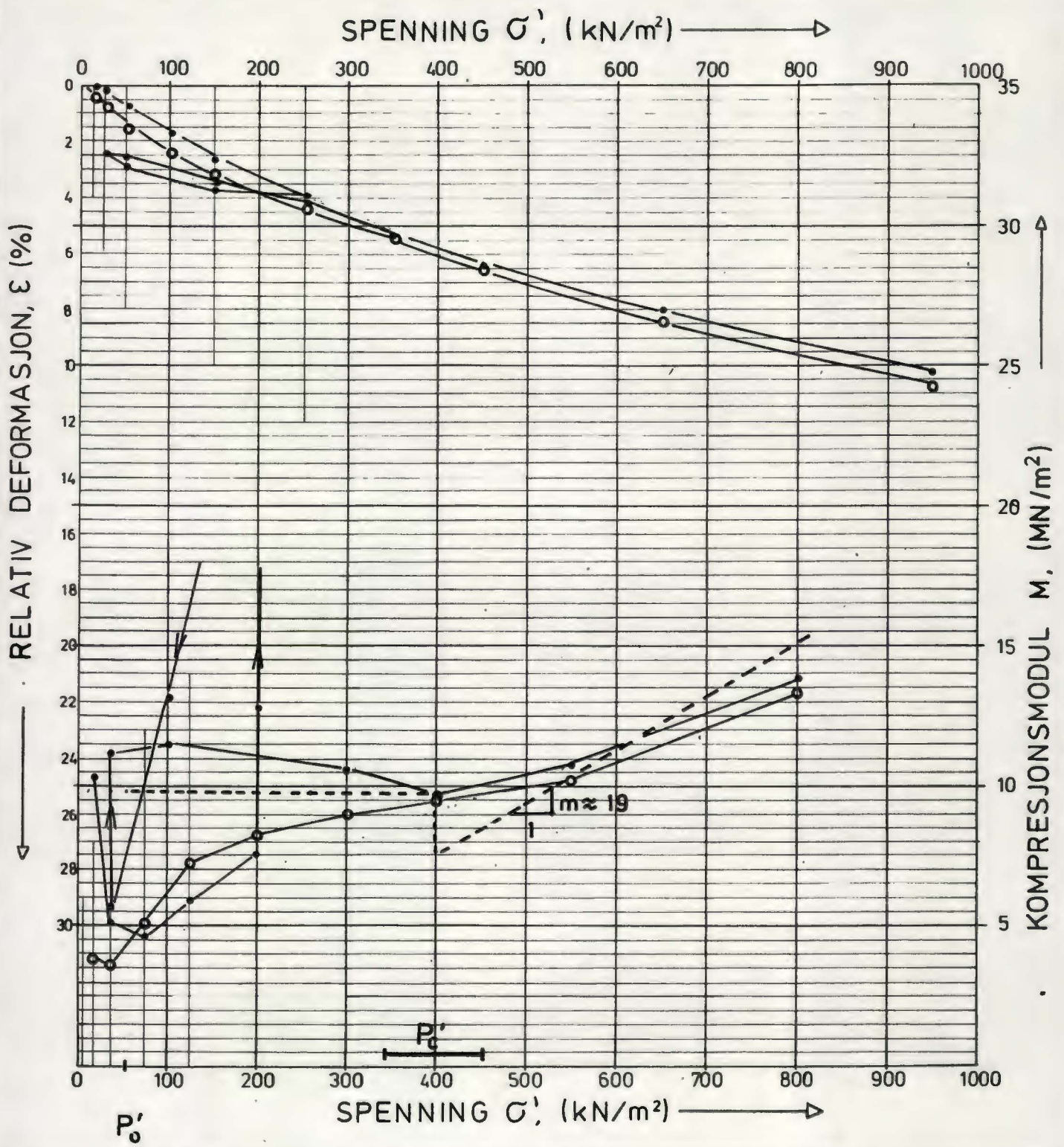


Bilag : **2**

Oppdrag: **R-1824**

Dato : **nov 82**

Dybde m	Jordart	Symbol	p.r. nr.	Vanninnhold w				Romvekt γ/m^3	Skjærfasthet ved trykkforsøk				Sensitivitet	
				Plastisk område		w_p	w_L		Konusforsøk ∇ , Vingeoring		\ominus	\oplus		
				20	30	40	50%		2	4	6	8	10	γ/m^2
0	Hull 1 ∇ 113.6													
	TÖRRSKORPE - LEIRE													
	∇ vannst. 30/8-82													
	fast													
	LEIRE													
	mid.fast													
5	Avsluttet													
0	Hull 6 ∇ 113.0													
	TÖRRSKORPE - LEIRE													
	∇ vannst. 30/8-82													
	fast													
	LEIRE													
	mid.fast													
5	Avsluttet													
0	Hull 9 ∇ 113.6													
	TÖRRSKORPE - LEIRE													
	∇ vannst. 30/8-82													
	LEIRE mid.fast													
5	Avsluttet													



HULL NR.	LAB. NR.	DYBDE (m)	P_c' (kN/m^2)	P_c (kN/m^2)	OCR	JORDART	ANM.
5	1824-5	4,3 - 4,4	~ 55	350-450	6,4 - 8,2	Fast leire	• Pröve 1
—	—	—	—	—	—	—	○ Pröve 2

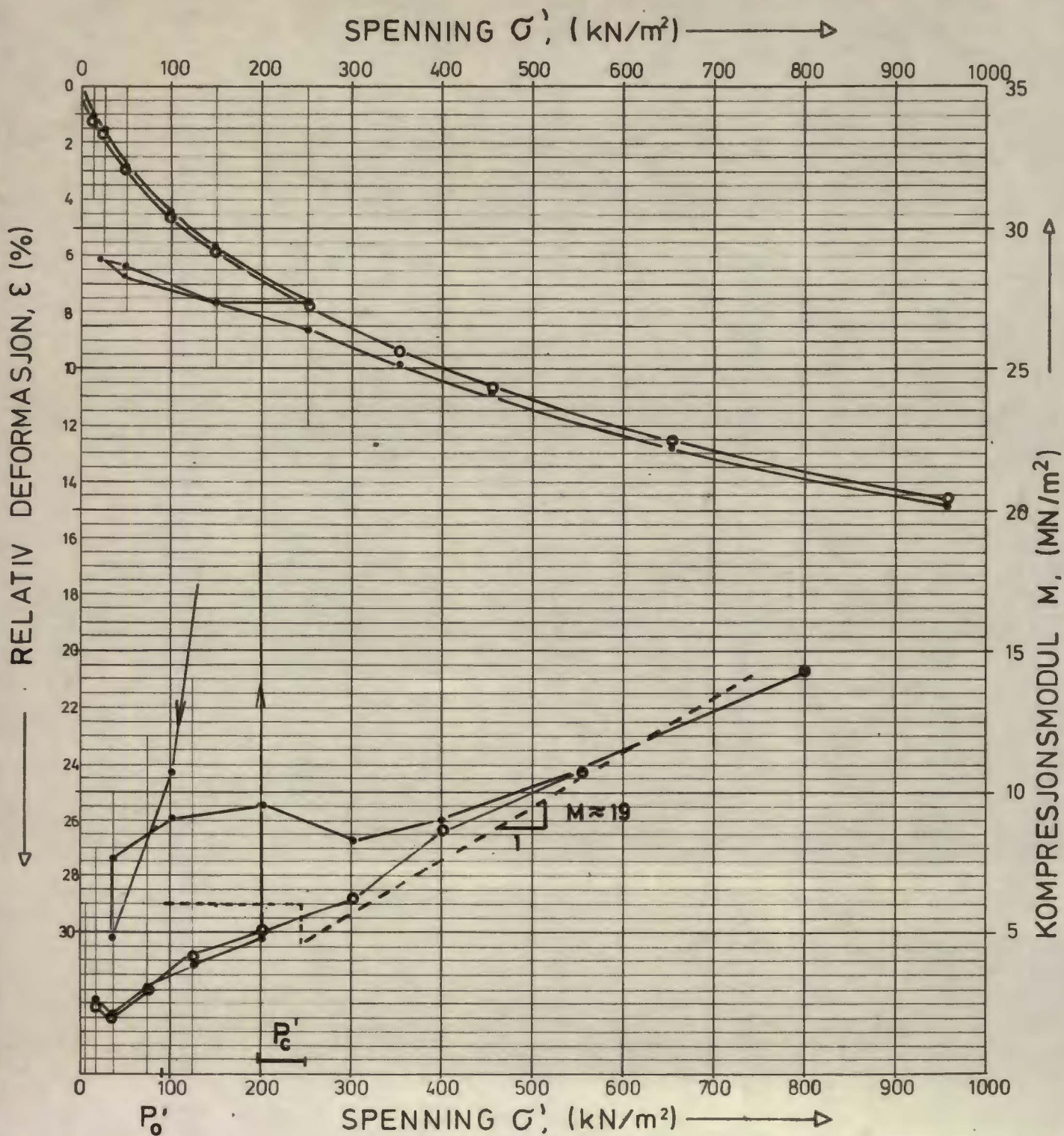
$\sigma' > P_c'$ $M \approx 11 \cdot \sigma'$
 $\sigma' < P_c'$ $M \approx 10 \text{ MN/m}^2$
 - - - - - idealisert kurve

GRORUD VARMESENTRAL

Ödometerforsök

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

R 1824
Bilag 3
Dato nov 82



HULL NR.:	LAB. NR.:	DYBDE (m)	p_0 (kN/m ²)	p_c (kN/m ²)	OCR	JORDART	ANM.
5	1824-9	8,1-8,2	~ 90	200-250	2,2-2,8	Middels fast leire	• Prøve 1
-"-	- "-	- "-	-"-	-"-	-"-	- "-	o Prøve 2

$\sigma' > P_c' : M \approx 14 \cdot \sigma'$

$\sigma' < P_c' : M \approx 6 \text{ MN/m}^2$

----- idealisert kurve

GRORUD VARMESENTRAL

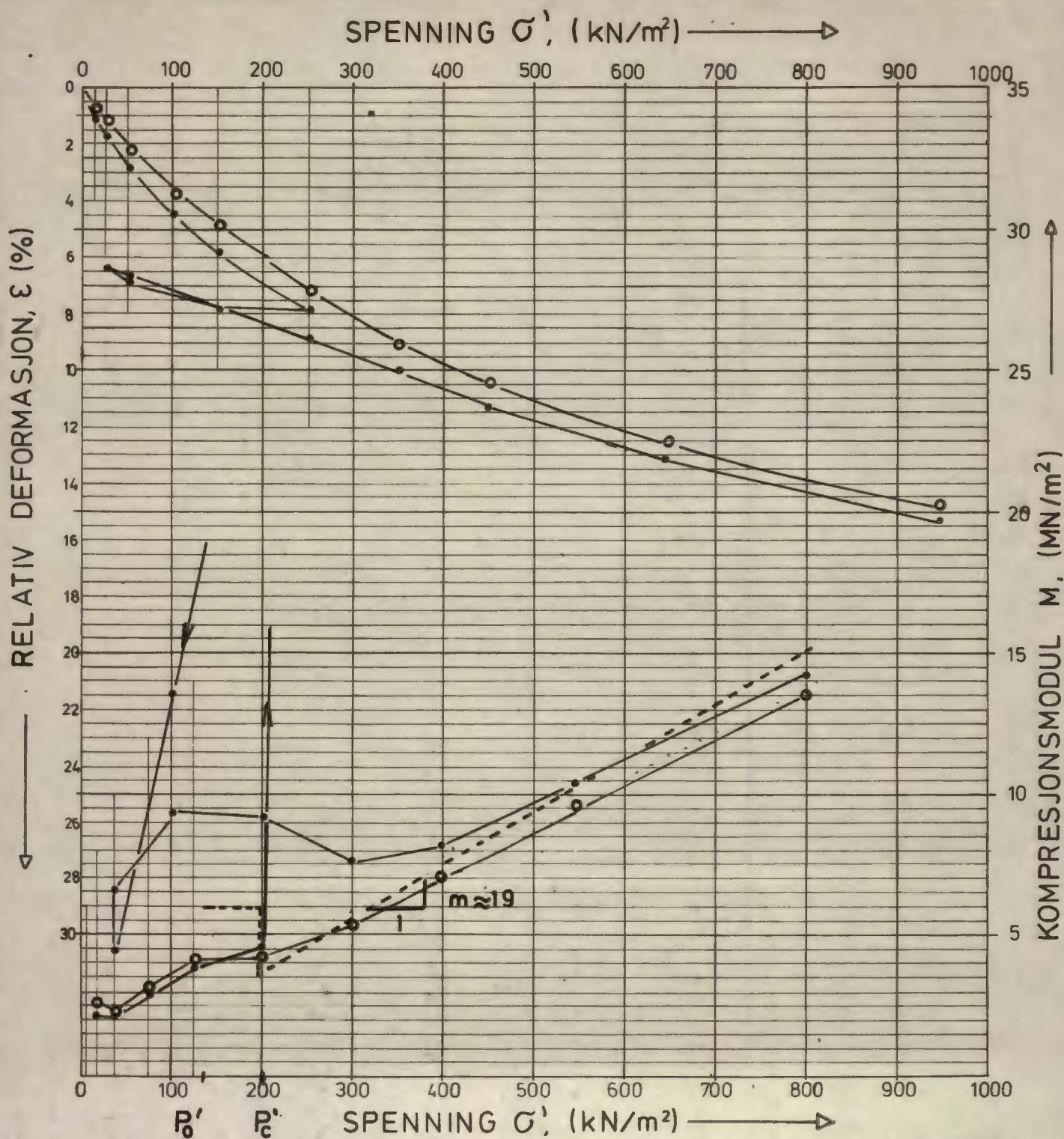
Ödometerforsök

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

R 1824

Bilag 4

Dato nov 82



HULL NR.:	LAB. NR.:	DYBDE (m)	p_0' (kN/m^2)	p_c' (kN/m^2)	OCR	JORDART	ANM.
5	1824-14	13.3 13.4	~ 135	~ 200	$\sim 1,5$	Blöt/mid. fast leire	• Pröve 1
— " —	— " —	— " —	— " —	— " —	— " —	— " —	o Pröve 2

$$\sigma' > p_c' : M \approx 15 \cdot \sigma'$$

$$\sigma' < p_c' : M \approx 5 \text{ MN/m}^2$$

----- idealisert kurve

GRORUD VARMESENTRAL

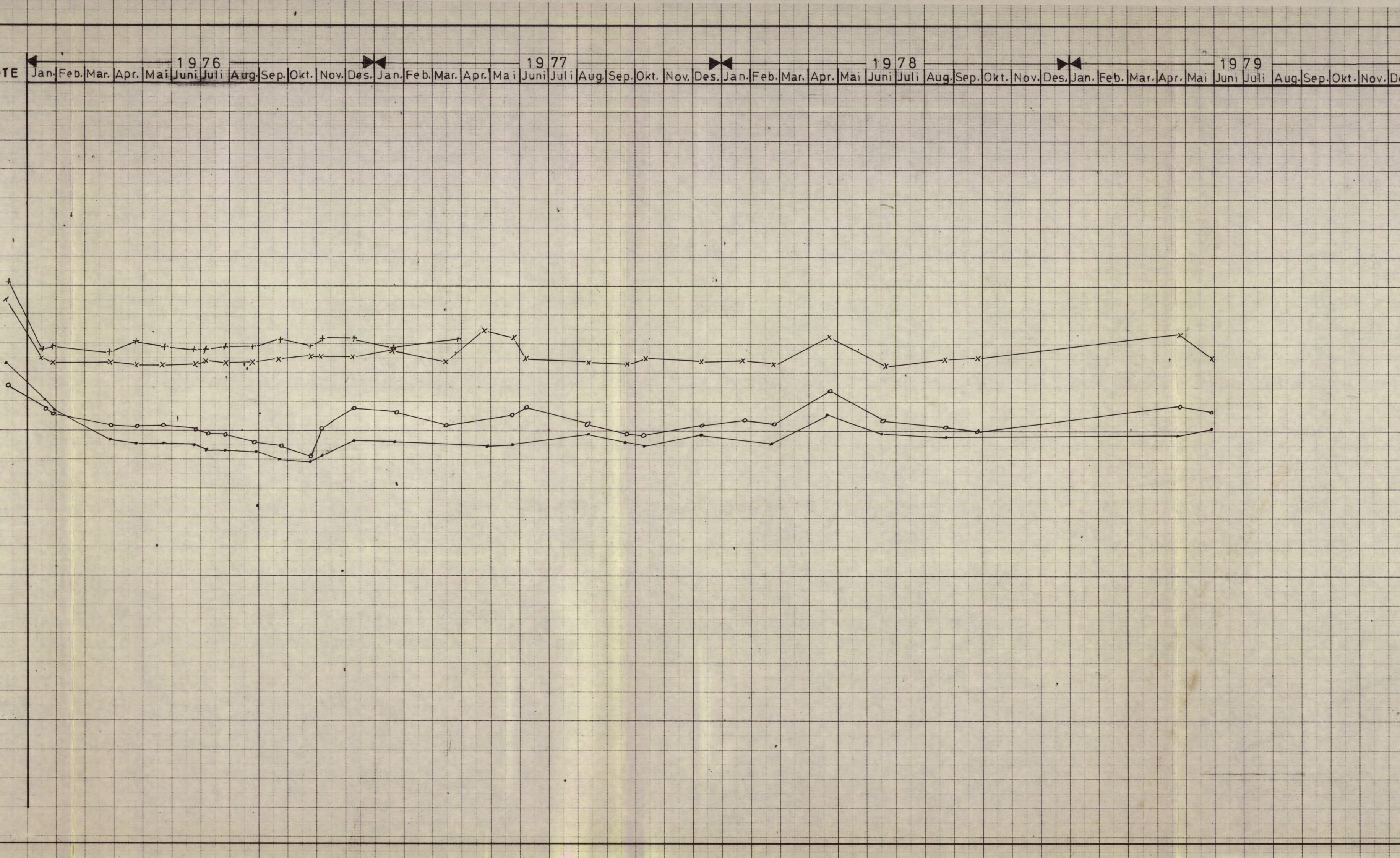
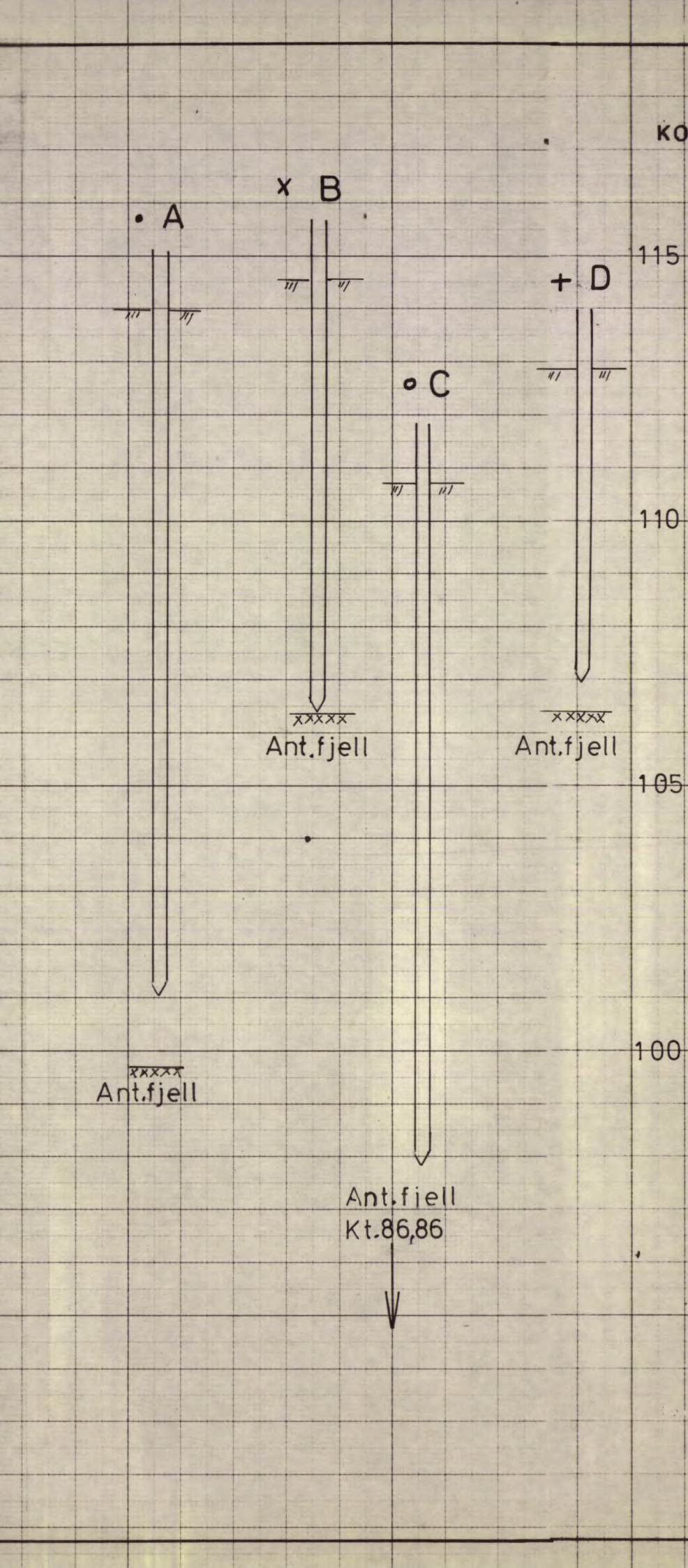
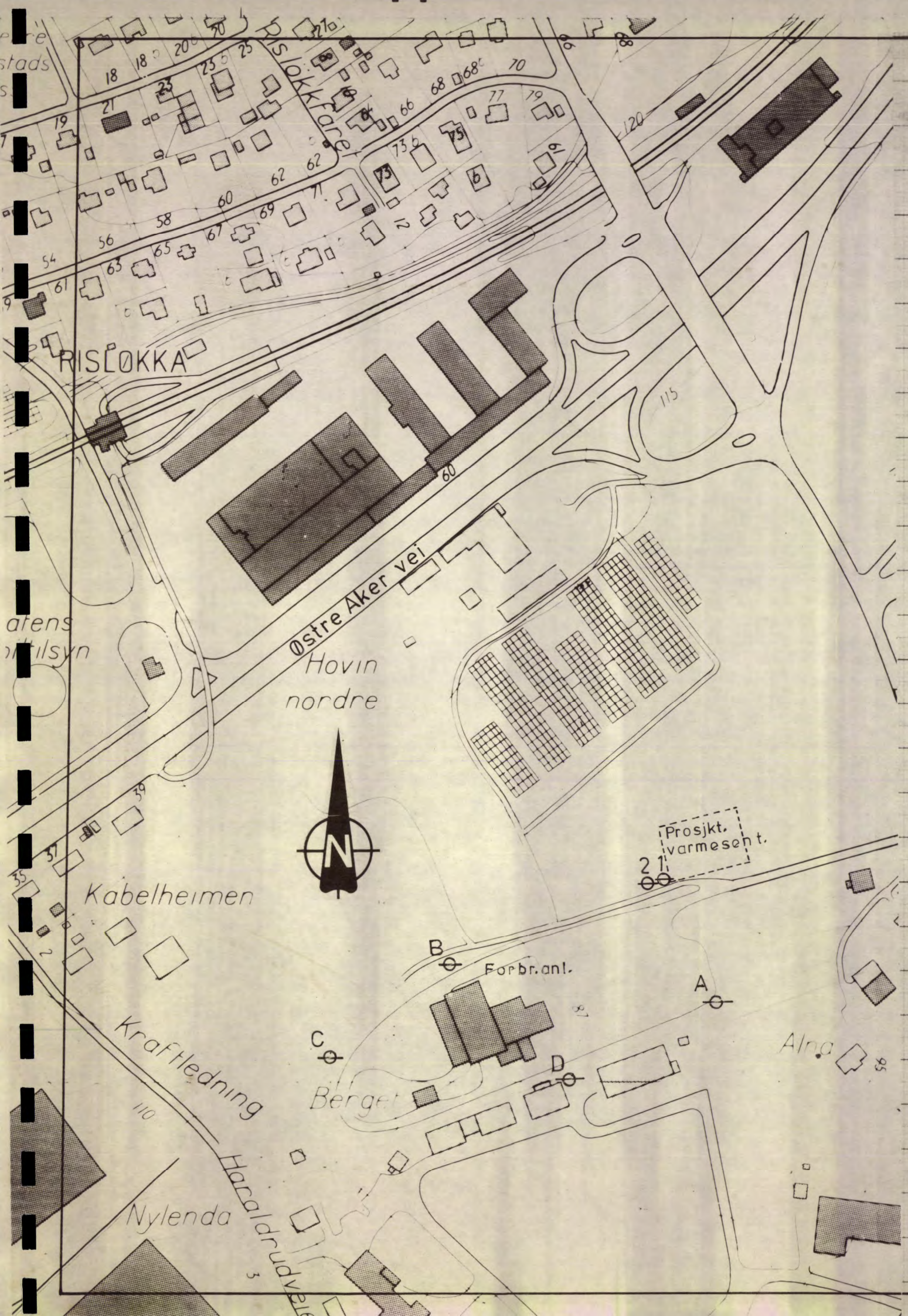
Ödometerforsök

OSLO KOMMUNE
Geoteknisk kontor

R 1824

Bilag 5

Dato nov 82



**GRORUD VARME-
SENTRAL**
 PORETRYKKS MÅLINGER
 V/HARALDRUD FORBRENN-
 INGSANLEGG

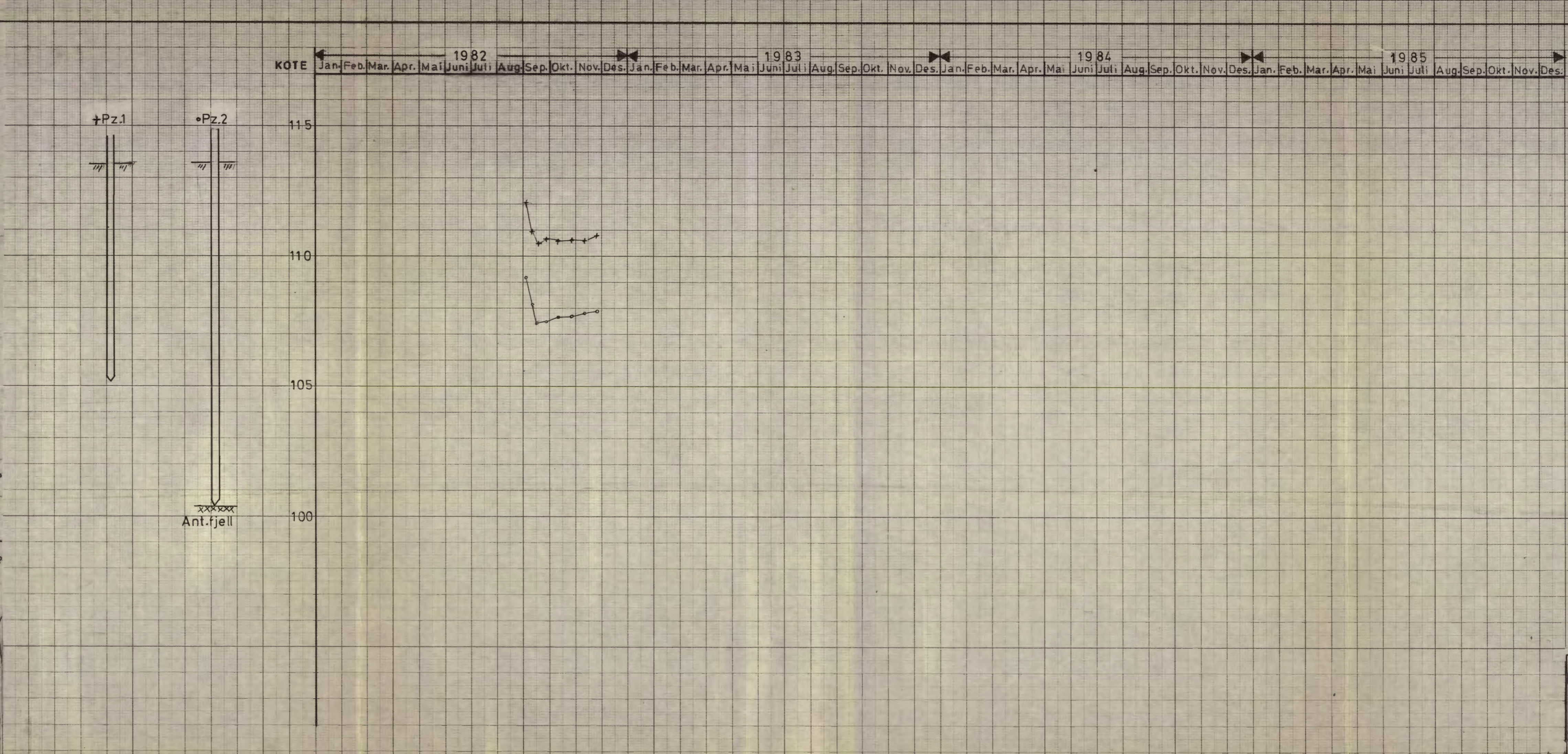
OSLO KOMMUNE
 Geoteknisk kontor

Målestokk
 1:2500
 1:100

R 1824
 Bilag 6

Dato Nov.82

Kart ref. N.O. H4



GRORUD VARME - SENTRAL
 PORETRYKKS MÅLINGER
 Pz. 1 og 2

OSLO KOMMUNE
 Geoteknisk kontor

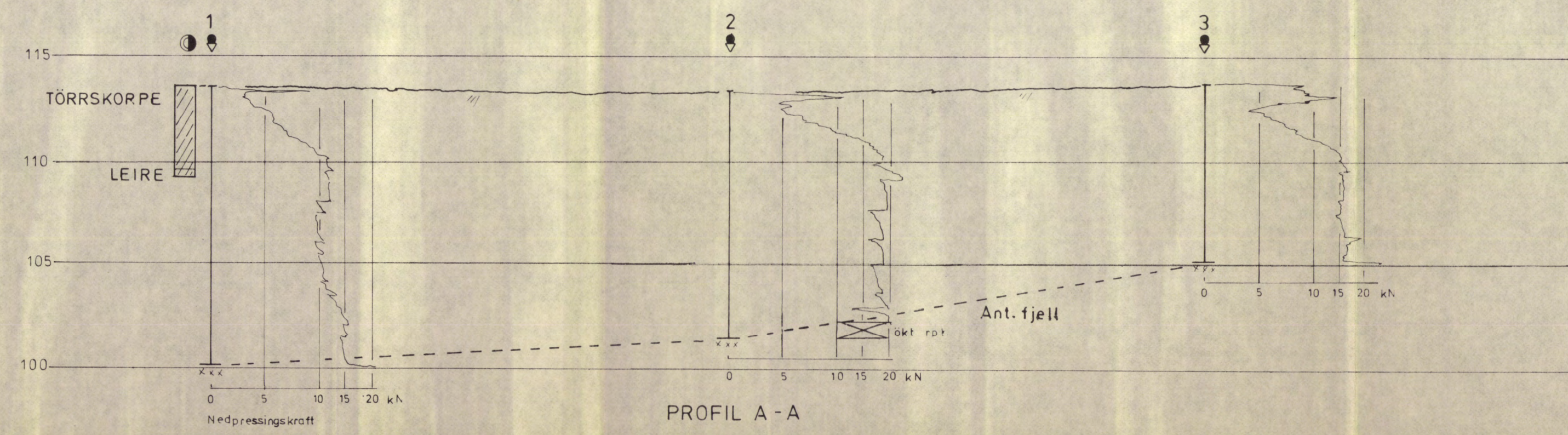
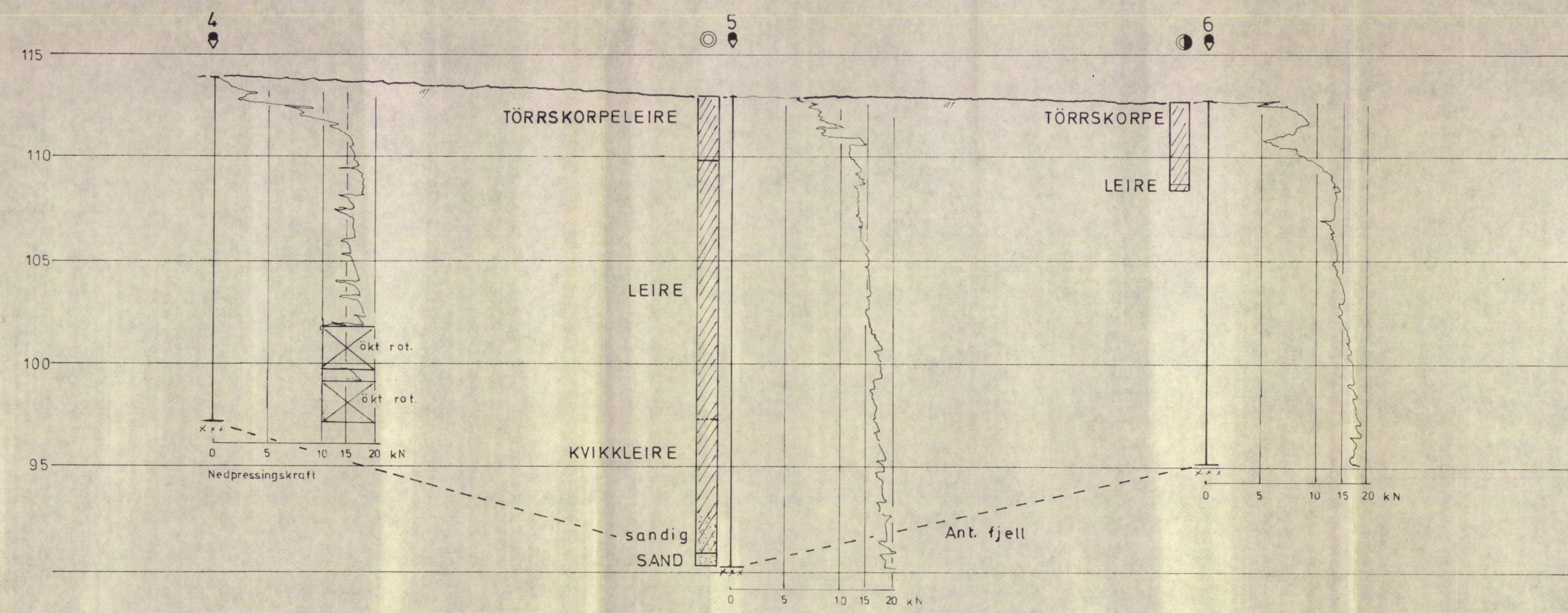
Målestokk
 1:1000
 1:100

R 1824
 Bilag 7

Dato

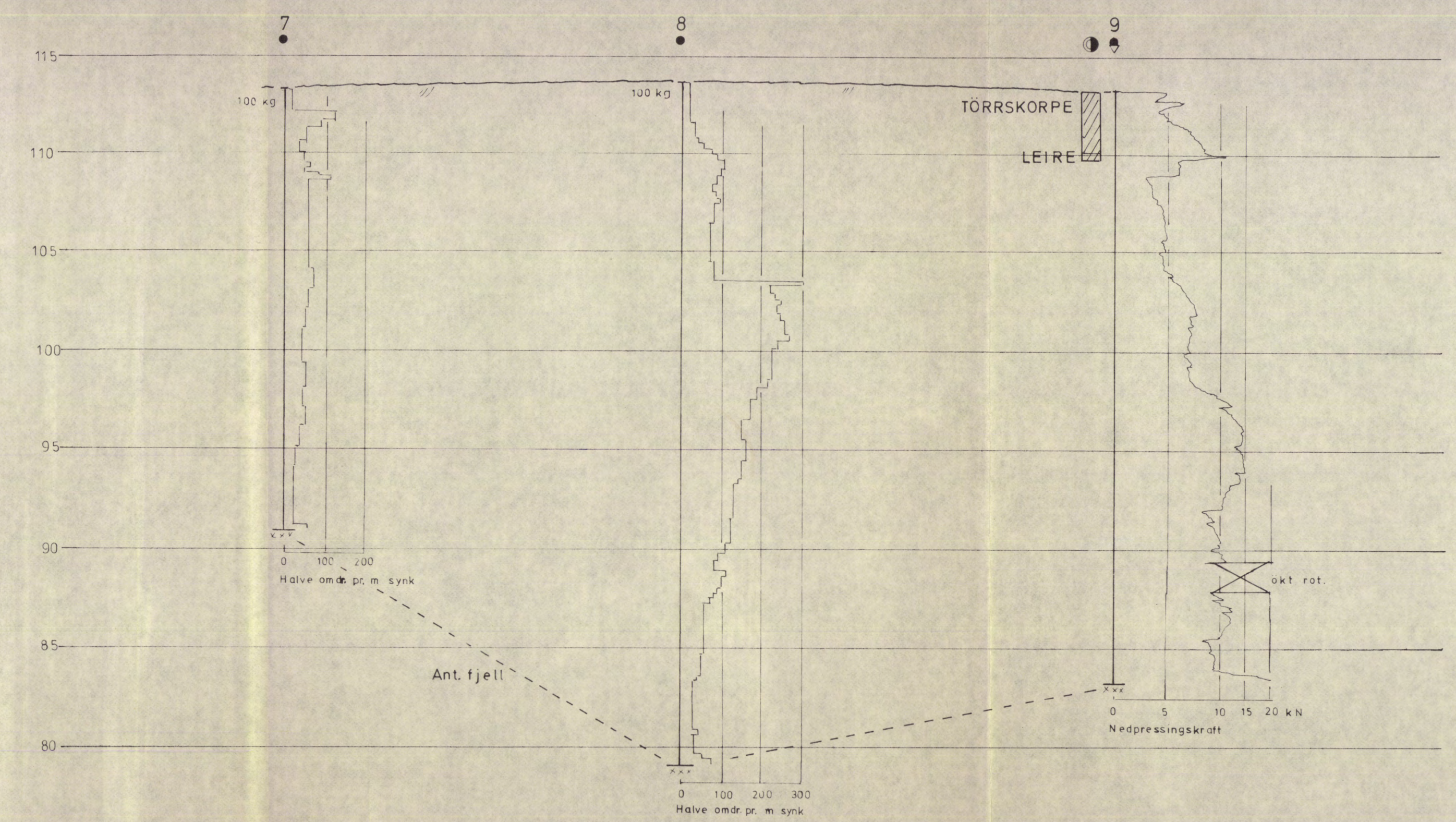
Kart ref. NO, H-4

PROFIL B-B



PROFIL A-A

PROFIL C-C



GRORUD VARMESENTRAL	Målestokk 1:200
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor	R.1824 Bilag 8 Dato nov 82

Profilen

Kart ref.



- TEGNFORKLARING:**
- Terrengkote
 - Antfjellkote
 - ~ Ikke boret til fjell
 - ▲ Fjell i dagen
 - Enkel sondering
 - Dreiesondering
 - + Vingebooring
 - ⊙ Prøvetaking
 - ⊙ Prøvetaking med skovibor
 - ☆ Fjellkontrollbooring
 - ◆ Dreie- trykksondering
 - ⊖ Poretrykksmåling

Anmerking: Tidligere boringer er unummerert

GRORUD VARMESENTRAL	Målestokk	Kart ref. NO: H 27
	1:1000	
Situasjons- og boreplan	R- 1824	Dato nov82
	Bilag 9	
OSLO KOMMUNE Geoteknisk kontor		