



**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT**

**SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE**

**No. 31**

**SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER**

**REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS**

**Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute**

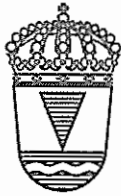
**Nordiskt sonderingsmöte i Stockholm  
den 5—6 oktober 1967**

**Föredrag och diskussioner**

**I samarbete med Svenska Geotekniska Föreningen**

**STOCKHOLM 1969**





**STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT**

**SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE**

**No. 31**

**SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER**

**REPRINTS AND PRELIMINARY REPORTS**

**Supplement to the "Proceedings" and "Meddelanden" of the Institute**

**Nordiskt sonderingsmöte i Stockholm  
den 5—6 oktober 1967**

**Föredrag och diskussioner**

**I samarbete med Svenska Geotekniska Föreningen**

**STOCKHOLM 1969**

## INTRODUKTION

Föreliggande publikation är en sammanställning av de föredrag och diskussioner, som hölls vid det nordiska sonderingsmötet i Stockholm den 5-6 oktober 1967. Mötet tillkom på initiativ av Svenska Geotekniska Föreningen. I publikationen redovisas erfarenheter från praktiskt arbete med sondering och utvärdering av sonderingsresultat.

Inlämnade koncept över förberedda anföranden återges i sin helhet med figurer. I vissa fall har figurer utelämnats då de ej bedömts erforderliga för förståelse av textens innehåll och ej varit direkt reproducerbara. Diskussionerna redovisas i form av avkortade referat utom i de fall koncept för diskussionsinläggen inlämnats, vilka då återges i sin helhet med eventuella figurer. Någon stilistisk behandling av det ingående materialet har ej gjorts.

Bearbetning och sammanställning har utförts av mötets sekreterare, civilingenjörerna Ulf Bergdahl, Statens Geotekniska Institut, och Jan Wennerstrand, Institutionen för Geoteknik vid Kungliga Tekniska Högskolan.

Svenska Geotekniska Föreningen framför härmed sitt tack till de olika författarna och talarna för värdefulla bidrag samt till de övriga nordiska geotekniska föreningarna för det intresse som visats sonderingsmötet. Föreningen vill även tacka Statens Geotekniska Institut för välvillig medverkan vid utgivandet av rapporten i sin publikationsserie.

Stockholm i april 1969

SVENSKA GEOTEKNISKA FÖRENINGEN

## FÖRORD

I Statens Geotekniska Instituts forskningsprogram ingår utveckling av sonderingsmetoder som en viktig del. I anslutning härtill samarbetar institutet med Svenska Geotekniska Föreningen och dess sonderingskommitté.

För att erhålla en översikt över pågående arbeten i Skandinavien beträffande sondering anordnades den 5-6 oktober 1967 ett nordiskt sonderingsmöte i Stockholm. I avsikt att ge de vid mötet framlagda forskningsresultaten största möjliga spridning har det ansetts lämpligt att redovisa dem i institutets föreliggande publikationsserie.

Viss del av tryckningskostnaderna har bestridits av Geotekniska föreningen.

Stockholm i april 1969

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

## INNEHÅLL

<u>HÄLSNINGSANFÖRANDE</u>	1
SEKTION I. <u>ALLMÄNT OM SONDERING</u>	
1. Sonderingsmetoder i Sverige. E. Sandegren	5
2. Sonderingsmetoder i Danmark. Å. Hansen	13
3. Finska sonderingskommitténs arbete. E. Järviö	14
4. Sonderingsmetoder i Norge. G. Aas	19
Diskussion	25
SEKTION II. <u>VIKTSONDERING</u>	
1. Erfaringer vedrørende sondeboret i Danmark. C.T. Winkel	35
2. Finska sonderingskommitténs rekommendationer för viktsonderingsstandard. A. Natukka	39
3. Norske erfaringer av dreiesondering. H. Hartmark	45
4. Resultat av försök med viktsond. U. Bergdahl	51
Diskussion	83
SEKTION III. <u>STATISK SONDERING</u>	
1. Trycksondering i Norge. A. Andresen	91
2. Trycksondering i Sverige. T. Kallstenius	99
Diskussion	117
SEKTION IV. <u>DYNAMISK SONDERING</u>	
1. Dynamisk sondering i Norge. N. Rygg	131
2. Dynamisk sondering i Sverige. R. Lundström	137
3. Dynamisk sondering i Danmark. F. Fjellerup	139
4. Hejarsondering i Finland. T. Hailikari	141
5. Hejarsonden vid grundundersökningar. R. Hiltunen	145
6. Försök med hejar- och motorslagssondering. L. Hellman	161
7. Beräkning av plattors och pålars bärighet ur Standard Penetration Test. B. Broms	173
Diskussion	181
SEKTION V. <u>DISKUSSION OM ÖKAT NORDISKT SAMARBETE</u>	189
<u>DELTAGARE</u>	195

## HÄLSNINGSANFÖRANDE

Svenska Geotekniska Föreningens ordförande Olof Sahlberg hälsade mötesdeltagarna välkomna. Han talade om sonderingens grundläggande betydelse i samband med all grundundersökning och framhöll likheterna i grundförhållanden och undersökningsmetoder inom Norden. Dessa överensstämmelser har också varit den främsta anledningen till anordnandet av detta nordiska möte. Han hoppades också på ett ökat samarbete över gränserna, inte bara på sonderingsområdet utan inom alla grenar av geotekniken.

Mötets ordförande Bernt Jakobson redogjorde för hur man på förslag av Karl Terzaghi redan på Londonkonferensen 1957 bildade en internationell sonderingskommitté. I Sverige tillsattes 1958 en sonderingskommitté med syfte att standardisera och förbättra befintlig sonderingsutrustning. Inom den svenska kommittén ansåg man det emellertid nödvändigt att före standardisering utföra visst forskningsarbete för klargörande av olika faktorerers inverkan på sonderingsresultatet.

SEKTION I

ALLMÄNT OM SONDERING

Föredrag

SONDERINGSMETODER I SVERIGE

E. Sandegren, Sverige

Mitt anförande kommer såsom programmet anger endast att beröra sonderingsmetoder, som är i bruk i Sverige.

För närvarande används här såväl utrustningar för statisk som dynamisk sondering.

Jag börjar översikten med den äldsta och mest använda utrustningen, nämligen viktsonden. Den utformades av Statens Järnvägars Geotekniska kommission och såväl utrustning som förfaringssättet standardiserades. Standarden finns första gången redovisad i Statens Järnvägars geotekniska meddelande nr 1, som utkom 1917. Svenska Geotekniska Föreningens nuvarande standard ansluter sig beträffande utförandet helt till denna standard, fränsett det att numera antalet vridna halvvarv per 20 cm sjunkning redovisas i stället för sjunkningen per 25 vridna halvvarv. Utrustningen är i stort sett också densamma. Stålkvalitén har ändrats och stängernas diameter ökats först från 19 mm till 20 mm och i sista standarden till 22 mm, varvid stängen även ändrats från massiv till hålad, dels för att reducera viktökningen, dels för att möjliggöra nedföring av mättrådar genom sonden. Sonderingen tillgår på följande sätt. Sonden belastas successivt med vikter, först klämman (vikt 5 kg), sedan 2 st 10 kg vikter och 3 st 25 kg vikter. Totala vikten är således 100 kg och belastningsstegen 5, 15, 25, 50, 75 och 100 kg (sondstängernas vikt medräknas ej). Ytterligare vikter får ej påföras förrän sjunkningen praktiskt taget avstannat. Sedan sonden upphört att sjunka för 100 kg last, fortsätts sonderingen genom vridning, fortfarande med lasten pålagd. Skulle sonden åter sjunka utan vridning, avlastas tills sjunkningen upphör och ny pålastning kan ske med tidigare nämnda laststeg. (Utrustningen visas i fig. 1 a och 1 b.)

I Sverige är följande data för sonden standardiserade

1. Viktsatsen
2. Belastningsstegen
3. Diametern  $\emptyset$  22
4. Skarvtapp M 16 x 2. Gänglängd 52 mm



5. Spetsen (se fig. 2)  $\varnothing$  25 mm, längd 200 mm, vriden 1 varv åt höger på en sträcka av 130 mm. Spetsens diameter 35 mm. Får användas tills den nedslitits till 32 mm. För att kontrollera förslitningen har tolkar ordnats.
6. Tillåten sjunkningshastighet 0,1 - 2,0 m/minut

På senare tid har även aggregat för maskinell vridning konstruerats. Vid användning av dessa aggregat uppstår emellertid en skillnad i antalet vridna varv per 20 cm sjunkning jämfört med manuell vridning. Om detta och andra detaljer rörande denna sonderingsmetod kommer senare att redogöras.

Med metoden kan den relativa hållfastheten hos olika jordlager inom ett undersökningsområde bestämmas. Däremot icke den verkliga hållfastheten. Vidare kan i friktionsjordar ungefärlig packningsgrad fastställas och i grova drag möjligheten för plattgrundläggning fastställas. Redovisningen av sonderingsresultaten utförs enligt Geotekniska Föreningens standardblad 4.

För statisk sondering används numera relativt allmänt i Sverige den så kallade "Chalmers-sonden". Den kan karakteriseras som en förenklad tillämpning av den av Haefeli konstruerade schweiziska sonden (även kallad  $M_E$ -sonden). Utvärderingen av resultatet sker helt empiriskt genom studium av den kurva, som under tryckförsöket erhålls genom en automatisk skrivare.

Trycksonden nedpressas genom kedjemätning och vertikaltrycket registreras automatiskt genom en skrivare på diagrampaper. Vad som registreras är spets + mantelfriktion. Mantelfriktionen kan punktvis bestämmas t ex på varje meter genom att sondstången förskjuts relativt sondspetsen. Detta möjliggörs genom en speciell axialglappkoppling. Kalibrering av den registrerade kurvan kan liksom för  $M_E$ -sonden göras teoretiskt, men blir som för denna vanskelig. En systematisk empirisk utvärdering genom längre tids erfarenhet torde ge bättre underlag för en kalibrering. Ännu har en tillfredsställande dylik icke framkommit. Enligt tillverkaren motsvaras för en spets med  $10 \text{ cm}^2$  yta  $\tau$  i  $t/m^2 = \frac{1}{20}$  av spetsmotståndet i kg. Amplituden 1 cm motsvarar 100 kg. Tillgänglig neddrivningskraft är 1000 kg. Räcker icke detta kan sonden vridas varvid dock hela det teoretiska beräknings-

underlaget bortfaller. Redovisningen sker enligt fig. 3.

Till vänster i figuren ser vi mantalfriktionen bestämd i enstaka punkter. Mellan dessa interpoleras rätlinjigt. Avståndet från denna linje till kurvan för totala neddrivningsmotståndet motsvarar spetsmotståndet. Motståndets variationer ger jordartsmaterialets karaktär. Kohesionsmaterial ger småtandad kurva, friktionsmaterial större amplitud och ett ojämna förlopp och morän ger mycket ojämna kurva och stora amplituder. En vass spets tyder på kontakt med sten. Vid hårda lager erhålls väl så stor amplitud men ingen distinkt spets.

Till denna grupp sonderingsredskap kan även Statens Geotekniska Institutets sonderingsmaskin hänföras. Till denna används 20 mm stänger och en  $\phi$  25 eller 45 mm spets. Vid nedpressningen roterar stängerna men ej spetsen. Spetsmotståndet registreras kontinuerligt och ger en bild av jordens lagring. Detta möjliggörs genom att förhållandet mellan rotationshastigheten och vertikalrörelsen är konstant. Maskinen har hög kapacitet och mycket god nedträngningsförmåga. Ur diagrammen kan enligt uppgift med god noggrannhet urskiljas även tunnna lager av friktionsjord i kohesionsjord.

Den för dynamisk sondering mest använda utrustningen i Sverige är den hejarsond, som tillverkas av AB Borros. Utrustningen visas i fig. 4.

För att kunna åstadkomma en utvärdering av resultaten måste ingående parametrar standardiseras, främst stångdiameter, spetsdimension, hejarvikt och fallhöjd.

Den 23 april 1964 fastställde Svenska Geotekniska Föreningen följande standard.

1. Vikt 63,5 kg (140 lbs)
2. Fallhöjd 600 mm
3. Stång massiv  $\phi$  32 mm
4. Spets Area 15 - 16 cm<sup>2</sup>  
Mantellängd 20 - 160 mm  
Lös spets får användas
5. Slaghastighet  $\leq$  60 slag/minut

Omfattande försök har utförts för att studera inverkan av förändringar på dessa parametrar, såsom kommer att framgå av en senare redogörelse. Resultaten redovisas enligt Svenska Geotekniska Föreningens standardblad 4. Borrosonden kan även kompletteras med en provtagare, varvid störda prover kan tas från önskad nivå.

Med utrustningen kan den relativa hållfastheten hos olika jordarter inom ett undersökningsområde bestämmas. Dessutom kan med nöjaktig noggrannhet ungefärliga medelpållängder fastställas och i gynnsamma fall även exaktare pålstopp (då fast berg nåtts).

För jord-bergsondering används i Sverige ett flertal olika utrustningar, dels lätta bensinmotordrivna slagborrmaskiner t ex Cobra, Pionjär och Wacker, dels tyngre borrmaskiner med speciella borrkronor och ofta luftdrivna samt med kedjematare. För de förra används sondstänger  $\emptyset$  22 eller  $\emptyset$  25 mm. De lätta slagborrmaskinerna används huvudsakligen för bestämning av "fast botten". I övrigt ger de inte mycket upplysningar och kan enligt min åsikt icke ge tillförlitliga uppgifter vare sig om jordlagrens fasthet eller karaktär. För de tyngre utrustningarna används normala bergborrstål. Dyliga utrustningar är ovärderliga för att dels kunna fastställa bergytans läge, dels kunna undersöka bergets kvalitet.

I Sverige har även i vissa fall dynamisk sondering enligt Standard Penetration Test (SPT-metoden) utförts (Statens Geotekniska Institut och ingenjörfirman Orrje & Co). Enär SPT-metoden icke är ett helt standardiserat förfarande och utrustning och utförande kan variera, skall här ej närmare redogöras för denna metod.



Fig. 1a. Manuell viktsondering (ES I:1)



Fig. 1b. Mekaniserad viktsondering (ES I:1)

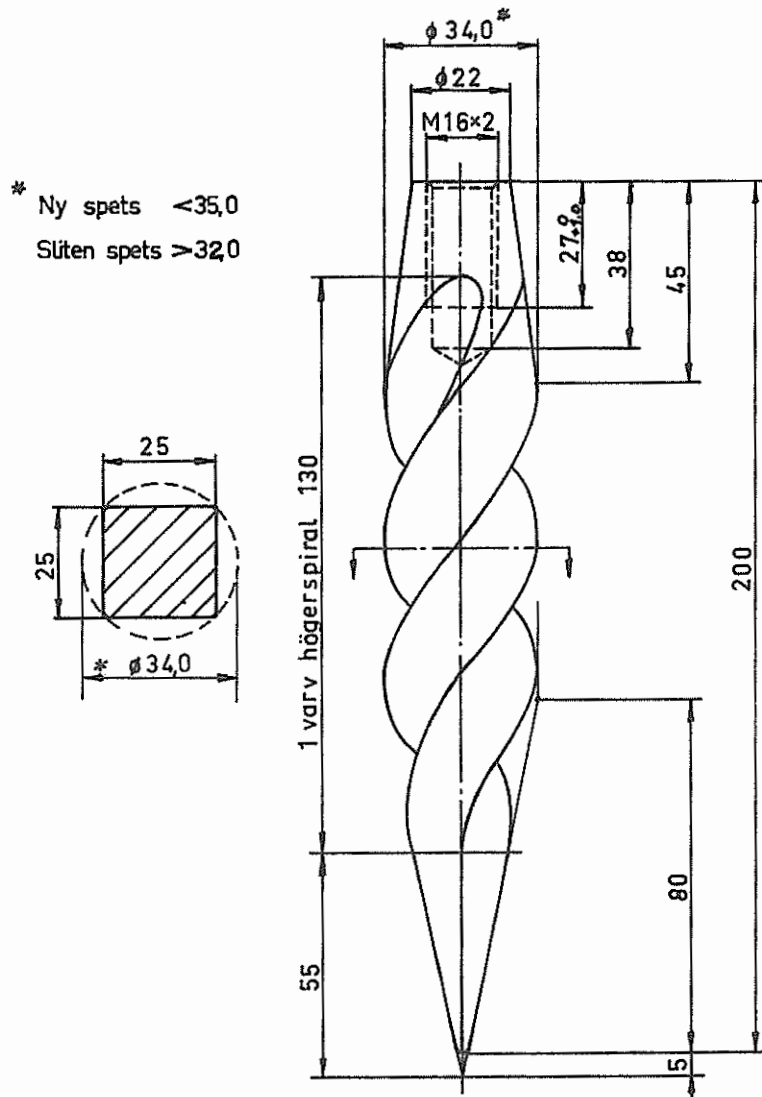


Fig. 2. Svenska Geotekniska Föreningens Sonderingskommittés rekommendation till utförande av sondspets för viktsond (ES I:1)

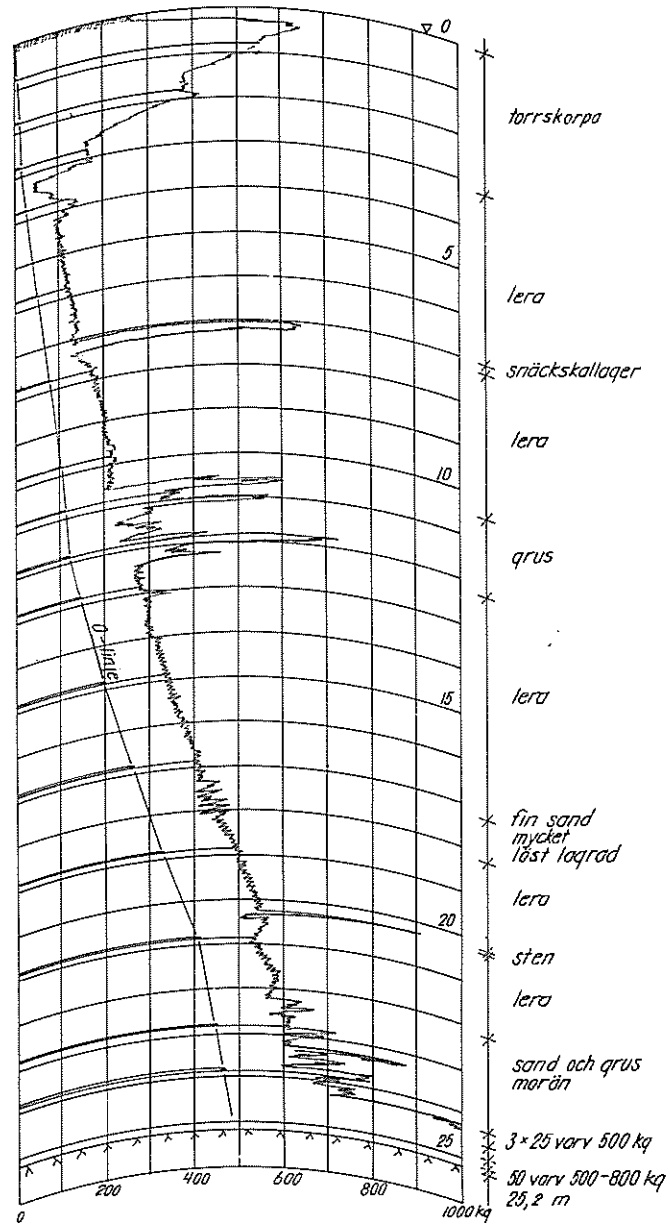


Fig. 3. Tolkning av trycksönderingsdiagram enligt Jonell & Nilsson (ES I:1)





Fig. 4. Hejarborrutrustning enligt Borros AB (ES I:1)

SONDERINGSMETODER I DANMARK

Å. Hansen, Danmark (referat)

I Danmark används huvudsakligen (90-95 %) viktsondering (spitsboring). Vidare används hejarsondering (rammsondering) och i någon mån trycksondering. Sondering används för undersökning av inhomogeniteter i jorden inom ett område, vid förundersökningar för pålning samt för kvalitativ bedömning av lagringstätheten i sand.

Nedslagningsmotståndet för pålar men ej deras bärförmåga kan bedömas på grundval av viktsonderingsresultat. Pällängden bestäms med hjälp av hejarsondering.

I Danmark finns ingen standard för sondering eller sonderingsutrustning.

Beträffande förslitning av viktsondspetsen kan sägas att en slitna spets ger värden på "osäkra sidan" dvs man överskattar jordens fasthet. Jag vill därför föreslå att man som kriterium på en utslitna spets sätter bredden på den slitna kanten i stället för en minsta omskrivande diameter, som den svenska standarden föreskriver. Detta förslag motiveras dels med att bredden på den slitna kanten tycks inverka mer på sondens nedträngning än en ändring av den omskrivande diametern och dels med att krav på en minsta omskrivande diameter medför onödigt stränga tillverkningstoleranser.

I detta sammanhang vill jag också påpeka en allmän erfarenhet från viktsonderingar i homogent lagrad sand. Man har här funnit att sonderingsmotståndet ökar med djupet till en början men förblir senare konstant. Liknande erfarenheter har gjorts beträffande slagning av pålar.

FINSKA SONDERINGSKOMMITTENS ARBETE

E. Järviö, Finland.

Finlands Geotekniska Förenings sonderingskommitté, vars medlemmar nu deltaga i denna nordiska samarbetskommitté, utgör den första ordinarie kommittéen, som den finska Föreningen har grundat. Genast när kommittéen påbörjade sitt arbete för ung. 1 1/2 år sedan, visade det sig nödvändigt, att såsom första arbete kartlägga behovet av och ändamålet med geotekniska undersökningar i samband med projekterandet av olika byggnadstekniska uppdrag. Resultatet av denna kartläggning har i sin preliminära form framförts i de tvenne tabeller av vilka kopior utdelats åt de närvarande.

Tabell I anger i sitt första avsnitt de geologiska och geotekniska förhållanden, som böra utredas i samband med olika byggnadstekniska typuppdrag. I det andra avsnittet av tabellen har anförts de synpunkter beträffande bergytans och jordavlagringarnas form och egenskaper, för vilkas klagörande erfordras särskilda fält- och laboratorieundersökningsmetoder. I tabell II upprepas de sistnämnda i de vågräta raderna medan i de lodräta raderna har anförts de geotekniska metoder, vilka vi använda på fältet. Laboratorieundersökningarna äro nämnda enbart för fullständighetens skull.

Vår sonderingskommitté har koncentrerat sitt arbete endast på de sondborrningsmetoder, vilka särskilt markerats i tabell II. Dessa utgöra samtidigt de sonderingsmetoder, som för närvarande användas i Finland.

För vilka ändamål använda vi då dessa metoder? Av de i tabell II antecknade vita och svarta cirklarna framgår att sondborrningen såsom sådan ej enligt vår uppfattning är tillräcklig för att definitivt utreda de i denna tabell framförda terrängförhållandena eller jordartsegenskaperna, utan det är i de flesta fall nödvändigt, att komplettera sondborrningarna med provtagning och laboratorieundersökning av jordprov. Vi äro synnerligen tacksamma om vi under detta möte äro i tillfälle att taga del av våra nordiska kollegers erfarenheter beträffande sondborrningarnas användbarhet i olika sammanhang.

Då sondborrningar för närvarande utföres i Finland av olika organisationer och inte alltid under skolad geoteknisk kontroll, har vi ansett, att ett av kommittéens skyndsammaste arbete har varit att utarbeta föreskrifter, för fältarbeten vid stick- och slagsondering, viktsondering och hejarsondering. Dessa föreskrifter kommer att publiceras och distribueras inom kort.

Utredningen beträffande tolkningen av sondborrningsresultaten är endast påbörjad inom den finska kommittéen. Under den gångna sommaren har genom kommitténs försorg utförts jämförande borrhningar med manuell och maskindriven viktsondering samt mellan lätt och tung hejarborrning. De jämförande borrhningarna har utförts inom sex till sin geologiska uppbyggnad olika typområden. Borrprofilerna har uppritats på flera olika ritkontor för jämförelse mellan olika uppritningsmetoder. Resultaten har tillsvidare endast behandlats preliminärt, varför vi ej ännu äro i tillfälle att kommentera desamma.



TERRÄNGFÖRHÅLLANDEN OCH EGENSKAPER HOS  
MARKAVLAGRINGARNA SOM BÖR BESTÄMMAS

										TABELL II			
										●	=	allena tillräcklig utredning	
										○	=	delutredning	
										- - -	=	Sonderingskommitténs arbetsområde	
Bergytans läge, approximativt													
Bergytans läge, exakt													
Fasta bottens läge													
Grundvattentyta													
Jordartsgränser													
Jordarter, approximativt													
Jordarter, exakt													
Jordarternas benägenhet för tjälbildning													
Kompressibilitetsegenskaper, approximativt													
Kompressibilitetsegenskaper, exakt													
Hållfasthetsegenskaper, approximativt													
Hållfasthetsegenskaper, exakt													
Permeabilitetsegenskaper													
Svårighetsgrad vid grävning													
Erosionskänslighet													
										UNDERSÖKNINGSMETODER			
													Terrängbesiktning
													Seismisk undersökning
													Stick- och slagsondering, manuell
													Viktsondering
													Slagsondering med tryckluft- el motorhammare
													Hejarsondering
													Trycksondering
													Borrning med foderrör
													Kärnprovborrning (diamant)
													Lindö-borrning
													Provgrop
													Provtagning, störda prov
													Provtagning, ostörda prov
													Vingborrning
													Observationsrör och -brunnar
													Vattengenomsläpplighetsprovning
													Provpumpning
													Belastningsprov med tryckplatta
										LABORATORIEUNDERSÖKNINGAR			
													Visuell besiktning av jordprov
													Klassificeringsbestämning
													Bestämning av tekn. egenskaper



SONDERINGSMETODER I NORGE

G. Aas, Norge

Jeg vil først få nytte anledningen til på vegne av Norsk geoteknisk forening å takke for det initiativ som er tatt av Svenska Geotekniska Föreningens sonderingskommitté til å få istand dette møtet. Jeg tror det kan være meget verdifullt å komme sammen slik og utveksle erfaringer innen en begrenset del av vårt fagområde, og jeg vil uttrykke håpet om at dette møtet bare er innledningen til et bredere inter-nordisk samarbeide når det gjelder bestrebelsene på å få en mest mulig ensartet utførelse og tolkning av geotekniske undersøkelser i de 4 land.

Jeg synes det er rimelig at dette samarbeidet har startet med sonderboringene, både med henblikk på at sonderinger utgjør en betydelig del, kanskje over 50 %, av alt borearbeide som utføres, og fordi det, hva angår tolkningen av resultatene, hersker en viss usikkerhet som imidlertid burde kunne begrenses noe.

For eksempel gjelder for sonderingsutstyret mer enn for noe annet utstyr at man på grunn av varianter innen en og samme type utrustning kan få uensartede resultater selv under de samme grunnforhold. Som eksempel kan nevnes at man i Norge utfører ramsondering eller hejarboringer med forskjellig type spisser og også uten spiss. Ved trykksonderingen anvendes spisser med forskjellig lengde. Ved dreieboringer eller vektsonderinger benyttes spisser med forskjellig grad av slitasje. Dessuten stenger med forskjellig diameter. Disse forhold gjør det naturligvis vanskelig å opparbeide et erfaringsmateriale som man i det enkelte tilfelle kan sammenligne resultatene med.

Rent bortsett fra dette med variasjoner i borutstyret har man andre problemer ved tolkning av sonderingsresultatene. Jeg tenker da på dette å vite virkelig hva man måler, er det forholdene ved spissen eller langs borstangen som bestemmer neddrivningsmotstanden? I hvilken utstrekning er den verdi man måler influert av f.eks. et fast topplag eller en stein? Jeg må si rent personlig at den tanke har slått meg at det kanskje ikke alltid er den absolutte verdi man måler som sier så mye om grunnens be-

skaffenhet, men kanskje heller økningen respektive reduksjonen av motstanden med dybden. Jeg vil i denna forbindelse som et eksempel nevne at om man dreieborer gjennom fastere masser og ned i len kvikkleire så kan man få de forskjelligste verdier for neddrivningsmotstanden i tilsynelatende ensartet kvikkleire. Typisk er imidlertid at når man når kvikkleiren blir motstanden konstant eller avtagende med dybden.

Med disse bemerkninger om endel utsikkerheter vedrørende sonderingsresultatene som bakgrunn skal jeg gå over til å si litt om hvilke sonderingstyper som benyttes i Norge, og hva de anvendes til.

Man kan trygt si at dreiesonden uten sammenligning er den sonderingsmetode som benyttes mest i Norge. Dette kommer nok delvis av at det er et enkelt og lett utstyr, dessuten av at det egner seg relativt godt for alle slags grunnforhold bare det ikke er alt for faste masser. Antallet av motoriserte dreiebor øker, selv om nok de aller fleste boringer enda foretas manuelt.

De vanligste sonderingsmetoder i Norge ved siden av dreiesonderinger er hejarboringer samt slagsonderinger med motordrevet støtbormaskin, f.eks. Pionjär eller Cobra. Det er også et lite antall bergboremaskiner montert på vogn som stadig er engesjert i grunnboringer. Videre brukes endel spyleboringer for bestemmelser av fjelldybder. Trykksonderinger utføres relativt sjelden og det er kun 2-3 firmaer, som har utstyr for dette. Standard Penetration Tests utføres i Norge bare av Veglaboratoriet.

Det skal nevnes at Veglaboratoriet og NGI i fellesskap har utviklet et nytt maskinelt sonderingsutstyr påmontert en traktor. Dette vil Andresen komme mer inn på i morgen under omtalen av statistisk sondering.

Jeg vil i parentes bemerke at jeg i denne redegjørelse har sett bort fra boringer som korrosjonssondering og vingeboring.

Hvilken sonderingstype man velger for en bestemt jobb vil avhenge av grunnforholdene og problemets art. I leire vil man nesten alltid bruke dreieboret både for en generell kartlegging av fastere og bløttere lag eller soner og for bestemmelse av fjellets beliggenhet. I de tilfeller

man er mindre interessert i løsavsetningens beskaffenhet og oppgaven kun går ut på å kartlegge fjellets overflate benyttes tildels spyleboring, men nå mer og mer slagsonderinger med motordrevet støtbormaskin. I de tilfeller hvor det ligger fastere masser av noen mektighet over fjellet og det er viktig å få en sikker fjellbestemmelse, er man ofte henvist til å benytte en bergbormaskin eller eventuell kjerneboring.

Når grunnforholdene består av sand er hejarboringen ved siden av dreiesonderingen den mest benyttede sonderingstype, særlig benyttes gjerne hejarboret hvor det er sannsynlig at det blir fundamentering på friksjonspeler eller på peler som rammes gjennom dårligere masser og ned i baeredyktig sand og grus. De som disponerer trykksonderingsutstyr benytter dette, tror jeg, særlig i våre elveavsetninger av sand hvor man f.eks. med henblikk på utbygging med tungindustri er spesielt på jakt etter setningsgivende lag av torv eller leire, eller områder med varierende lagringsfasthet. I finsand og silt utføres også endel sonderinger med henholdsvis spylebor og motordrevet støtbormaskin.

Hvis man skulle si litt om hva man benytter sonderingsresultatene til, tror jeg at jeg kan si at man i Norge vanligvis er svært forsiktige med å slutte for mye om grunnforholdene fra sonderingsresultatene. Generelt regner man at sonderingenes hensikt er å gi et relativt begrep om fastere og bløtere lag å således gi et grunnlag for plassering av representative prøveserier eller vingeboringer. Det er imidlertid noen forhold hvor man direkte benytter resultatene av sonderingene. For det første foretas det svært mye målinger av dybden til fjell som utelukkende baseres på dreiesonderinger, spylesondering, slagsonderinger eller hejarboringer. Videre benyttes sonderinger for bestemmelse av dybden til såkalt fast bunn, dvs. grus eller morene, og f.eks. hejarboret vil også kunne gi et begrep om hvor dypt peler kan rammes ned i disse masser. Endelig skal nevnes at Norsk Teknisk Byggekontroll og Norges Statsbaner, geoteknisk kontor, har forsøkt å utlede en empirisk relasjon mellom bæreevne av trepeler i sand og midlere dreiebormotstand langs pelen, og at det også er gjort det samme med  $Q_0$ -verdien fra hejarboring.

Jeg vil tilslutt nevne at man i Norge nå har fått et foreløpig forslag til retningslinjer for geotekniske undersøkelser som er sendt ut og an-

befalt brukt av foreningen. I dette forslag inngår også retningslinjer for opptegning av sonderingsresultater. Vi håper derfor innen ikke alt for lenge å få ens praksis innen vårt land på dette område. Et eventuelt internordisk samarbeide med det formål å standardisere sonderingsutstyret burde vel kanskje også inkludere en bestrebelse på å få lik oppteigningsmåte i de forskjellige land.

SEKTION I

ALLMÄNT OM SONDERING

Diskussion

## DISKUSSION (referat)

Den första allmänna diskussionen om sondering och sonderingsmetoder gav vid handen att stora svårigheter sammanhänger med bland annat tolkning av sonderingsresultat. Vidare lämnades många erfarenheter om olika sonderingsmetoder och deras användning. Möjligheter till förbättringar anvisades.

Från diskussionen lämnas följande avkortade referat:

A. Hellgren, Sverige. Viktsondering används vanligen för bestämning av kohesionära jordlagars mäktighet samt för bestämning av friktionsjordarters packningsgrad. Viss uppfattning om lerors skjuvhållfasthet kan också erhållas. Tyvärr har man observerat att olika borrhingsledare erhåller skilda resultat om de utför viktsondering på samma plats vid olika tillfällen.

Vid trycksondering, som ofta utförs med högt mekaniserade fordonsburna sonderingsaggregat, erhålles snabbare än med viktsonden en mer detaljerad bild av undergrunden. Det är emellertid svårt att direkt få en "översättning" av trycksonderingsresultat till viktsonderingsresultat.

Hejarsondering har visat sig bra för bestämning av pålstopp för stödpålar. För friktionspålar har i vissa fall mindre god överensstämmelse observerats mellan verklig och bedömd pålstoppsnivå. Även resultaten av hejarsonderingar har visat sig vara i viss mån beroende på vem som utför borrhningen vilket bl.a. medför att metoden är mindre lämplig för bestämning av lagringstätheten hos friktionsmaterial.

Vid sondering med lätta slagborrmaskiner erhålles en stoppnivå, som anger att jorden dit ner är lös eller tämligen lös dvs bergschakt erfordras ej. Någon uppfattning om jordens egenskaper i övrigt erhålles ej.

Jord-bergsondering är en mycket vanlig metod för kontroll av bergets läge och kvalitet. Sedan förmodat berg påträffats utförs bergborring ca 3 m för kontroll att det ej är block som påträffats.



Vid den fortsatta diskussionen frågade B. Jakobson, Sverige vad man ansåg om möjligheterna att bestämma lagringstätheten i friktionsmaterial medelst sondering.

På denna fråga svarade:

G. Aas, Norge. För detta ändamål är trycksonderingsmetoder bäst. Det är dock ej möjligt att här ge några bestämda värden på hur stort sonderingsmotståndet är vid viss lagringstäthet. Bedömning av huruvida plattgrundläggning är möjlig eller ej på heterogena älv sediment görs på grundval av sonderingsresultat för lättare hus och resultat från plattförsök för tyngre hus.

R. Lundström, Sverige. Med anledning av Jakobsons fråga kan anföras att det idag föreligger svårigheter att

- a) bestämma packningsgrad eller relativ lagringstäthet på laboratoriet eftersom något enhetligt provningsförfarande ej finns.
- b) ta upp ostörda jordprover i friktionsjord för bestämning av dess porantal in situ.

Det förefaller således idag svårt att med sondering eller provtagning bestämma jordens relativa lagringstäthet. Möjligen kan ett empiriskt samband mellan sonderingsmotstånd och lagringstäthet uppställas.

T. Kallstenius, Sverige. Det är kanske egentligen inte sandens packningsgrad man önskar bestämma utan egenskaper som friktionsvinkel och E-modul.

Diskussionen fortsatta med vissa jämförelser mellan mekaniserad och manuell sondering. Härvid framhöll herrarna H. Hartmark, Norge och R. Lundström, Sverige betydelsen av de subjektiva informationer som en erfaren borrningsledare kan ge om jordens sammansättning. Med anledning härav anfördes att utvecklingen går mot mer objektiva sonderingsmetoder dvs metoder som är oberoende av vem eller när en sondering utförs. Samtidigt hoppades man att metoderna skulle kunna förfinas så att de kan ge lika goda informationer som en erfaren borrningsledare.

I den fortsatta diskussionen framfördes vissa erfarenheter av de olika sonderingsmetodernas nedträngningsförmåga i skilda material. Bl.a. visade M. Tammerinne, Finland resultat från två jämförande sonderingar med tung och lätt hejarsond (fig. 1 och 2). Man hade funnit att i mycket lös sand (en vindavlagring) erhöles nästan samma neddrivningsmotstånd (antal slag) för de båda hejarsonderingsmetoderna ned till ett fastare bottenlager. I en fast avlagring med silt däremot hade den lätta hejarsonden mycket liten nedträngningsförmåga. Detta skulle enligt ing. Tammerinne innebära att det är svårt att tolka resultaten från lätt hejarsondering och att användningsområdet för denna metod är ganska begränsat.

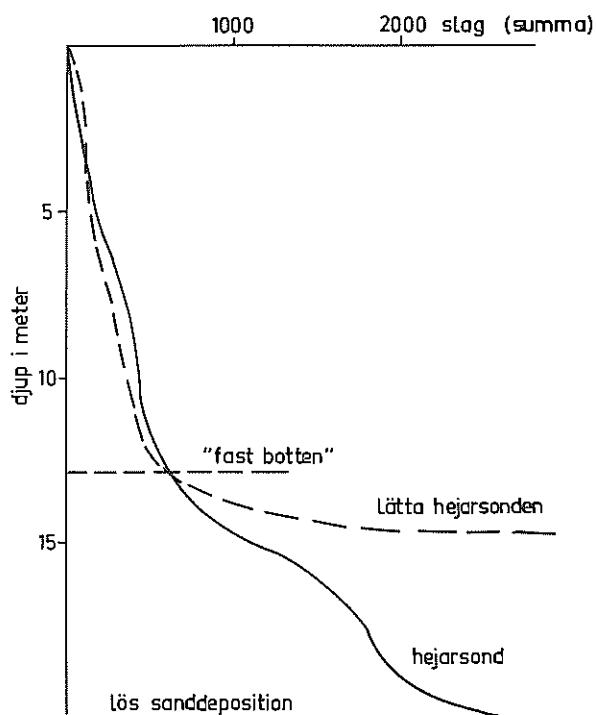


Fig. 1. Tung och lätt hejarsondering i lös sandavlagring (MT I:Disk.)

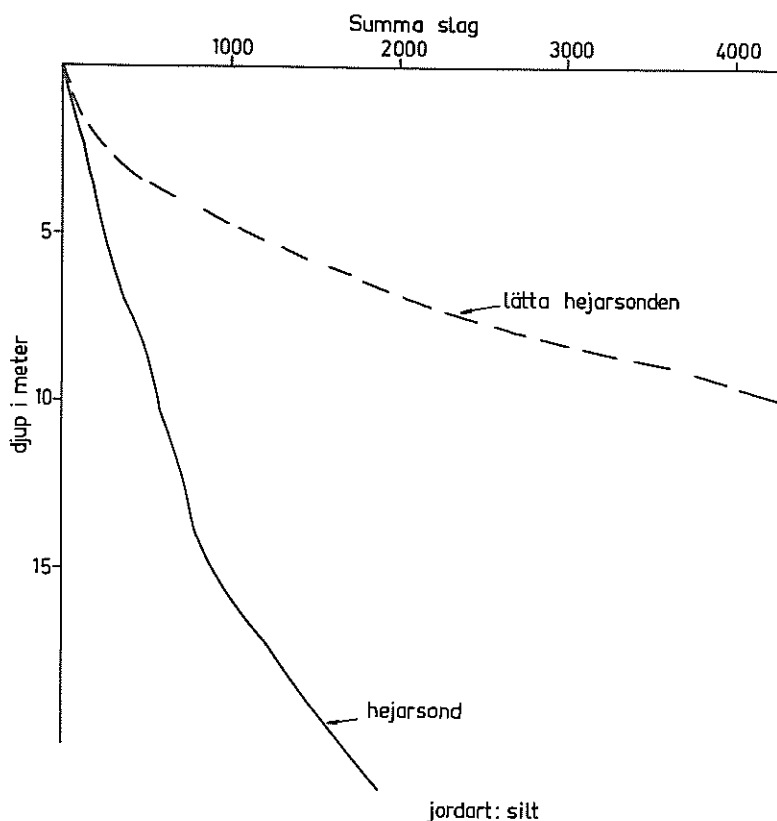


Fig. 2. Tung och lätt hejarsondering i silt (MT I:Disk.)

Härefter gjorde T. Kallstenius, Sverige följande inlägg angående borrhningsmetodernas effektivitet och belyste problemställningen med tre figurer: Relationstalen mellan olika sonderingsmetoder är någorlunda konstanta när sjunkningen är stor men vid alltför lätta borrhmetoder bryts relationerna. Fig. 1-2 visar resultatet av sonderingar och provpålningar på svenska västkusten. Fig. 3 visar att skillnaden mellan resultaten från lätt respektive tung borrhning kan vara liten, vilket beror på att sjunkningen kan vara beroende av andra faktorer än slagenergi, t.ex. verk- ningsgrad och spolning.

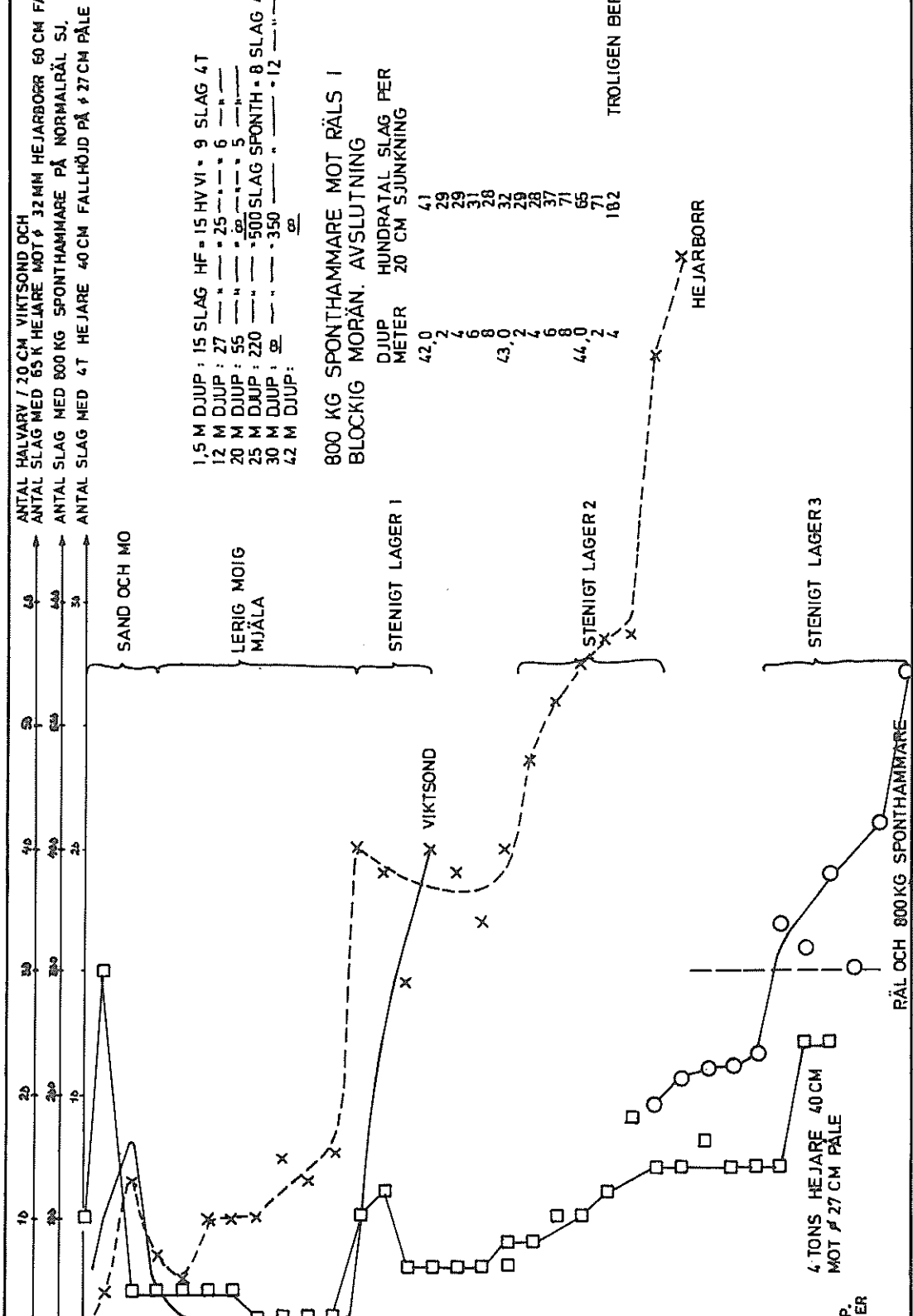


Fig. 1. Jämförelse mellan olika sonderingsmetoder kv. Koljan Halmstad (TK I:Disk.)

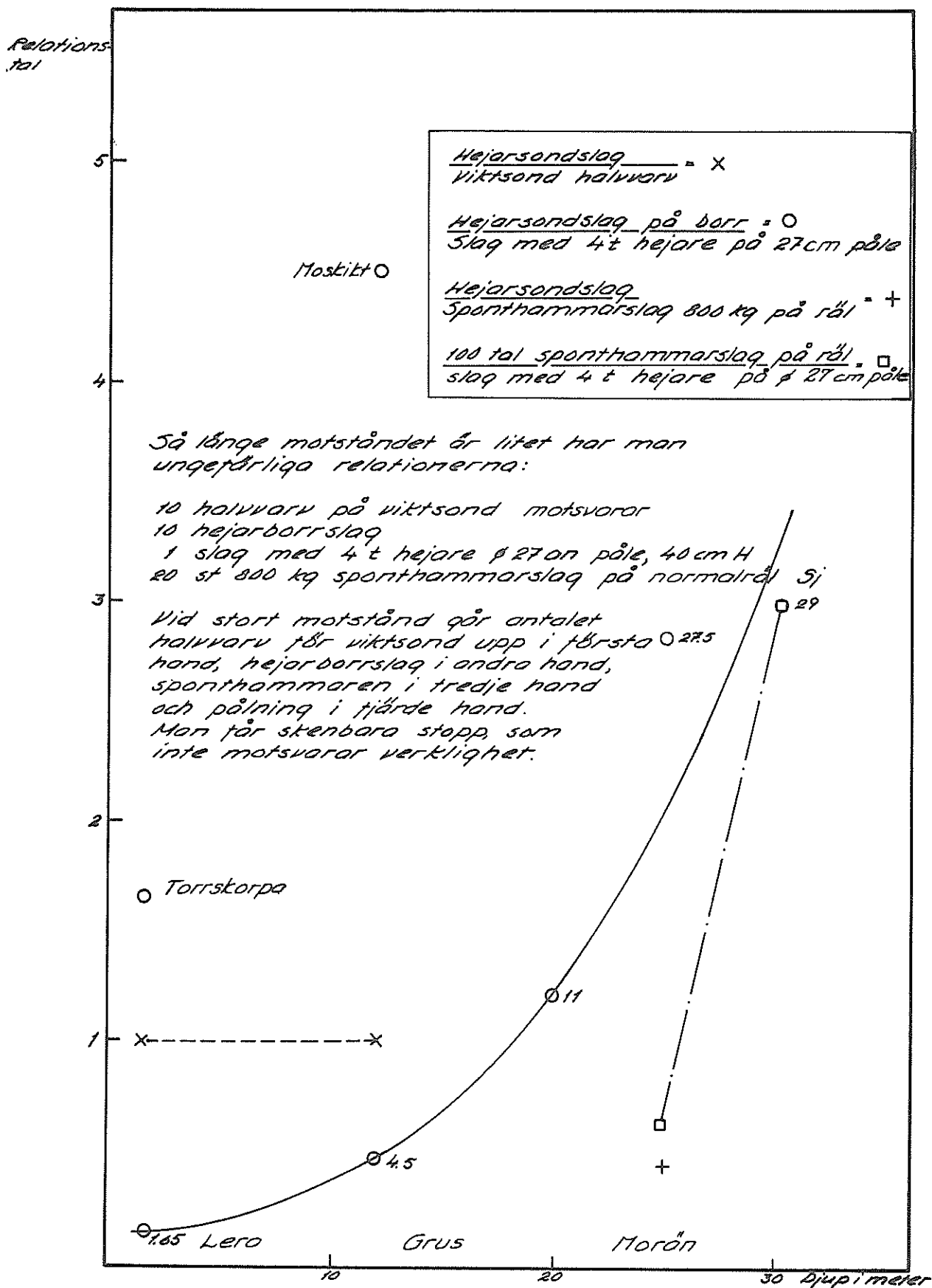


Fig. 2. Relationer mellan olika neddrivningssätt kv. Koljan Halmstad (TK I:Disk.)

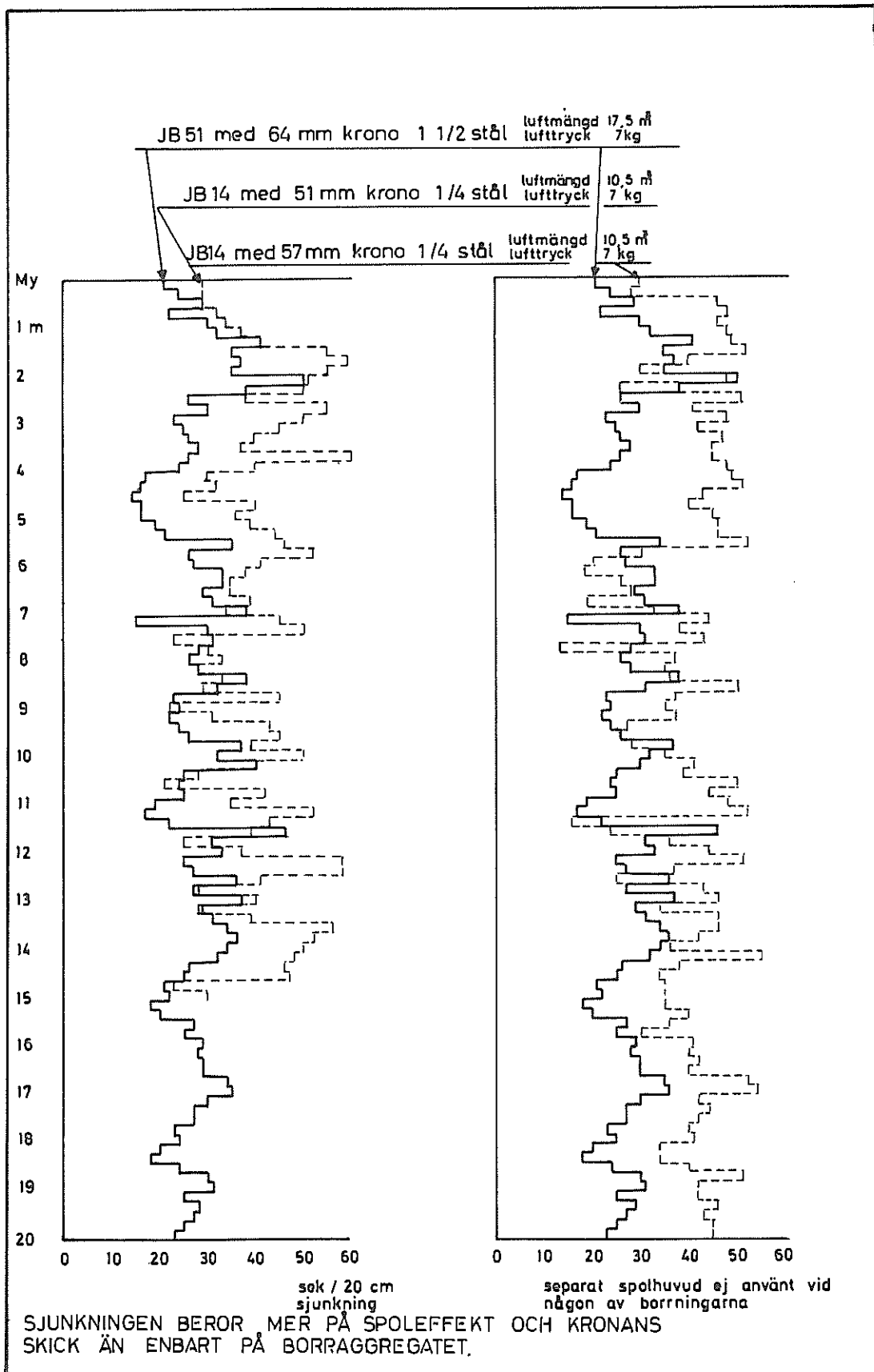


Fig. 3. Relationstal vid borrning i granit med lätt och medeltung jord-bergborr, Stockholm (TK I:Disk.)

SEKTION II

VIKTSONDERING

Föredrag

ERFARINGER VEDRØRENDE SONDEBORET I DANMARK

C.T. Winkel, Danmark

Metod, udrustning och erfarenheter - står der som overskrift over denne del af vort nordiske sonderingsmøde.

Men er det mon nødvendigt i denne forsamling at diskutere de to første punkter: metode og udrustning? Metoden blev jo allerede fastlagt i det skelsættende "Slutbetänkande" af 1922 og er vel næppe i princippet senere blevet ændret, og den seneste udvikling på udrustningens område har vi netop haft lejlighed til at studere.

Derimod vil det være yderst nyttigt ved denne lejlighed at udveksle erfaringer vedr. brugen af sondeboret, idet jo dette enkle, billige og hurtige hjælpemiddel som bekendt kan føre til ganske fejlagtige konklusioner, såfremt resultaterne tydes af en med hensyn til sondeboret uerfaren ingeniør. Hvad mine egne erfaringer angår, er de baserede på mere end 34 års næsten daglig kontakt med nye boreprogrammer.

Da jeg i 1933 begyndte mit arbejde som piloteringsentreprenør, kendte man i realiteten ingen anden metode til bestemmelse af nødvendige pælelængder end ramning af prøvepæle.

Efter et grundligt studium af "Slutbetänkandet" - den tids næsten eneste geotekniske litteratur - anskaffede jeg et sæt sondebore fra Sverige, og en del boringer i nærheden af allerede rammede pæle overbeviste mig hurtigt om, at det i langt de fleste tilfælde ville være muligt på forhånd at bestemme den sandsynlige pælelængde - hvilket den gang var af særlig stor betydning, idet man ikke kunne købe færdigstøbte pæle fra lager, men måtte støbe dem for hver enkelt arbejdsplads.

I Sverige havde vægtsonden hovedsageligt været anvendt til boringer i homogent, meget blødt, postglacialt ler, oftest underlejret af fjeld eller meget fast moraene, og der havde derfor ikke været noget behov for at fremstille boreresultaterne i form af diagrammer, der angiver boremodstandens variation med dybden. Jeg indså hurtigt, at det ved



sondeboringer i vore langt mere heterogene danske jordarter ville være nødvendigt at optegne boreresultaterne i diagramform på en sådan måde, at boremodstandens variationer direkte kunne aflæses, og jeg besluttede mig til som abscisse i diagrammerne at vælge "antal halve omdrejninger pr. 20 cm's synkning, 100 kg belastning" (fig. 1). Denne fremstillingsform anvendes nu såvidt jeg ved overalt i Danmark. Er der egentlig noget ivejen for, at den også kan bruges i Finland, Norge og Sverige?

Vi starter normalt vore sondeboringer med fuld belastning, 100 kg - og interesserer os ikke for, hvor langt boret synker uden omdrejninger under 25, 50 og 75 kg's last.

Sondeboret anvendes i Danmark til at bestemme

- a) om der kan funderes direkte, eller om pilotering er nødvendig - og
- b) i tilfælde af pilotering: den sandsynlige pælelængde.

Det må dog strax bemærkes, at der er visse meget vigtige forudsætninger for - og indskærnkninger i - sondeborets anvendelse til disse bestemmelser. For det første vil det oftest være nødvendigt på anden måde - f.ex. ved lagfølgeboringer - at skaffe sig viden om arten af de gennemborede jordlag:

I sand og silt vil boret f.ex. let kunne give for "pessimistiske" resultater, med andre ord vise ringe modstand i jordlag, der kan være velegnede for direkte fundering. Og sondeboret er naturligvis helt uegnet til at bestemme den nødvendige pælelængde i rent kohaesive jordarter. Derimod findes der næppe nogen enklere og billigere metode til at bestemme lagdybden af fyld, dynd, tørv etc. samt overfladen af en underlejret fast moraene. Under sådanne omstændigheder kan vi i Danmark gå ud fra, at en spidsbaerende pæl skal rammes 0,5 à 1,0 m dybere ned i moraeneaflejringer, end man har kunnet bore med sondeboret (60-80 hv/20cm), for at opnå en bæreevne, der svarer til en betonspænding på ca. 100 kg/cm<sup>2</sup>.

I et meget stort antal tilfælde kan vi i Danmark ved hjælp af nogle få, korte lagfølge- og sondeboringer med sikkerhed afgøre, at der ikke skal piloteres.

Som en anden indskraenkning i sondeborets anvendelse må det erindres, at friktionen langs borestangen i mange tilfaelde allerede ved 10 - 15 m's dybde bliver så stor, at diagrammerne vil vaere vaerdiløse. I sådanne tilfaelde bør tryksonden naturligvis foretraekkes.

De fleste videnskabeligt arbejdende geoteknikere anser vistnok vaegtsonden - det svenske belastede spidsbor - for at vaere et helt forældet og unyttigt vaerktøj. Og de har naturligvis ret, for så vidt som vaegtsonden ikke giver nogen oplysning om jordlagenes styrkeparametre: friktionsvinkel og forskydningsstyrke. Men i måske 90 % af de forespørgsler, konsulenter og entreprenører får forelagt, er spørgsmålet blot: Skal der piloteres? I bekræftende fald: hvor lange bliver paelene? Og i vel atter ca. 90 % af tilfaeldene vil disse spørgsmål ikke kunne besvares hurtigere og billigere end netop ved hjælp af vaegtsonden.

I årenes løb har mit firma udført over 50.000 sonderinger. I et tilfaelde blev der fejlagtigt tilrådet en pilotering, som i virkeligheden naeppe var nødvendig, og i et andet tilfaelde købte vor klient en grund, hvor det - imod vor prognose - viste sig nødvendigt at pilotere. I begge disse tilfaelde var vurderingen af diagrammerne ved en fejltagelse foretaget af unge, uerfarne ingeniører. Og i begge tilfaelde erklærede vi os rede til at betale extraudgifterne i forbindelse med piloteringen. Jeg betragter det som en recherche-udgift, som, når den fordeles på de ca 50.000 borer, ikke spiller nogen vaesentlig rolle, og denne udgift har ikke rokket min tillid til vaegtsonden - men naturligvis understreget nødvendigheden af, at diagrammerne tolkes med både forsigtighed og erfaring.

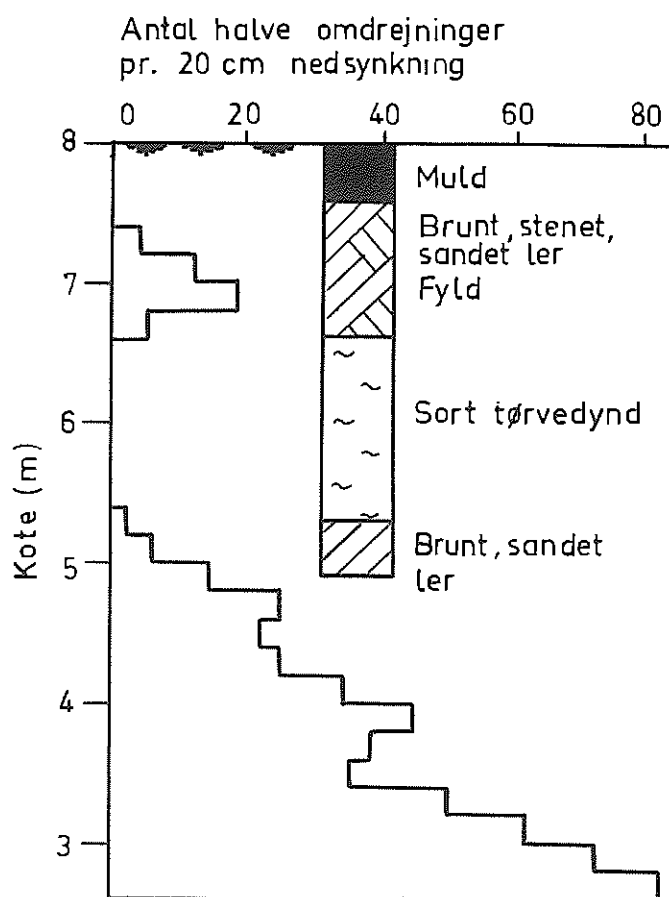


Fig. 1. Redovisning av viktsonderingsresultat (CTW II:1)

FINSKA SONDERINGSKOMMITTÉNS REKOMMENDATIONER  
FÖR VIKTSONDERINGSSTANDARD

A. Natukka, Finland

En av Finlands Geotekniska Förening utsedd sonderingskommitté har under tiden 1966-67 utarbetat direktiv för fältundersökningar, bl.a. för viktsondering. Ändamålet med direktiven är att standardisera viktsonderingsutrustning och -metoder i Finland, så att alla sonderingsresultat blir jämförbara. Direktiven är nu nästan färdiga och vad som behandlas torde bäst framgå ur följande innehållsförteckning:

1. Utrustning
2. Förborrning
3. Sonderingens utförande
4. Sonderingens upphörande
5. Sondering i vatten eller från ställningar
6. Vad som kan utredas genom viktsondering
7. Sonderingsprotokoll och uppritning av sonderingsresultat
8. Utrustningens vård i terrängen

Som bilaga finns en tabell, ur vilken framgår bestämmandet av jordarter på basen av sondens sjunkning, sonderingsljudet, kontaktobservationer samt för olika jordarter karakteristiska specialobservationer.

Vidare har utarbetats skilda direktiv för stick- och slagsondering.

Utrustning

För att så småningom få en enhetlig tillämpning i de nordiska länderna, har vi för utrustningens del eftersträvat samma mått som Svensk Geoteknisk Standard. Sonderingskommitténs förslag till mått och tolk för viktsondens spets är desamma i Finland som i Sverige, fastän i Finland tillsvidare ännu allmänt användes en till sin dimension smalare modell. I Sverige har undersökts, om redan en 3 mm nötning i spetsens diameter är för stor. Preliminära undersökningar i Finland har visat, att spetsens förslitning ej har så stor betydelse för sonderingsmotståndet. Dipl.ing. Ruoppa, medlem i vår kommitté, kommer senare att behandla detta.

Till viktsondens stänger har vår kommitté rekommenderat både  $\emptyset$  20 mm och  $\emptyset$  22 mm stänger, emedan båda användes allmänt i Finland. Småningom övergås dock till  $\emptyset$  22 mm stänger. Stången kan vara antingen massiv eller hålad av vilka de senare användes föga i Finland och erfarenheten av dem är delvis negativa, delvis positiva. Rörstängerna är lätta och vid neddrivningen är de hållbara, ifall de tillverkas så raka, att stängens mittaxel är parallell med skarvtappen. Priset för dem är betydligt högre än för de massiva.

Till skarvtapp föreslår kommittéen en lös tapp med M 14 x 1,5 mm gängor, tappens är redan nu allmän i Finland, fig. 1. Det har konstaterats, att den i praktiken är hållbarast i  $\emptyset$  22 mm stänger, emedan stångänden utvidgar sig om tjockare skarvtappar användes. Skarvtappen skiljer sig alltså från standarden i Sverige.

Vid vridning föreslår kommittéen att vridhandtag användas, som smitts liksom en stämngaffel och som ger klarare sonderingsljud än om de tillverkats av rör eller de gjutna vridhandtag, som allmänt användes.

#### Om sonderingsmetoden

Finlands sonderingskommitté har inte ansett det vara nödvändigt att ge direktiv om minimi eller maximi sjunkningshastighet vid viktsondering, såsom i Sverige. Sjunkningshastighetens mätning i terrängen är alltid osäker och som princip vid utarbetning av direktiv har varit att belastningen kan ökas först efter det att sonden inte längre sjunker med den använda belastningen. Om sjunkningshastigheten ökar under sonderingen, skall sonden stannas och på nytt sökes den minsta belastningen, för vilken sonden sjunker utan vridning.

När sonden vrids med 100 kg belastning mätes i Finland spetsens djup vanligen efter varje serie om 25 halvvarv. Vridningen upphör och spetsens djup mätes alltid, när ändring i sondens neddrivningsmotstånd observeras för klarläggandet av skiktgränserna.

I sonderingskommittéens direktiv finns tillsvi vidare en bestämmelse, att man vid sondering i vatten eller från ställning, skall i luft eller vatten befintliga stängers vikt beaktas genom minskning av belastningen, om

längden av ifrågavarande stänger är över 5 m. Vilket är praxis i andra länder nuförtiden? En del förberedande försök, som dipl.ing. Ruoppa behandlar senare, har visat, att 25 kg skillnad i belastningen inte har förorsakat stora avvikelser i sonderingsmotståndet vid vridning.

Kommittén rekommenderar även användning av foderrör, vid sondering av 20 - 25 m djupa hål, om mantelfriktionen, som påverkar stängerna, hindrar neddrivandet till grunden, som ligger under tjockt lerlager.

För ritandet av sonderingsmotstånd föreslår kommittén samma gamla metod, som har använts i Finland i årtionden, fig. 2. På vänstra sidan i sonderingshålets profil tecknas belastningen vid viktsondering, i skala 1 cm = 100 kg. Till höger om hålet tecknas sonderingsmotståndet vid vridning, i skala 1 cm = 100 halvvarv per meter sjunkning.

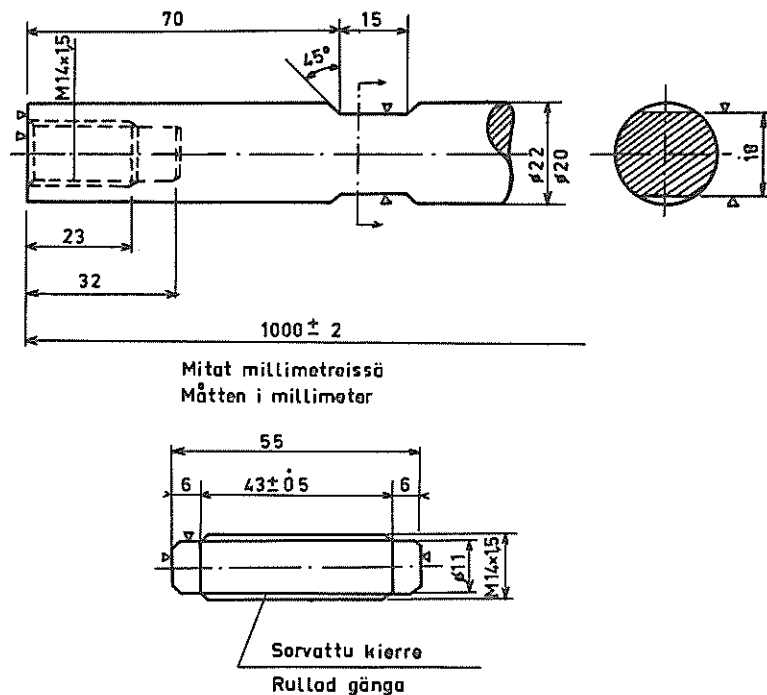
Kommittén anser, att en ny metod för ritandet av sonderingsmotstånd skulle förorsaka förvirring i övergångsskedet. Den nya metoden borde vara betydligt överlägsen jämfört med den gamla, innan en ändring är motiverad. En tillräckligt god metod för uppritning av sonderingsmotstånd har vi inte ännu utvecklat och ej heller sett i rekommendationer givna av andra länder.

I ett datamaskinprogram, som snart blir färdigt i Finland, kommer den ovan nämnda metoden att utnyttjas för tecknandet av sonderingsmotståndet. I datamaskinen inbyggd ritapparat tecknar från sonderingsprotokoll sonderingslinjernas sektioner inkl. sonderingsmotstånd.

Maskindriven viktsondering har användts i Finland ett par år och den har visat sig vara användbar. Speciellt påskyndar den arbetet i tämligen finkorniga sand- och siltlager, då djupa hål sonderas. Utrustningarna är tillverkade antingen i Sverige eller Finland.

Rotationshastighetens inverkan på sondens sjunkning har undersökts föga, men det förefaller som om det vid drift med stora varvtal (över 100 varv/min) förhåller sig så att sonden tränger ned något bättre i mjäl- och mojordarter, varvid sonderingsmotståndet är mindre (83 - 93 % jämfört med handdriven sond). I lerjord i Salo sjönk maskindrivna sonden däremot

sämre, varvid sonderingsmotståndet var större än vid handdriven sond (114 %). Rotationshastigheten borde vara nära handdrivna hastigheten (17 - 20 varv/min). För att kunna ernå med maskindriven viktsond den nytta, som maskinen är ämnd för dvs arbetets snabba utförande, borde rotationshastigheten standardiseras överallt dock något högre än vid handdrift, t.ex. 40 - 50 varv/min. Detta torde ha undersökts amorstädes noggrannare?

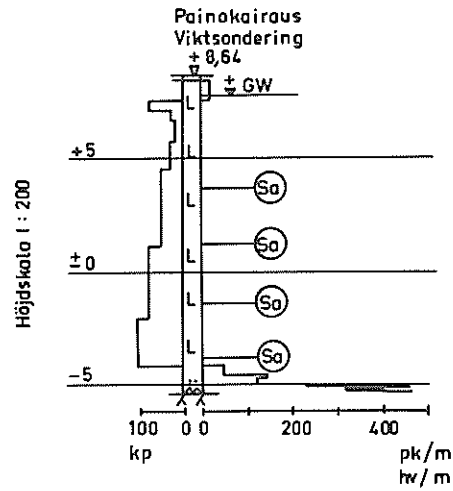


Painokairan tanko ja kierretappi  
Viktsondens stång och skarvtapp

Materiaali: Tonko: Imatra MOC 410 (erikoiskova) tai vastaava  
Kierretappi: Bofors CRO - 861 tai vastaava

Material: Stång: Imatra MOC 410 (special hård) el. motsvarande  
Skarvtapp: Bofors CRO - 861 eller motsvarande

Fig. 1. Förslag till viktsondstång med skarvtapp (AN II:2)



## VIKTSONDERINGSPROTOKOLL

Painokairauspöytäkirja		Sivu	Sida
OY Kairausliike AB		Työ n:o	Arv. n:o
Kairaja		Borringsledare	Pvm. Datum
Kairauspisteen sijainti		Läge av sond punkt	
Maanpinnan korkeus		±	GW ±
Huomautuksia (alkukairausvyvyys ja -tapa, arvioidut maa- lajit ja maatajira- lat, yms.)			
Djupet av spetsen (m)	Sjunkning (cm)	Belastning (kp)	Antal halvöarv (bv)
Sonderingsmätstäm (hw/m)			
Anmärkningar (förborringsdjup och sätt, beräknade jordarter, jordartsgränser, mm)			

Fig. 2. Förslag till protokoll för och redovisning av viktsondering (AN II:2)



NORSKE ERFARINGER AV DREIESONDERING

H. Hartmark, Norge

Viktsonden eller dreiesonderingen som det kalles på norsk er den eldste av de boremetoder for grunnundersøkelser som er i bruk i dag. Det er hyggelig for meg som er nordmann å kunne få minne om at dreieboret ble presentert av svensk geotekniks grand old man John Olsson for 50 år siden, og det er betegnende for denne mannens genialitet at dreieboret eller viktsonden fremdeles er i daglig bruk i alle nordiske land i praktisk talt uendret skikkelse fra den gang. John Olsson beskrev boremetoden i 1917 (STATENS JÄRNVÄGAR, 1922 . Geotekniska kommissionen 1914-1922. Slutbetänkande). Det er intet annet boreredskap som kan oppvise maken.

Når først John Olssons navn er nevnt må det vaere riktig å gjengi hans definisjon på sonderboringens formål og jeg skal sitere den fra boken Slutbetänkande:

"Sondborringen har, som ovan sagts, huvudsakligen till ändamål dels att utröna den större eller mindre fastheten hos de jordlager, som genomborras, dels att i möjligaste mån bestämma de förekommande jordlagren, samt gränserna dem emellan".

Med andre ord formålet er å fastlegge jordlagenes strategafi, men vi kan vel i dag tilføye at det er et hovedformål med dreieboringen å kunne bringe på det rene hvilke boringsmetoder og redskap som skal benyttes for det videre arbeide med grunnundersøkelsene.

Det borstål som benyttes i Norge og jeg antar samme utstyr benyttes i de øvrige nordiske land, er 20 mm rundstål i lengder à 1 m skjøtte med innvendig gjengetapper.

Spissen er en firkantet pyramidespiss som er vridd slik at den blir skrueformet. Største diameter er 30 mm og lengden 200 mm.

Belastningen består av en loddsats som sammen med klemmen veier 100 kg. Ved boring gjennom vann skal belastningen reduseres med vekten av borstål gjennom vann.

Forboring utføres gjennom øvre lag, f.eks. ned til fundamenteringsdybden, med grovt slagbor eller skovlbor. Undertiden må det graves. Hvis boret møter så liten motstand at det synker uten å dreies brukes en belastning som nettopp er nødvendig for å frambringe sakte synkning. Hvis boret må dreies ned brukes alltid belastningen 100 kg.

Boringen begynner hvor forboring eller graving er sluttet, og gjennom det forborede parti skal boret føres mest mulig friksjonsløst. Borspissens dybde under målepunktet noteres ved boringens begynnelse, etter avsluttet synkning for et belastningstrinn og om boret må dreies ned etter hver 25 halve omdreininger.

Registreringen og opptegning er den opprinnelige til John Olsson og vi har i Jernbanen og Vegvesenet og det private firma Norsk Tekn. Byggekontroll i prinsippet holdt på denne oppteigningsmåten, som vi gjerne kan kalle stolpediagram, mens de nyere geotekniske institusjoner som NGI og en del nyere private firmaer benytter opptegning i et kartesisk koordinatsystem. Dessverre er vi ikke kommet til enighet om oppteigningsmåten, og i de nye normer for opptegning av boringsresultater som nå er tatt i bruk på prøve i Norge er begge prinsipielle metoder tillatt (fig. 1).

Sonderboret gir ingen opplysninger som kan uttrykkes i fysikalsk definerte enheter. Det gir ikke en gang pålitelige opplysninger om den relative spissmotstand idet friksjonen langs stangen spiller en avgjørende rolle for måleresultatet. Man kan derfor ikke slutte seg til noe definitivt om jordartenes lagdeling når man bare har sonderborresultatene.

Friksjonen langs borstangen kan spille oss et veldig puss mange ganger. Jeg skal vise som et eksempel (fig. 2) hvor forskjellig resultatet blir enten man bruker forboring dvs spetting til 0,70 m dybde eller man foretar forboring med skovlbor eller skopbor.

Det kan være grunn til å minne om i denne forbindelse at det har vært gjort forsøk på å analysere dreiebormotstanden og Skaven-Haug skrev allerede i 1929 en artikkel i Medd. fra NSB hvor han kom frem til en formel for bormotstanden uten dreining

$$B = d(1,57 H_1 - 1,67) + 0,28 H_3$$

hvor  $B$  = anvendt belastning og

$d$  = spissens dybde under forboringen

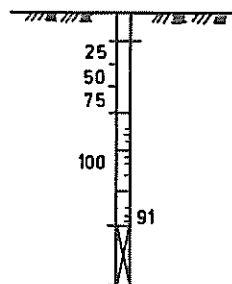
Skaven-Haug fant også en avhengighet av både  $H_1$  og  $H_3$  for motstanden mot dreining.

I de siste år er det kommet på markedet motordrevne sonderbor. Jeg skal ikke komme nærmere inn på disse bortyper, og jeg har heller ingen praktisk erfaring i bruken av dem. Jeg vil imidlertid som min personlige mening si at jeg ikke tror at noe motorbor vil kunne konkurrere kvalitetsmessig med handboring. Det er nemlig et vesentlig moment ved handboringen som jeg enda ikke har nevnt, nemlig det som jeg ville kalle: "lytte og føle". En trenet borformann vil kunne gi betydelige opplysninger som blir rapportert i logboken, opplysninger som han kan gi på grunnlag av sin erfaring om lyd og følelse av spennet i borstålet. En mann som er trenet kan ha en nesten suggestiv evne i denne retning.

På tross av dette er jeg klar over at motorsonden er kommet for å bli. Den er utvilsomt mere rasjonell på større borejobber og det er vel et spørsmål om hvor lenge man overhodet kan få folk til å stå og gnukke og gni i timevis på et hånddreiebor.

Vår oppgave må være å lede utviklingen inn i et riktig spor og det var å ønske at man på motorsonderingens område kunne oppnå det samme som John Olsson klarte med hånddreiesonden. - En bortype som i prinsippet holder seg uforandret i over 50 år.

Dreiesondering  
Alt. 1

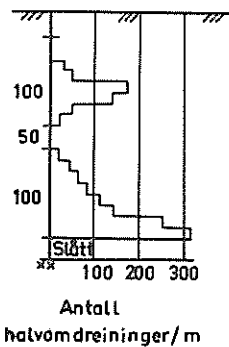


Belastningen i kg angis på borhullets vänstra side.  
Endring i belastning visas ved tværrstræk.  
Synkning utan dreining markeres med skyggelegging, eller raster.

Dreining: Hal tværrstræk for hver 100 halvmdreining. Halv tværrstræk for hver 25 halvmdreining. Mindre enn 100 halvmdreining vises ved å skrive antall halvmdreininger på høyre side.

Neddrivning ved slag på boret vises med kryss, eventuelt angis slagantall og redskap. Endret neddrivningsmåte vises med hal tværrstræk. Stolpens bredde skall være 3mm ved M1: 200. Bredden öker linjaert med målestokken.

Alt. 2

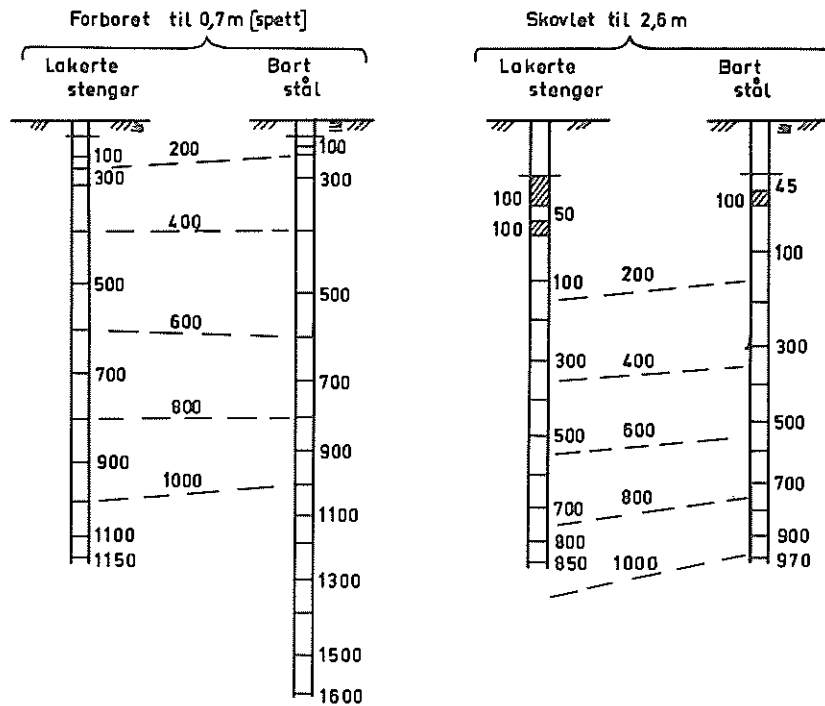


Resultatene fra dreieboringen tegnes opp i diagrammet i det man langs den horisontale akse avsetter antall halvmdreininger pr.m synkning av boret.

Selve borhullet markeres ved en vertikal strek som akse i diagrammet. Belastningen angis som ved alt.1.

Neddrivning ved slag kan anføres som vist.

Fig. 1. Redovisning av viktsonderingsresultat på två sätt (HH II:3)



Boringene utført på Kløfta stasjon  
 okt. 1959  
 Borhull km 36.615-40m<sup>v</sup>  
 Se tegning G.k 2659,1  
 Lakeringen utført med A. Bjerkes Epolac gulvplast

	Måte- stakk 1:200	Boret K.Rokt-59 Tegnet K.R Jan-59
Norges Statsbaner - Bonedi- rektøren Geoteknisk kontor		

Fig. 2. Dreiesondering. Lakert og bart stål.  
 Törrskorpens betydning (HH II:3)

RESULTAT AV FÖRSÖK MED VIKTSOND

U. Bergdahl, Sverige

I Sverige har geotekniska föreningen fastställt en standard på vikt- och hejarsondering. Den gällande standarden får emellertid ej tas som definitiv utan måste ge utrymme för utveckling. Före fastställandet av standarden för viktsonden utfördes vid SGI flera undersökningar i syfte att klarlägga hur olika faktorer påverkar sonderingsmotståndet. Jag avser nu att redogöra för resultaten av våra försök.

Viktsonderingsförsök med olika typer av stänger i kohesions- och friktionsmaterial

Vid den av kommittén utförda undersökningen av förekommande sondutrustning i Sverige framkom att de nu använda viktsonderingsstängerna ( $\emptyset$  20 och  $\emptyset$  19 mm) har en otillräcklig hållfasthet för att tåla de påfrestningar, som uppstår om man vill driva sonderingen hårdare och längre än vad som tidigare varit brukligt. Neddrivningen kan härvid utföras med exempelvis ett vridaggregat eller en lätt slagborrmaskin.

Såsom en första uppgift för kommittén framstod därför att skaffa fram en ny starkare stångtyp och att undersöka i vilken omfattning ändringen av stångdimensionen förändrar sonderingsförfarandet och försöksresultaten. De uppkommande förändringarna skulle härvid avpassas så att någon större inverkan på försöksresultaten ej skulle uppstå.

Ny stångtyp: Den svagaste delen av en sondstång är skarven mellan de olika delarna. Vid stångbrott brister vanligen skarvtappen. Det är i första hand denna, som bör göras starkare men samtidigt bör infästningen i stången ej försvagas. Tappens diameter, som varit 14 mm, borde således ökas samtidigt med att antingen hela stången fick större diameter eller att man endast förtjockade stången vid skarven.

För att få reda på hur mycket grövre tapp och stång borde göras utfördes vid geotekniska institutet några enkla hållfasthetsprov med den äldsta stångtypen  $\emptyset$  19 mm, den nyare  $\emptyset$  20 mm båda med en  $\emptyset$  14 mm gängtapp samt med  $\emptyset$  21 och  $\emptyset$  22 mm stänger båda med  $\emptyset$  16 mm gängtapp.

Resultaten visar att en övergång till  $\emptyset$  16 mm skarvtappar, som man kan förvänta, medför en god ökning av skarvens hållfasthet. Vidare framgår att infästningen av tappen i den 21 mm grova stången ej var tillräcklig då den brast vid böjprovet. Med den 22 mm grova stången blev infästningen starkare än tappen, vilket är önskvärt emedan ny tapp lätt kan sättas i.

Vid studier hade kommittén funnit att man annorstädes i Europa använde sig av  $\emptyset$  22 mm stänger vid vissa sonderingsmetoder. Det syntes därför lämpligt, dels med hänsyn till hållfasthetsproven, dels med hänsyn till standardiseringssträvandena att man här i Sverige provade  $\emptyset$  22 mm stång vid vikt- och sticksondering.

Det är emellertid ej önskvärt att samtidigt göra utrustningen tyngre varför stången lämpligen borde göras i form av ett rör. Rörstången har också den fördelen att man kan dra ledningar genom sonden för eventuella mätningar in situ. Å andra sidan kan en  $\emptyset$  22 mm massiv stång göras till ett lägre pris och med mindre excentriciteter. Vid vissa försök, som institutet utfört har därför använts dels massiva stänger och dels rörstänger med 13 mm innerdiameter. Vid andra försök har även använts  $\emptyset$  20 mm stänger med uppstukade ändar för infästning av  $\emptyset$  16 mm skarvtappar.

För att prova det praktiska handhavandet av de olika stångtyperna vid sondering utförde institutet några enkla försök från vilka resultaten redovisas här nedan.

#### Viktsondering i växellagrät material vid Sköndal

På denna plats består jorden överst av ett 2-3 m tjockt skikt av friktionsmaterial, huvudsakligen sand och grus. Under detta finns 3-5 m lera, vilken underlagras av grus med inslag av sten. Jordens sammansättning varierar emellertid från punkt till punkt trots att borrhålen utförts i en cirkel med endast 10 m diameter.

För jämförelse utfördes här viktsondering på vanligt sätt med fyra olika stångtyper nämligen,  $\emptyset$  19 mm,  $\emptyset$  20 mm,  $\emptyset$  20 mm med ändarna uppstukade till 22 mm samt med  $\emptyset$  22 mm rör med 13 mm invändig diameter. I samtliga fall användes nya skruvspetsar. Med varje stångtyp utfördes två sondhål.

I fig. 1 har uppritats resultatet från fyra av de ovan nämnda viktsonderingarna. Man kan här konstatera att de alla, som man kan förvänta ger ungefär samma bild av jordlagerföljden. Tyvärr kan man ej på grundval av dessa försök dra några slutsatser om uppkommande skiljaktigheter i sonderingsresultaten eftersom jorden är så heterogen.

Vid försöken framkom följande praktiska synpunkter: Sondstång ( $\emptyset$  20 mm) med uppstukade ändar medförde fler arbetsmoment vid uppdragningen på grund av att den vanligen använda gummiskrapan och automatklämman fastnade och måste lösgöras vid varje skrav. 22 mm rören var lättare att arbeta med än 20 mm massiva stänger på grund av mindre vikt.

För att undersöka vilken inverkan på försöksresultaten en ändring av stångdimension och stångvikt kan medföra har institutet vidare utfört en serie försök i både kohesions- och friktionsmaterial på några platser i närheten av Stockholm. Resultaten från de olika försöken redovisas här nedan.

#### Viktsonderingsförsök i lera vid Ultuna

Jorden består på denna plats av lera till ca 37 m djup under markytan. Det översta 20 m mäktiga lagret utgöres av en postglacial lera med en skjuvhållfasthet på 1,0 - 3,0 t/m<sup>2</sup>. Under detta lager ligger en varvig glaciallera med en mot djupet tillväxande fasthet. Lerlagren åtskiljes av ett tunt sandskikt på 20 m djup under markytan.

På denna plats utfördes försök med  $\emptyset$  19 och  $\emptyset$  20 mm massiva stänger samt med  $\emptyset$  22 mm rörstänger med 13 mm innerdiameter. Försöken utfördes i två etapper. Vid den första utfördes sonderingen på vanligt sätt och sonden vreds runt för hand. Vid den andra vreds sonden runt med 50 varv per minut med hjälp av ett elektriskt vridaggregat, som konstruerats vid institutet.

Resultaten av sonderingarna med  $\emptyset$  19 mm stänger har sammanställts i fig. 2 där erforderligt antal halvvarv uppritats som funktion av djupet under nivån 10 m under markytan. Djupet 10 m har valts emedan man ovanför denna nivå har vissa olikheter i sjunkningen för enbart viktbelastning. Av figuren framgår att det är en tydlig skillnad i försöksresultat om



vridningen utföres för hand eller med maskin. Det synes erforderligt med ca 30 % fler halvvarv vid maskinvridning jämfört med vridning för hand för att sonden skall nedtränga till visst djup under markytan. Orsakerna till denna skillnad måste närmare undersökas, det är dock möjligt att maskinens varvtal är så stort att sondspetsen ej hinner tränga undan leran på samma sätt, som vid handvridning.

Av resultatet framgår vidare (fig. 2a) att det ej föreligger någon större skillnad i sonderingsresultat från borrhningarna med de olika stångtyperna. I detta fall har i alla hål sonden vridits med maskin. Vissa tendenser kan emellertid utläsas av figuren. Så till exempel går  $\emptyset$  19 mm sonden ner lättare än  $\emptyset$  20 mm sonden. Detta beror sannolikt på att man får större mantelfriktion på 20 mm sonden beroende dels på större mantelyta och dels på ett mindre areaförhållande mellan spets och stång. Av figuren framgår vidare att 22 mm rörstången trots större mantelarea och mindre vikt tränger ner nära nog lika lätt som 20 mm stången. En tänkbar förklaring till detta förhållande kan vara att rörstången vid tillverkningen erhåller fler excentriciteter som t.ex. ojäm godsfördelning och man på grund härav får svängningar i stången, som underlättar dess nedträngning.

#### Viktsonderingsförsök i lös lera på Värmdö

Jorden består på denna plats överst av ett tunt skikt torv och därunder gyttja till ca 1,5 m djup. Under denna finns lös postglacial lera till 5,5 m djup, som i sin tur underlagras av lös varvig lera till fast botten på ca 9 m djup under markytan. Grundvattenytan låg i markytan.

Sonderingen utfördes med nya sondspetsar och stänger av tre slag:

1)  $\emptyset$  19 mm 2)  $\emptyset$  22 mm massiv 3)  $\emptyset$  22 mm rör med 13 mm innerdiameter. Med varje stångtyp utfördes tre hål i en cirkel med 8 m diameter. Den vanliga viktsatsen användes och sjunkningen för varje last registrerades. Före sonderingens början upptogs för varje hål ett spadborrhål till 1,7 m djup och nedsattes ett foderrör.

Resultaten från försöken redovisas på fig. 3 där medelvärdena på sjunkningen för olika laster på de tre stångtyperna uppritats såsom brukligt är här i Sverige. Siffrorna till vänster om borrhålen anger den last med

vilken man ovan mark belastat sonden och de korta vågräta strecken anger nedträngningsdjupet för resp. vikt.

Om hänsyn toges till att stängerna har olika vikt finner man såsom framgår av fig. 4 att avgörande för nedträngningsdjupet är i denna mycket lösa lera den sammanlagda belastningen på sondspetsen. Denna belastning har beräknats såsom summan av belastningen på sonden ovan mark och stångvikten varvid hänsyn tagits till stängernas olika displacement. Ökningen av mantelytan, som erhålles vid övergång från  $\emptyset$  19 till  $\emptyset$  22 mm stänger synes ej ha påverkat neddrivningsmotståndet i sådan grad att det blir synligt i försöksresultaten.

Rörstången har i detta försök visat sig ha den nackdelen att den fordrar en högre belastning för att nedtränga till samma djup, som den äldre stångtypen  $\emptyset$  19 mm massiv stång. Detta skulle kunna leda till att man bedömer leran som fastare än man skulle göra på grundval av resultaten från sonderingen med  $\emptyset$  19 mm stänger.

#### Viktsonderingsförsök i halvfast lera vid Skå-Edeby

Denna plats är belägen på det provfält, som institutet sedan flera år tillbaka använt för bl.a. undersökning av sättningsförlopp i lera. Jorden består här till ca 6 m djup av postglacial lera, som i de övre delarna är gyttjig. Under denna finns glacial varvig lera till ca 15 m djup. Lerans skjuvhållfasthet är mellan 1,0 och 3,0 t/m<sup>2</sup> och sensitiviteten är ca 10. Grundvattenytan ligger här i medeltal ca 0,5 m under markytan.

Före sonderingen borrades för varje hål ett spadborrhål till 0,5 m djup under markytan. Sonderingen utfördes sedan med samma stänger och på samma sätt som vid de ovan nämnda försöken på Värmdö.

Resultatet som uppritats som Värmdöförsöken visas på fig. 5.

Man kan här se att 22 mm rörstången sannolikt på grund av lägre stångvikt och större mantelfriktion har mindre nedträngningsförmåga än den gamla  $\emptyset$  19 mm stången för samma last. Vidare synes att den 22 mm massiva stången har mindre nedträngningsförmåga än den gamla 19 mm stången för samma last trots den större stångvikten. Detta beror på den större man-

telfriktionen för den grövre stängen. Mantelytan hos 22 mm stängen är 16 % större än hos 19 mm stängen. Med utgångspunkt från skjuvhållfasthetskurvan och sensitiviteten har skillnaden i mantelfriktion beräknats på olika djup. I fig. 6 har uppritats den totala lasten på spetsen för de olika stängerna som funktion av djupet under markytan. Värdena för 22 mm stängerna har reducerats med ovan nämnda beräknade skillnader i mantelfriktionen.

Såsom framgår av figuren erhålls på detta sätt god överensstämmelse mellan sonderingsresultaten från borrhningar med de olika stängerna.

Man kan härav dra slutsatsen att i denna lera, som är fastare än leran på Värmdö, förutom ändringen i stångvikt även ändringen av mantelytan medför ändrade resultat.

#### Viktsonderingsförsök i sand vid Husby

Sonderingarna har på denna plats utförts i en grusås där materialet ligger helt ovan grundvattenytan. Jorden består till ca 5 m djup av moig sand och därunder av något grövre sand med grusinslag. På 12 m djup under markytan vidtager den grusåsen underlagrade moränen.

På denna försöksplats har bl.a. utförts viktsonderingsförsök med nya spetsar och  $\emptyset$  19 mm resp.  $\emptyset$  22 mm rörstänger. Försök med  $\emptyset$  22 mm massiva stänger utfördes ej på denna plats eftersom det bedömdes att skillnaden i stångvikt ej skulle ha någon betydelse. Viktsonderingen utfördes på vanligt sätt och vridningen utfördes med ett elektriskt vridaggregat med ca 50 varv/minut. Med varje stångtyp utfördes tre hål. Resultaten från de tre hålen med samma stångtyp visar god överensstämmelse, vilket tyder på att jorden i plan är tämligen homogen. På fig. 7 har uppritats en medelvärdeskurva för  $\emptyset$  19 mm sond och en för  $\emptyset$  22 mm sond. Det framgår härav att det med 22 mm stängen fordras fler halvvarv för 20 cm sjunkning än med 19 mm stängen. Skillnaden framträder bättre om s:a halvvarv anges som funktion av djupet. Detta har gjorts på fig. 8 där man inte kan se någon nämnvärd skillnad i försöksresultaten i de övre medelfast lagrade materialet där mantelfriktionen inte är så stor. Mot djupet skiljer kurvorna sig emellertid alltmer och i genomsnitt synes det erfordras 7-8 % fler halvvarv för att spetsen skall nedtränga till ett visst djup med 22

mm stången än med 19 mm stången i detta material.

Denna skillnad i försöksresultat torde bero på större mantelfriktion för  $\emptyset$  22 mm sondstänger, dels på grund av den större mantelytan och dels på grund av att förhållandet mellan spetsdiameter och stångdiameter blir mindre med 22 mm stången. Detta senare medför ju att hålet, som spetsen gör i jorden blir mindre sett i relation till stångens diameter vid 22 mm stång än 19 mm stång. Som följd härav blir mantelfriktionen större.

#### Viktsonderingsförsök i mo vid Handen

Jorden består på denna plats av moig sand, som är fast lagrad. Tyvärr synes jorden på denna plats vara heterogen så till vida att lagringstätheten växlar från punkt till punkt. Någon skillnad i jordens sammansättning synes emellertid ej föreligga. Grundvattenytan ligger endast ca 0,2 m under markytan.

Sondering har här utförts på vanligt sätt med  $\emptyset$  19 mm,  $\emptyset$  22 mm massiva och  $\emptyset$  22 mm rörstänger i tre hål med varje stångtyp till 5 m djup under markytan. Tyvärr visar resultaten från de enskilda hålen vid jämförelse en relativt stor spridning beroende på att marken är heterogen. På fig. 9 har emellertid medelvärdeskurvorna för sonderingsresultaten uppritats för de tre stångtyperna. Av denna figur framgår att några större skillnader i resultaten ej uppstått. Endast mellan 0,5 och 1,5 m djup under markytan avviker kurvorna från varandra och på så små djup torde mantelfriktionen ej ha så stor inverkan. Avvikelserna mellan kurvorna ligger som regel inom gränserna för medelavvikelsen för de enskilda hålen. Av dessa försök kan man ej dra någon säker slutsats beträffande ökningen av mantelfriktionen vid övergång från 19 till 22 mm sondstänger på grund av spridningen i resultaten.

#### Sammanfattning av resultat från viktsonderingsförsök med olika typer av stänger i kohesions- och friktionsmaterial

Av de ovan redovisade försöksresultaten framgår att någon stor skillnad i resultaten vid viktsondering ej erhålles om sondstångens diameter ökas från tidigare 19 mm till exempelvis 22 mm och stången antingen göres massiv eller som ett rör.

Vissa skillnader uppstår emellertid, som man kan förvänta, främst på grund av ändringen av stångens vikt och mantelyta. Dessa faktorer inverkar så att om stångens vikt ökas så tränger sonden ner lättare om däremot mantelytan ökas får sonden svårare att tränga ned. Detta synes gälla vid sondering i såväl kohesions- som friktionsmaterial.

Vid de praktiska försöken har man funnit att de  $\emptyset$  22 mm massiva stängerna är svårare att hantera än den gamla  $\emptyset$  19 mm och 22 mm rörstängerna på grund av större vikt. Rörstängerna,  $\emptyset$  22 mm, har emellertid den nackdelen att de i de flesta jordarter har något svårare än de övriga att tränga ned i jorden på grund av mindre stångvikt och större mantelyta. Detta skulle kunna medföra att sonderingsresultaten tolkas så, att jorden felaktigt bedöms vara fastare än vad man skulle bedömt på grundval av resultat från sonderingar med de gamla  $\emptyset$  19 mm stängerna. Emellertid är, som redan nämnts, de uppkomna skillnaderna i sonderingsresultaten små.

En betydelsefull skillnad i sonderingsresultat har uppmärksamats vid dessa undersökningar. Skillnader på 30-40 % av neddrivningsmotståndet har sålunda observerats vid jämförelse mellan borrhål utförda med handvridning och vridning med institutets elektriska vridaggregat.

#### Viktsonderingsförsök med olika spetsar i kohesions- och friktionsmaterial

Vid den av svenska sonderingskommittén utförda utredningen över förekommande sonderingsutrustning framkom vidare att skruvspetsen undergår en kraftig förslitning vid borring i friktionsmaterial. Denna förslitning kan förväntas inverka på sonderingsresultaten. Vidare framkom att spetsarna vid tillverkning ofta ej fick den form, som föreskrivits av Statens Järnvägars geotekniska kommissions Meddelande nr 1 av år 1917. Även detta kan ge upphov till varierande sonderingsresultat. Det framstod därför för kommittén såsom en angelägen uppgift att undersöka dessa förhållanden.

Spetsen till viktsonden skall enligt föreskrift tillverkas av ett 25 mm fyrkantstål, som tillspetsas och vrids ett helt varv ( $360^\circ$ ). Beroende på tillverknings sättet och variationer i utgångsmaterialet blir spetsens omskrivna diameter ej 35,4 mm ( $\sqrt{2} \times 25$ ) som tidigare antagits. En uppmätning av 250 nya spetsar från två tillverkare har visat, att spetsarnas

omskrivna diameter varierar mellan 32,5 och 35,0 mm (jfr fig. 10).

För att få reda på vilken förslitning av spetsarna som olika firmor och organisationer har tillåtit innan spetsar har kasserats, utfördes en mätning av begagnade spetsar. Härvid framkom att spetsar som regel kasserades när de förslitits så mycket, att den omskrivna cirkelns diameter minskat med ca 2 mm. Emellertid påträffades vid denna undersökning spetsar med upp till 5 mm förslitning. Enligt utsago från kommitténs medlemmar har även helt runda spetsar påträffats.

För att undersöka inverkan av spetsens förslitningsgrad har SGI utfört en serie försök i såväl kohesions- som friktionsmaterial.

#### Viktsonderingsförsök med slitna spetsar i lera vid Ultuna

Jorden består på denna plats, såsom tidigare nämnts, av lera till stort djup.

Vid dessa försök användes en ny, en 2 mm sliten, en 5 mm sliten samt en helt rund spets med  $\emptyset$  25 mm diameter. Den senare representerar ytterligheten av en försliten spets. Med varje spetstyp har utförts minst två sonderingar. Vridning har skett med elektriskt vridaggregat. Resultaten från borringarna med ny och 2 mm sliten spets är i det närmaste lika. Den nya spetsen nedtränger emellertid något lättare än den 2 mm slitna spetsen. Större skillnad föreligger däremot mellan de resultat som erhöles med den nya och den 5 mm slitna spetsen. Med den helt runda spetsen syns nedträngningsförmågan per halvvarv i genomsnitt ha minskat till hälften jämfört med en ny spets.

Man kan således av dessa försök dra den slutsatsen att nedträngningsförmågan minskar med ökat slitage i detta jordmaterial.

#### Viktsonderingsförsök med olika spetsar i sand vid Husby på Munsö

Jorden består här såsom tidigare beskrivits av huvudsakligen sand med inslag av mo och grus.

På denna plats utfördes försök med slitna spetsar samtidigt med de tidigare nämnda försöken med olika stångtyper. Härvid användes  $\emptyset$  19 mm sond-

stänger samt spetsar med en förslitningsgrad av 0, 2 och 5 mm. Förslitningen har uttryckts som minskningen av den runt spetsen omskrivna cirkelns diameter. De tre spetsarnas utseende visas på fig. 11. Med varje spetstyp utfördes tre sonderingar. Samtliga sonderingar har utförts med elektriskt vridaggregat. Avvikelserna mellan de enskilda hålen med samma spetstyp är relativt små. I medeltal är avvikelsen ca 5 halvvarv per 0,2 m sjunkning vilket motsvarar ca 16 %. På fig. 12 har uppritats medelvärdeskurvorna som erhållits med de olika spetsarna. Av denna figur framgår att det i de övre något lösare moiga jordlagren erfordras ett mindre antal halvvarv per 0,2 m sjunkning med de slitna spetsarna än med de nya. På större djup syns det emellertid erforderligt med ett större antal halvvarv per 0,2 m sjunkning med den spets som slitits 5 mm. Skillnaderna framträder bättre, om summa halvvarv uppritas som funktion av djupet på sätt som gjorts i fig. 13. Av denna figur framgår tydligt, att de båda slitna spetsarna jämfört med de nya nedtränger till ca 3 m djup för färre antal halvvarv, samt att ända till ca 7 m djup den 2 mm slitna spetsen går lättast ner. Mellan 3 och 7 m djup under markytan syns den nya och den 5 mm slitna spetsen nedtränga lika lätt. Mellan ca 7 och 12 m djup sjunker den nya spetsen lättast medan den 2 mm slitna spetsens nedträngningsförmåga är något sämre. Vid borrhning med 5 mm sliten spets erfordras i genomsnitt 10 (ca 25 %) fler halvvarv per 0,2 m sjunkning mellan ca 7 och 12 m djup än med de andra spetsarna.

Av de ovan redovisade sonderingsresultaten framgår något överraskande att en ny spets har sämre nedträngningsförmåga i en del av detta friktionsmaterial än en sliten spets. På grund härav beslöts att ytterligare en försöksserie med nya och slitna spetsar skulle genomföras i mo. Resultat av denna senare undersökning redovisas nedan.

#### Viktsondering med olika spetsar i mo vid Handen

Jorden består på undersökningsplatsen i Handen av fast lagrad mo men lagringstätheten varierar i sidled från punkt till punkt och man bör därför tolka försöksresultaten med stor försiktighet.

På denna plats utfördes sondering med en ny, en 3 mm sliten och en 5 mm sliten spets. Förslitningsgraden har mätts på samma sätt som tidigare. Med varje spetstyp utfördes tre sonderingar till ca 5 m djup under mark-

ytan. Vridningen av sonden utfördes även här med elektriskt vridaggregat.

Medelkurvorna för sonderingsresultaten visas på fig. 14. Av denna figur framgår att det vid användning av slitna spetsar i genomsnitt erfordras ett mindre antal halvvarv per 0,2 m sjunkning än med nya spetsar.

På fig. 15 har summa halvvarv uppritats som funktion av djupet under markytan. Härav framgår att det i medeltal för nya spetsar erfordras 20-30 % fler halvvarv för att driva sonden till ett visst djup.

Skillnaden i sonderingsresultat mellan 3 mm och 5 mm slitna spetsar är mycket liten. Försöksresultatet pekar emellertid på att sondspetsens nedträngningsförmåga försämras vid kraftig förslitning och att detta är av väsentlig betydelse i hårt packad mo.

Sammanfattning av resultat från viktsonderingsförsök med olika spetsar i kohesions- och friktionsmaterial

Resultat av sonderingsförsöken vid Ultuna visar, att i lera en ökad förslitning av spetsen medför en minskad nedträngning per vridet halvvarv av sonden. Vid en förslitning av högst 5 mm, mätt på den spetsen omskrivna diametern, är skillnaden i sonderingsresultat mellan sonderingar utförda med nya och slitna spetsar liten.

Sonderingarna i mo och moig sand vid Husby och i Handen har visat att slitna spetsar tränger ned längre per halvvarv än nya spetsar.

För att kunna förklara dessa skillnader i nedträngningsförmåga måste man betrakta den skruvformade spetsens verknings sätt i jorden. För det första belastas jorden under spetsen med en viss kraft från stång och vikter, vilken som ovan beskrivits, kan vara tillräcklig för att sonden skall sjunka utan vridning i t.ex. lösa kohesionsjordarter. På stora djup minskar emellertid spetskraften på grund av mantelfriktion längs sondstängerna. När sonden kringvrids minskar mantelfriktionens vertikala komponent och belastningen ökar, samtidigt rör den främre skarpkantade delen av sondspetsen om och luckrar upp det framför spetsen liggande jordmaterialet. På grund av spetsens skruvform föres sedan detta material kontinuerligt upp runt sondspetsen eller tryckes i sidled och sonden tränger vi-



dare ner i jorden.

Om en sliten spets används föres det upplösta jordmaterialet dels upp bakom spetsen och dels packas det till stor del in i sondhålets sidor. Detta kan endast ske, om jorden har sådan sammansättning att den låter sig packas och kvarstå i form av ett öppet hål. Detta medför en betydande minskning av mantelfriktionen och sondens nedträngningsförmåga ökar.

Om emellertid sondering utförs i grövre material såsom sand, grusig sand eller grus blir den nya spetsens nedträngning per halvvarv större än de slitna spetsarnas. Detta torde dels bero på att den skarpkantade spetsen fräser undan jorden framför spetsen bättre än de slitna, dels på att den ovan nämnda minskningen i mantelfriktion uteblir eftersom hålet ej står öppet i grövre material utan finjordshalt.

#### Viktsonderingsförsök utförda med skilda slag av vridaggregat

Vid viktsondering i fastare leror och friktionsmaterial, där vridning av sonden skall utföras, har maskinella vridaggregat av skilda slag kommit till allt större användning. Detta har medfört en betydande inbesparing av såväl tid som arbetskraft.

Maskinerna drivs antingen med elmotor eller bensinmotor. Vridhastigheten varierar mellan ca 30-125 r/min. Vid de besinmotordrivna aggregaten ändras varvtalet vanligen under sonderingens gång.

Vid sonderingsförsök som utfördes vid Duvåker i Kopparbergs län i december 1964 användes ett vid SGI tillverkat elektriskt vridaggregat med en vridhastighet på 50 r/min. Under bearbetningen av sonderingsresultaten framkom att det i medeltal erfordras ca 40 % fler halvvarv per 20 cm sjunkning vid de hål, som drivits med detta aggregat jämfört med ett tidigare utfört viktsondhål, som drivits med handvridning, fig. 16.

En jämförelse med sonderingar vid andra platser där såväl hand- som maskinvridning använts gav vid handen att liknande avvikelser förekom på några av dessa platser, bl.a. det tidigare relaterade försöket vid Ultuna (fig. 2).

Den bristande överensstämmelsen, som redovisas ovan, ansåg sonderingskommittén så betydelsefull att en närmare utredning härom borde utföras.

Under 1965 har SGI utfört jämförande försök med det elektriska vridaggregatet varvid varvtalet genom byte av snäckväxeln i aggregatet kunnat ändras från 24-50-125 r/min. Vidare har genom tillmötesgående från Allmänna ingenjörbyrån provats bensinmotordrivna vridaggregat av typ G-sond och Jonell & Nilsson.

Försöken har hittills utförts i lera vid Ultuna och i mo och sand på Munsö.

Av försöken vid Ultuna (fig. 17) framgår att nedträngningsförmågan varierar med vridaggregatets varvtal på så sätt att erforderligt antal halvvarv per 20 cm sjunkning ökar med stigande varvtal. Varvtalsberoendet är dock ej linjärt. I nedanstående tabell anges variationen i procent varvid antal halvvarv för en viss nedträngning av sonden med handvridning har satts till 100 %. Siffrorna gäller för de hål som utförts med det elektriska vridaggregatet.

	Varvtal r/min.	Erforderligt antal halvvarv i %
Handvridning	17	100
Maskinvridning	24	103
"-	50	116
"-	125	122

Vid försöken med bensinmotordrivna vridaggregat är tendenserna desamma men de procentuella avvikelserna från sonderingen med handvridning varierar mera, sannolikt beroende på att varvtalet ej hålles konstant. I medeltal erfordras med dessa vridaggregat 10-18 % fler halvvarv för att sonden skall nå visst djup, jfr summakurvorna på fig. 18.

Av försöken i sand och mo på Munsö framgår att i de övre lagren, där jorden består av mo och sandig mo, ingen nämnvärd skillnad uppkommit mellan hål drivna för hand och maskin med varierande varvtal (fig. 19).

I de djupare liggande jordlagren, som består av sand och sandigt grus, har

emellertid vissa skillnader uppkommit. Avvikelserna kan anges på samma sätt som ovan:

	Varvtal r/min.	Erforderligt antal halvvarv i %
Handvridning	17	100
Maskinvridning	24	128
"-"	50	98
"-"	125	126

Såsom framgår av tabellen ökar här inte erforderligt antal halvvarv per 20 cm sjunkning som vid Ultuna. Skälet härtill är emellertid ej ännu känt. Avvikelserna är emellertid relativt stora och torde i vissa fall vara av stor betydelse.

Jämförelseförsöken med vridaggregat av typ Jonell & Nilsson och G-sond gav till resultat att inga större skillnader uppstått i de övre lagren (fig. 20).

I de djupare, något grovkornigare jordlagren erfordras i medeltal ca 13 % fler halvvarv per 20 cm sjunkning med vridaggregat av typ Jonell & Nilsson och ca 10 % färre halvvarv med vridaggregat typ G-sond om jämförelse göres med handvridning.

De hittills föreliggande undersökningsresultaten visar således inget entydigt svar på frågan hur vridaggregatens varvtal inverkar på sondens sjunkning per halvvarv. Det har dock konstaterats att man i vissa fall får stora avvikelser mellan sonderingsresultaten från sondering, som drivits med maskinvridning jämfört med sådana som drivits med handvridning. Eftersom avvikelserna kan bli relativt stora bör i sådana fall där tvekan råder om val av grundläggningsmetod utföres jämförande försök.

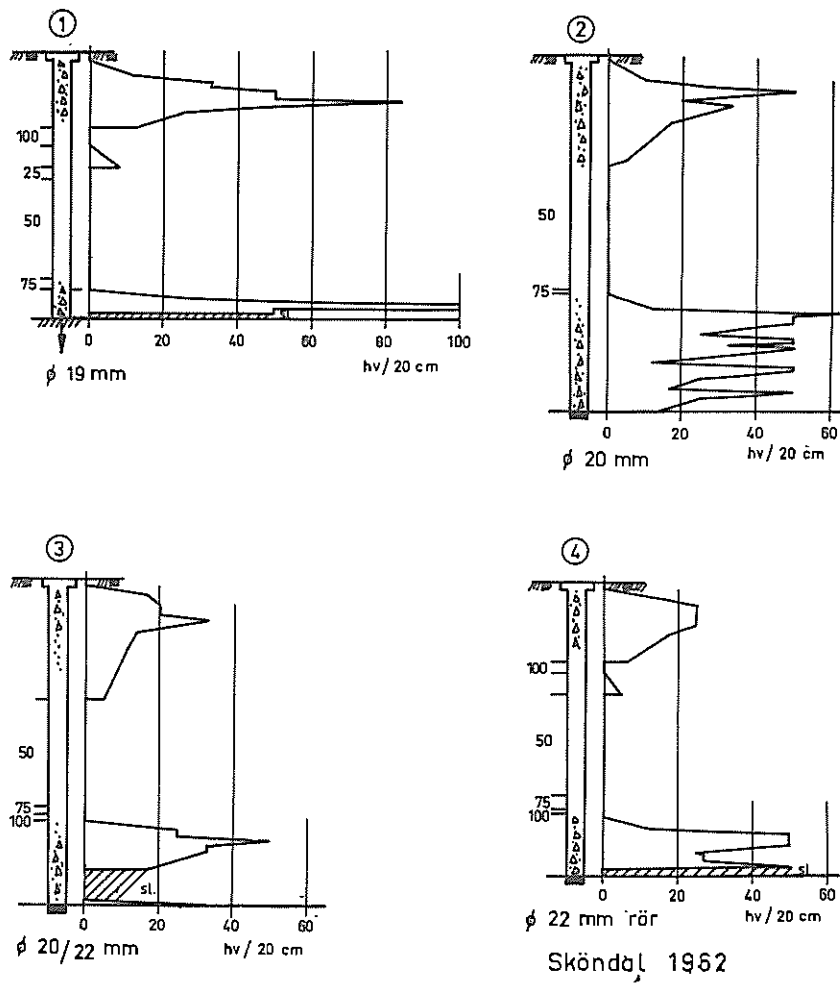


Fig. 1. Viktsöndering med olika stänger (UB II:4)

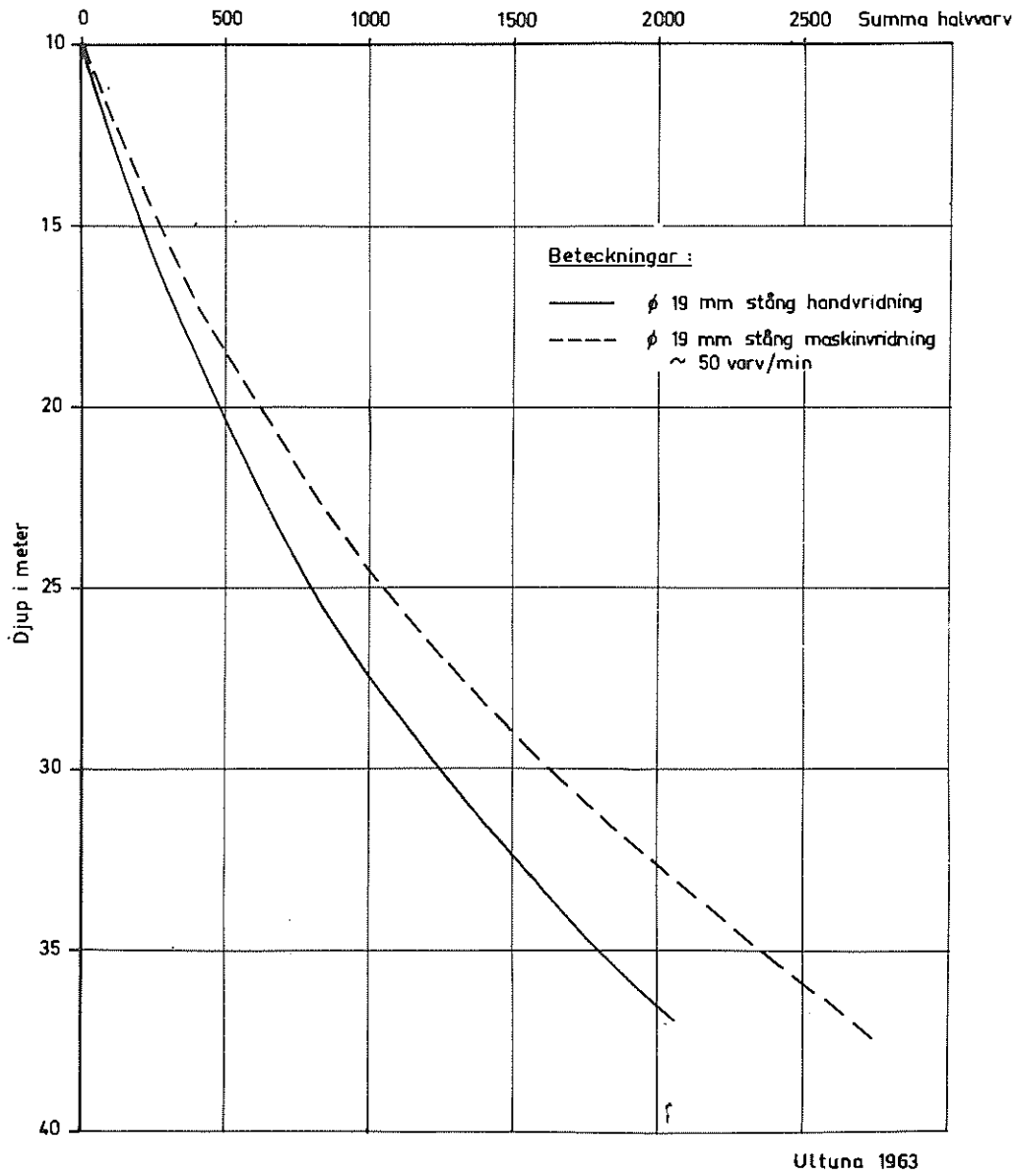
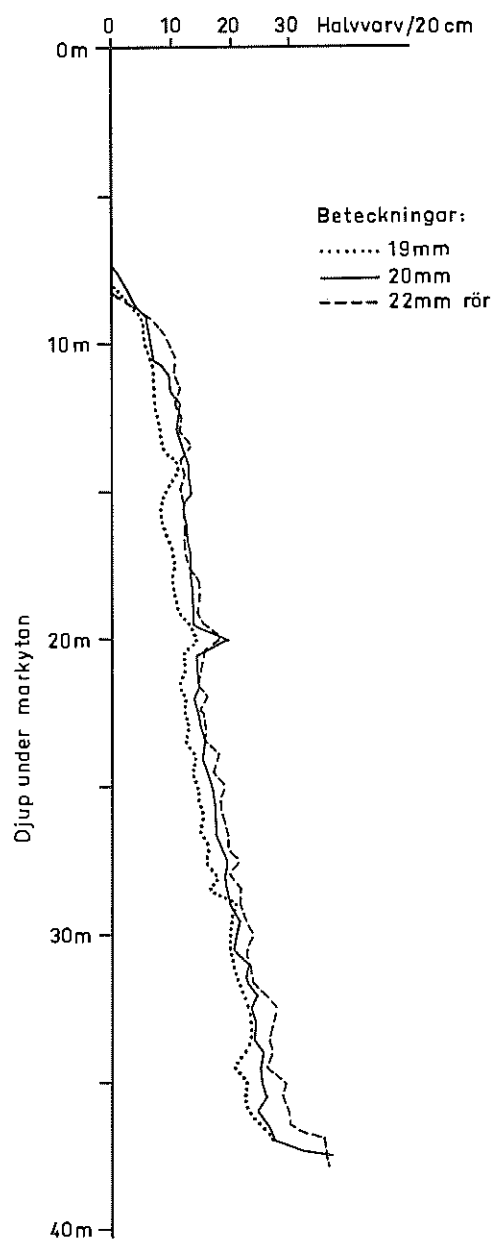


Fig. 2. Viktsöndering i lera dels med maskin dels för hand  
(UB II:4)



Ultuna 1963

Fig. 2a. Viktsöndering med olika stänger i lera vid Ultuna (UB II:4)

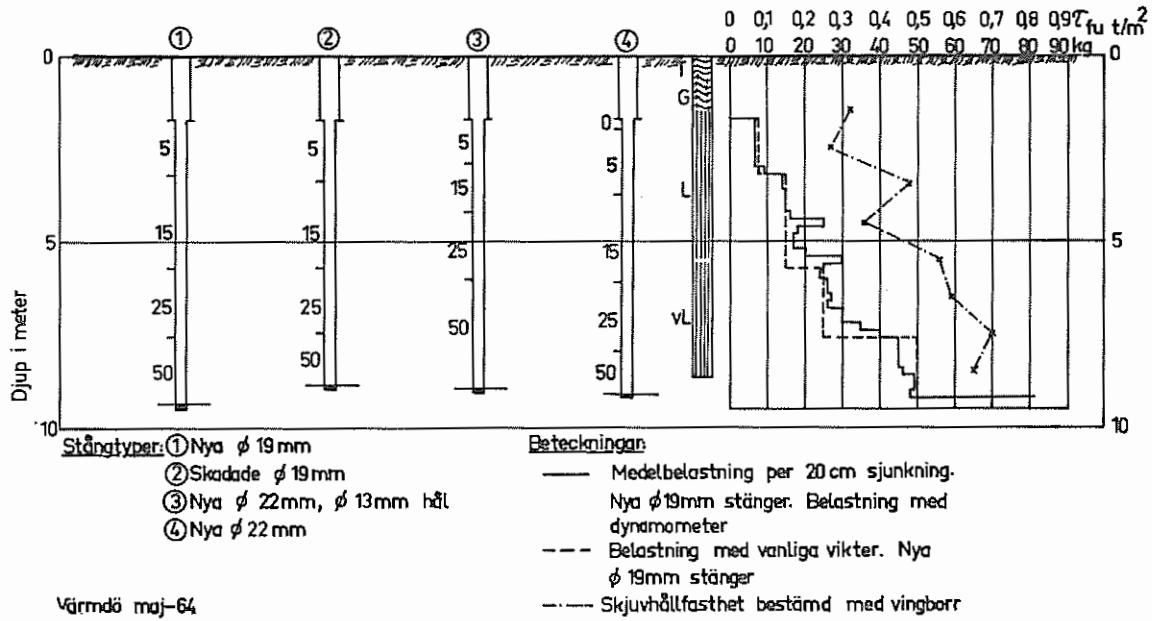
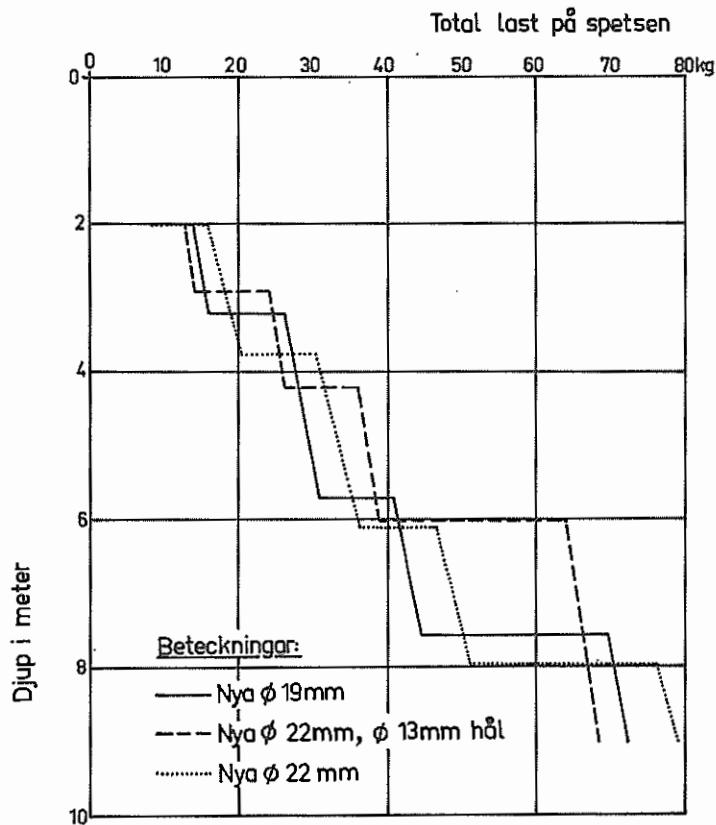
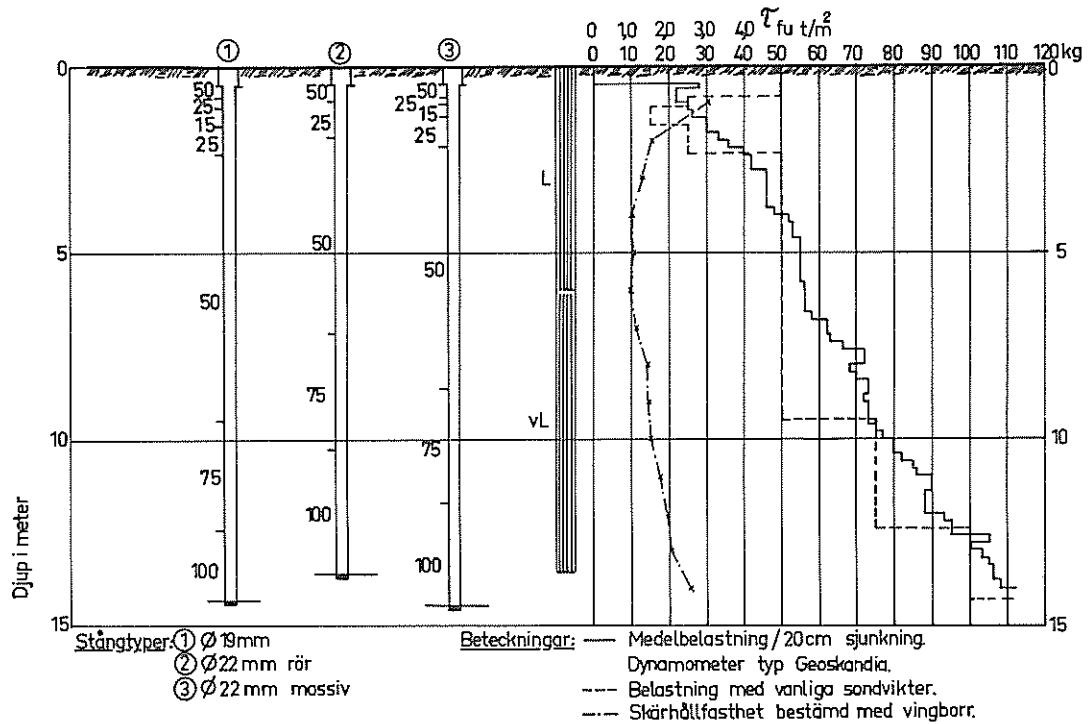


Fig. 3. Viktsondering med olika stångtyper i lös lera (UB II:4)



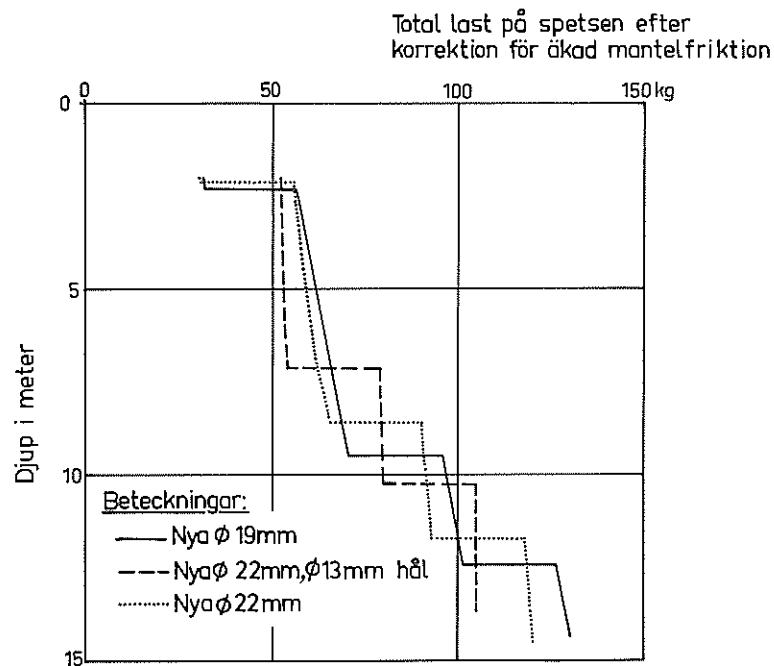
Värmdö maj-64

Fig. 4. Viktsondering med olika stångtyper i lös lera (UB II:4)



Skå-Edeby juni-64

Fig. 5. Viktsondering med olika stångtyper i lös lera (UB II:4)



Skå-Edeby juni-64

Fig. 6. Viktsondering med olika stångtyper i lös lera (UB II:4)



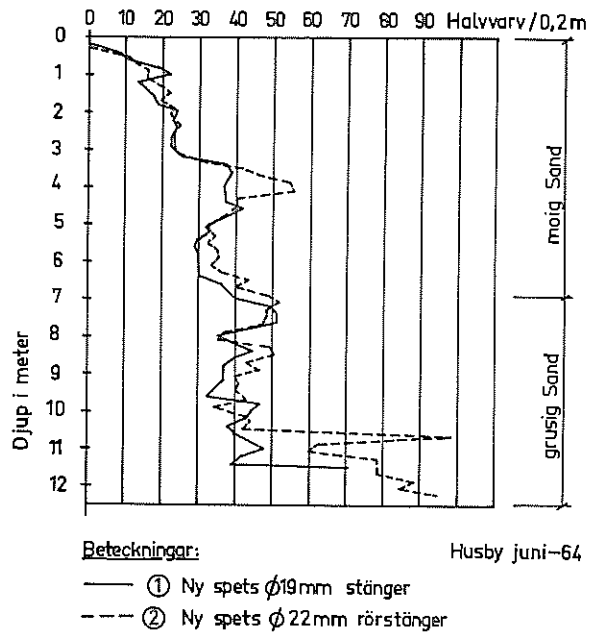
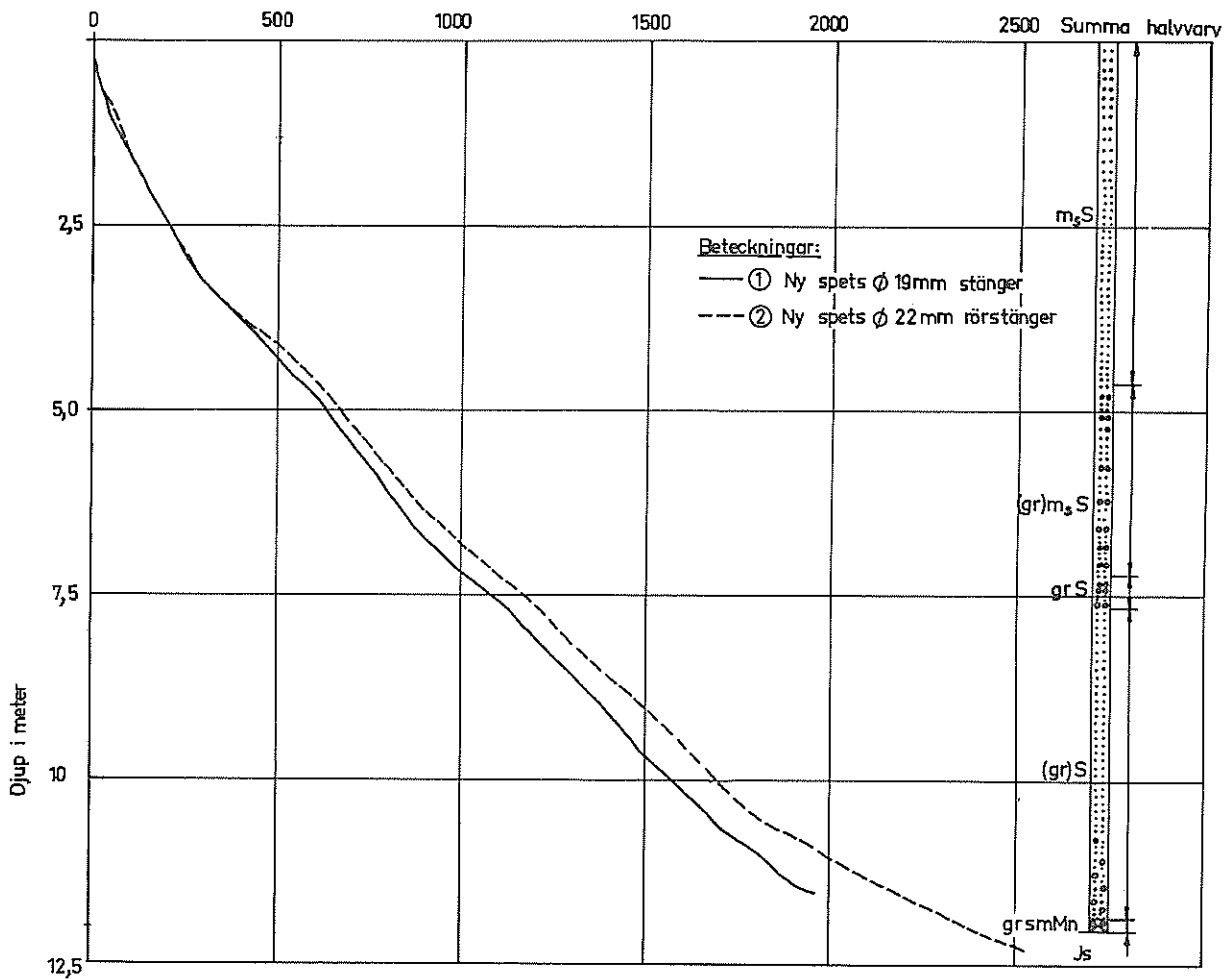


Fig. 7. Viktsondering med  $\varnothing$  19 mm och  $\varnothing$  22 mm sondstänger i friktionsmaterial (UB II:4)



Husby juni-64

Fig. 8. Viktsondering med  $\varnothing$  19 mm och  $\varnothing$  22 mm sondstänger i friktionsmaterial (UB II:4)

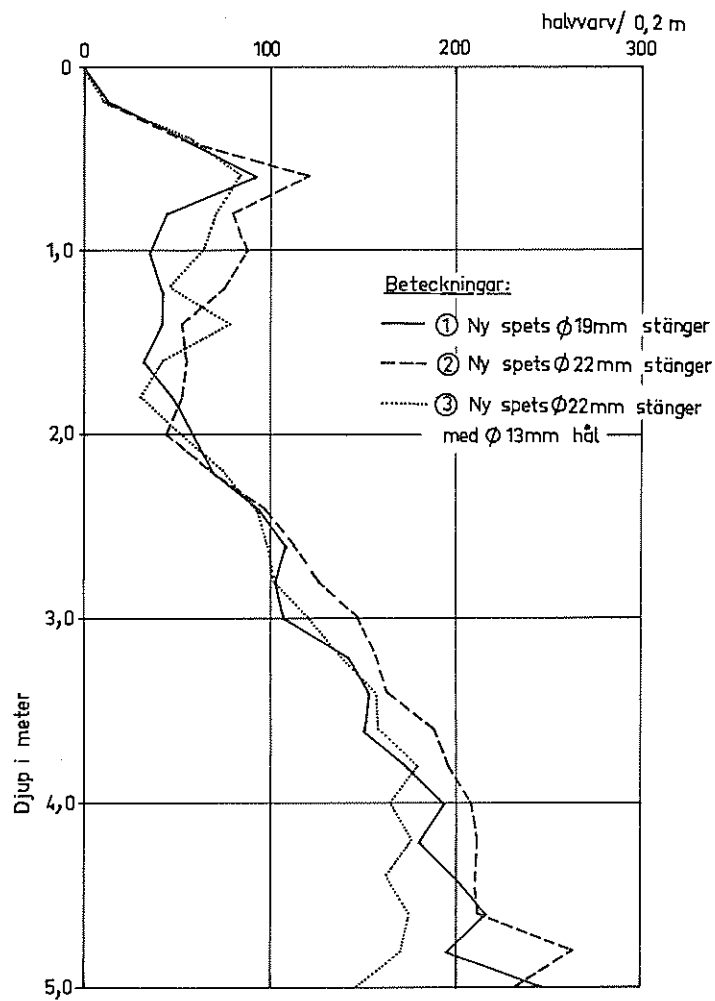
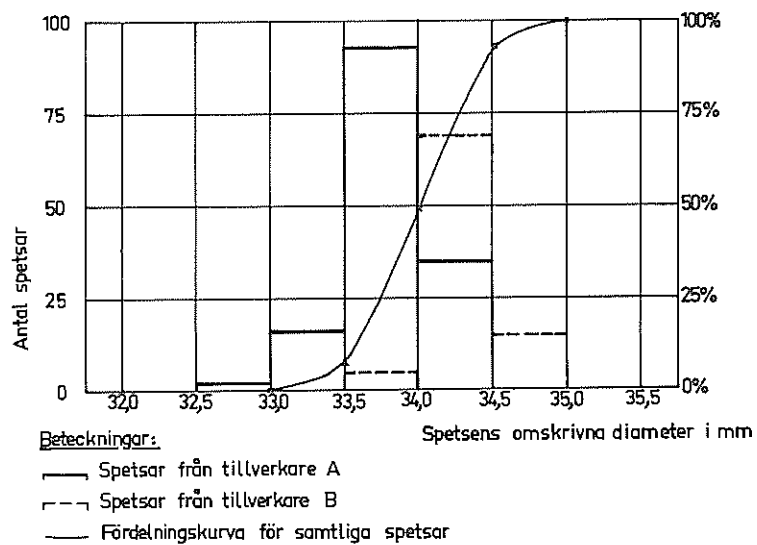


Fig. 9. Viktsondering med olika sondstänger i friktionsmaterial (UB II:4)



Stockholm augusti-64

Fig. 10. Uppmätning av nytillverkade viktsondspetsar från två tillverkare (UB II:4)

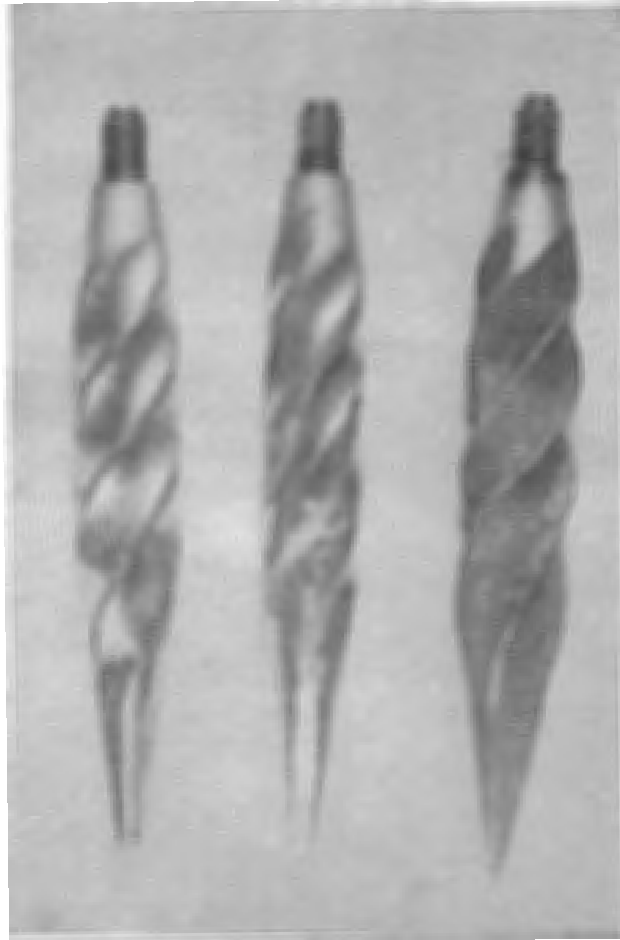


Fig. 11. Viktsondspetsar med olika förslitningsgrad, mätt i mm på den omskrivande cirkelns diameter:  
a. 2 mm, b. 5 mm och c. 0 mm (UB II:4)

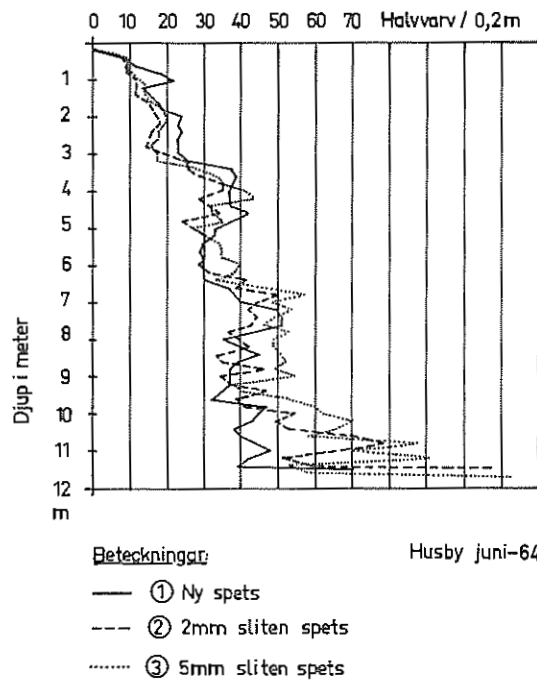


Fig. 12. Viktsondering med nya och slitna spetsar i friktionsmaterial (UB II:4)

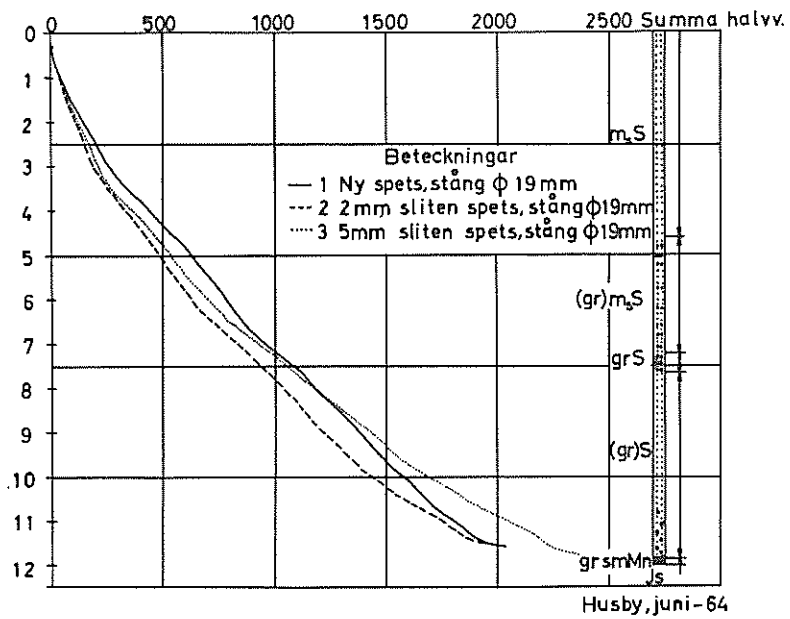


Fig. 13. Viktsondering med nya och slitna spetsar i friktionsmaterial (UB II:4)

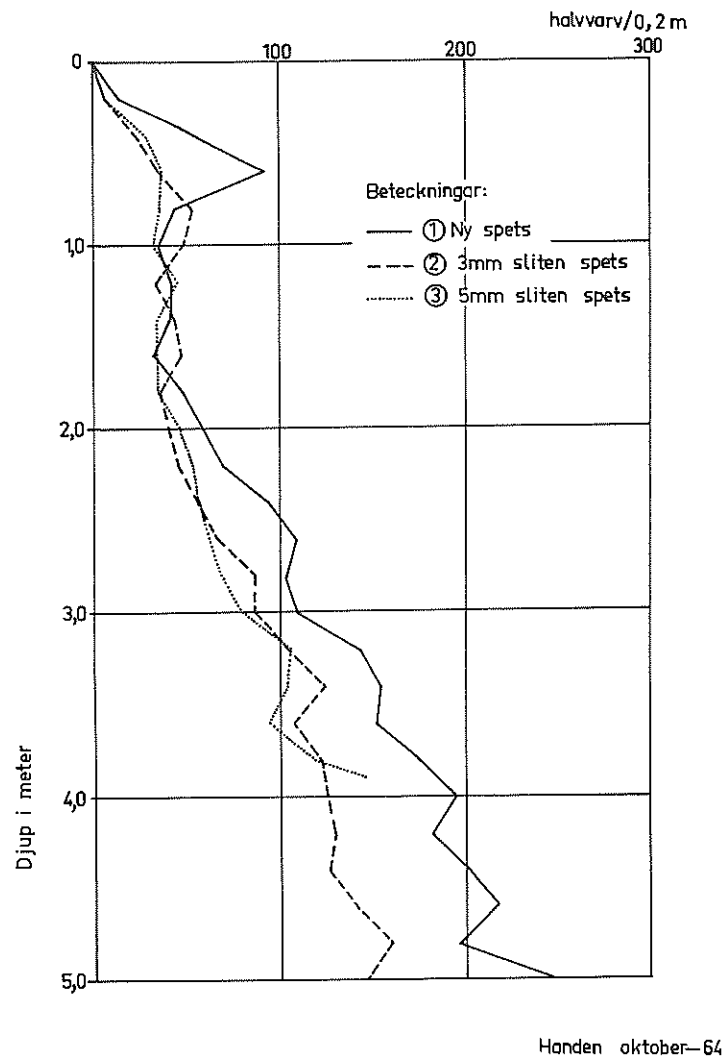
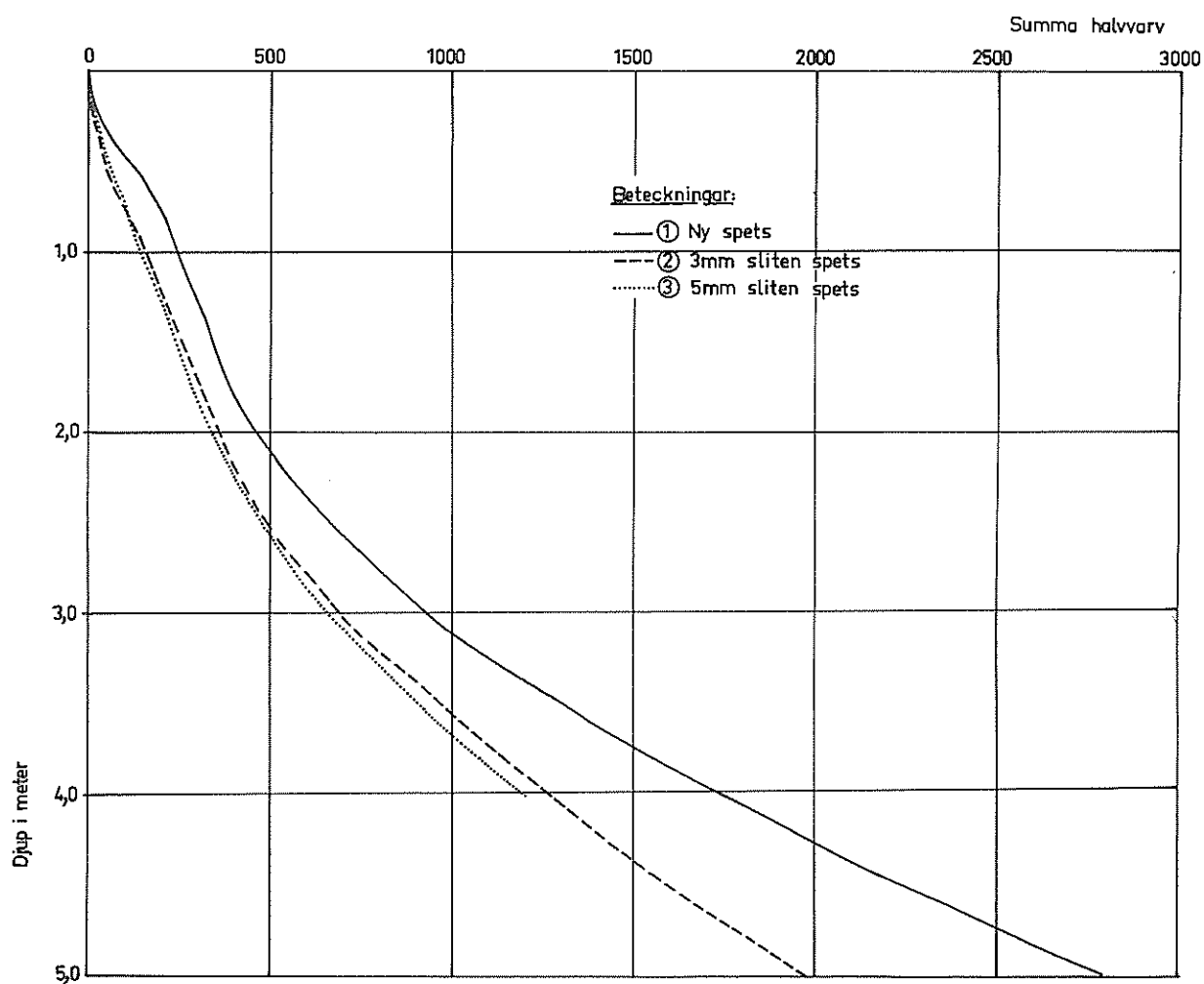


Fig. 14. Viktsondering med nya och slitna spetsar i friktionsmaterial (UB II:4)



Handen oktober-64

Fig. 15. Viktsondering med nya och slitna spetsar i friktionsmaterial (UB II:4)

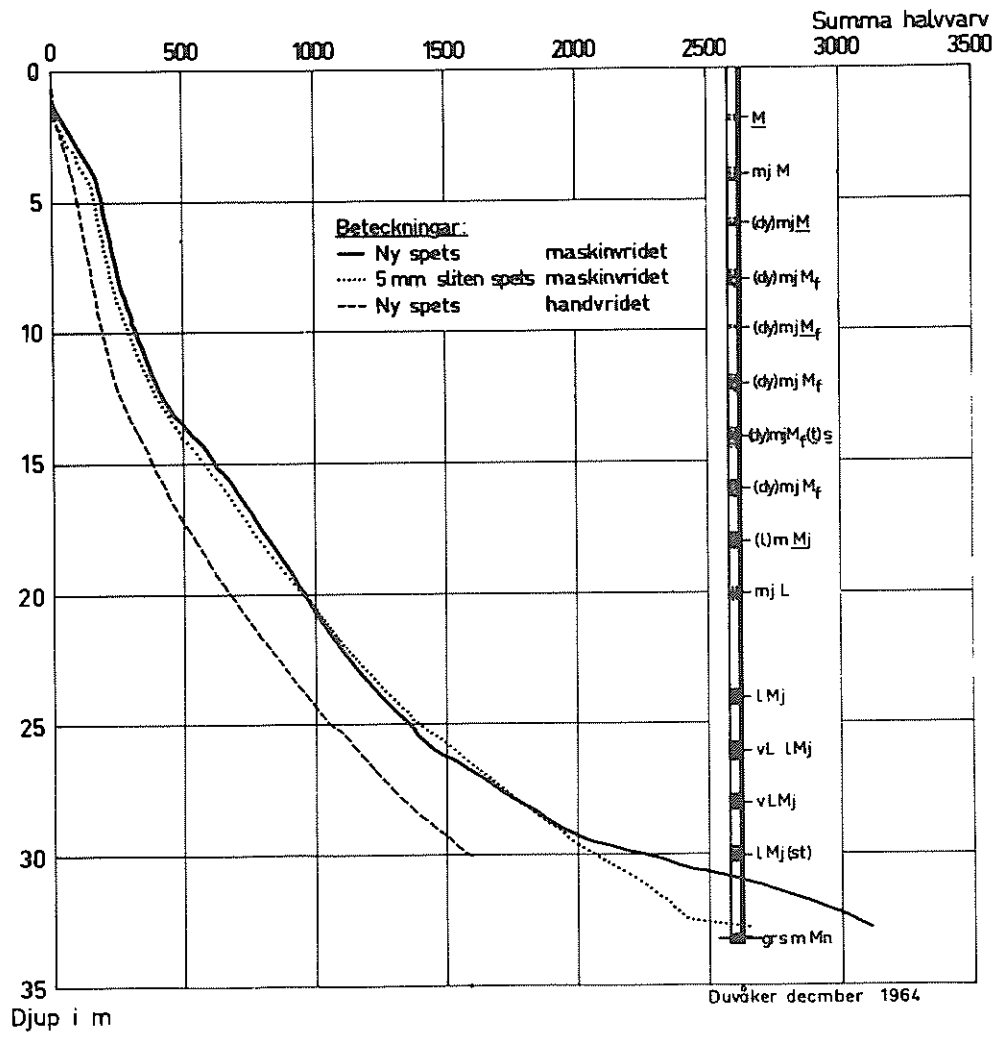


Fig. 16. Viktsounding med olika utrustning i Duvåker (UB II:4)

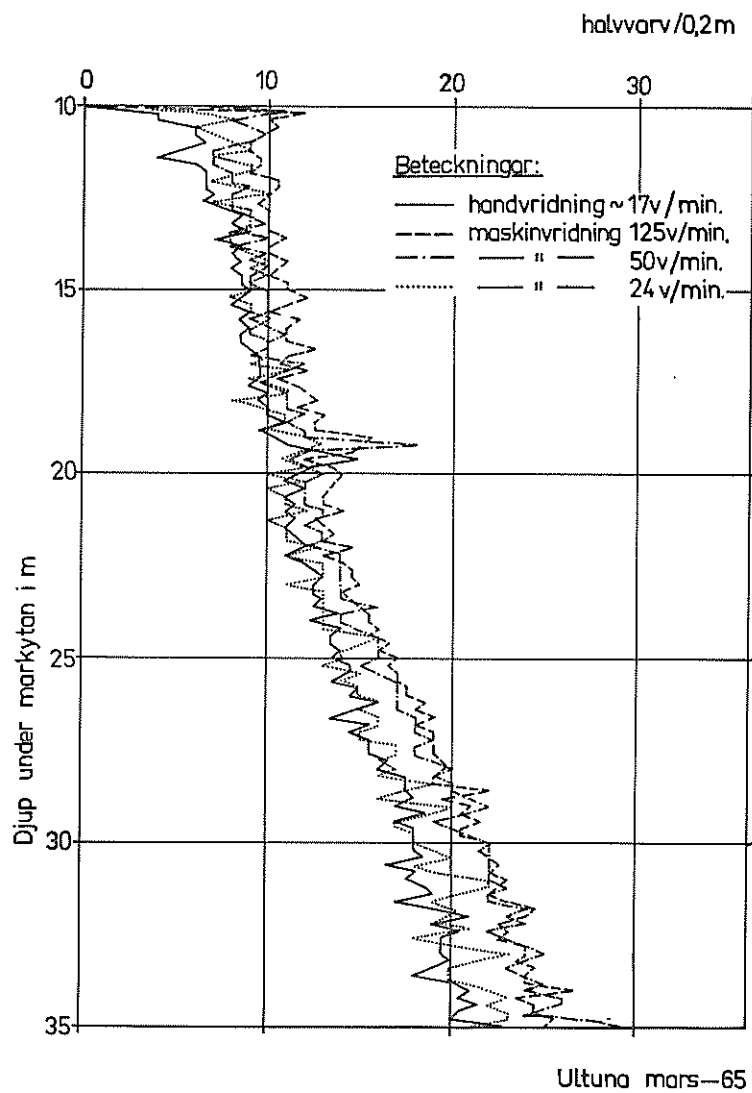


Fig. 17. Viktsondering i lera för hand och med maskin, som vrider med tre olika hastigheter (UB II:4)

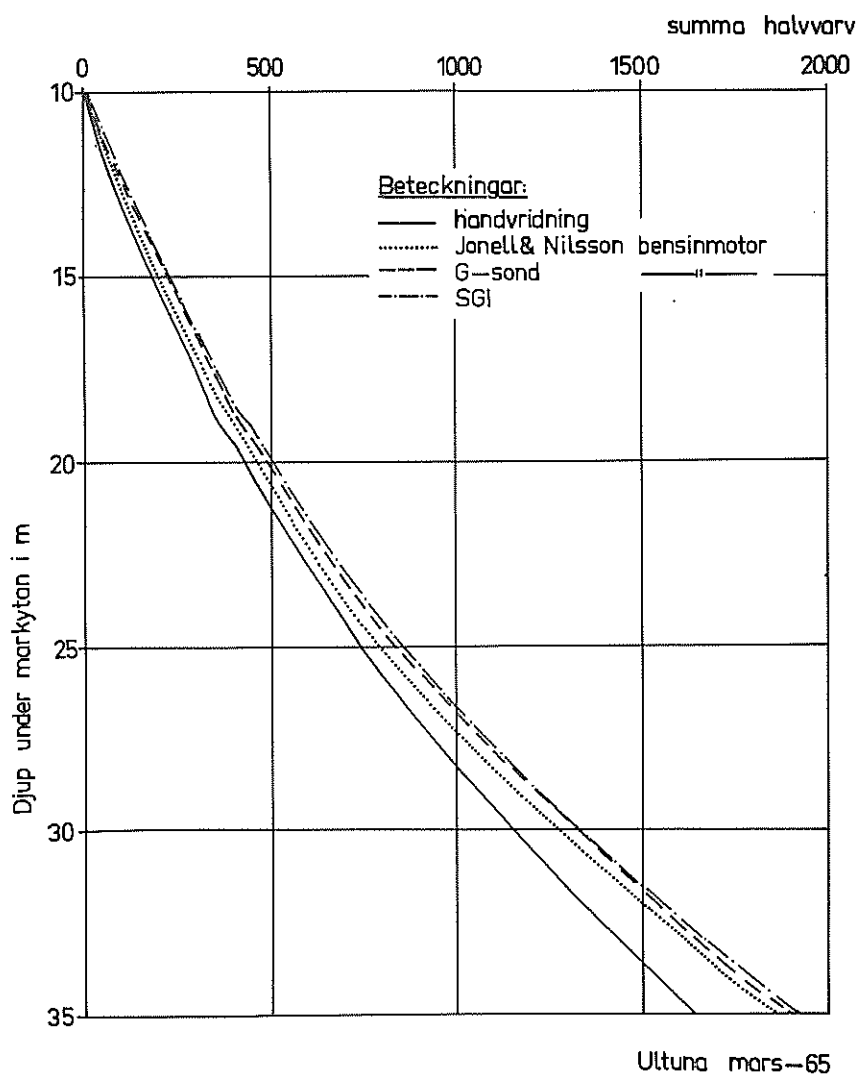


Fig. 18. Viktsondering i lera för hand och med tre olika maskintyper (UB II:4)



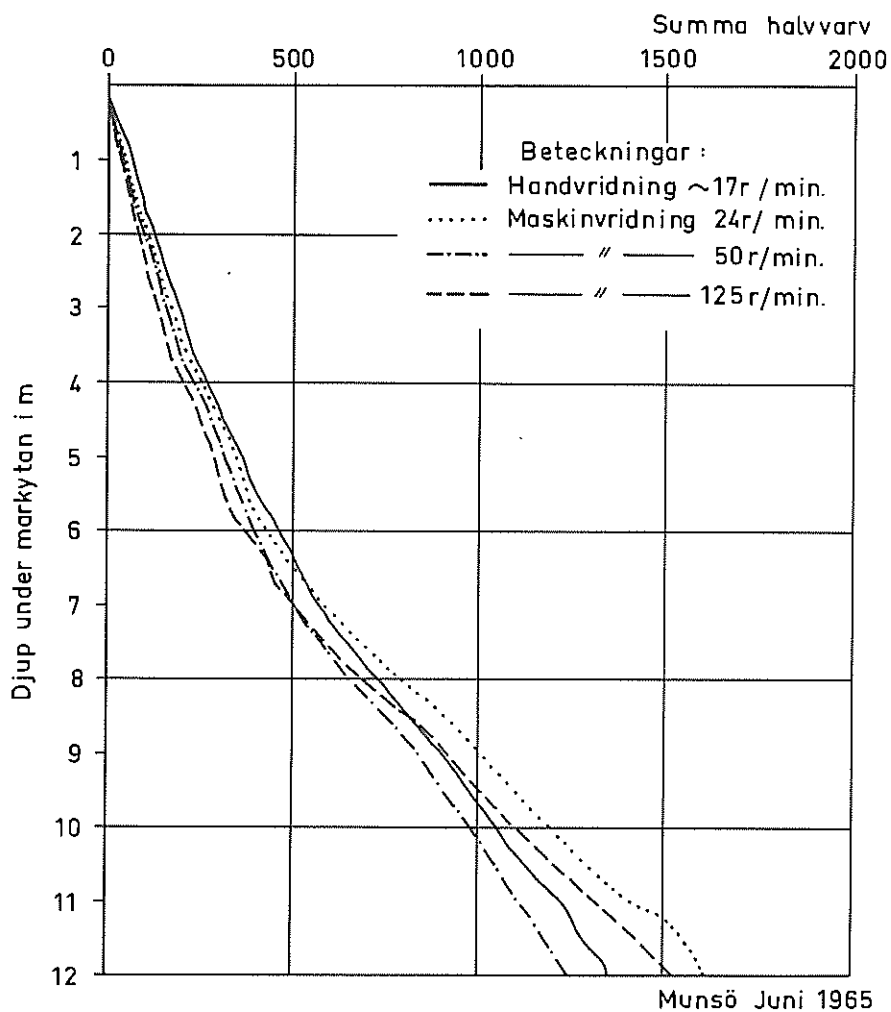


Fig. 19. Viktsondering i friktionsmaterial dels för hand, dels med maskin med tre olika hastigheter (UB II:4)

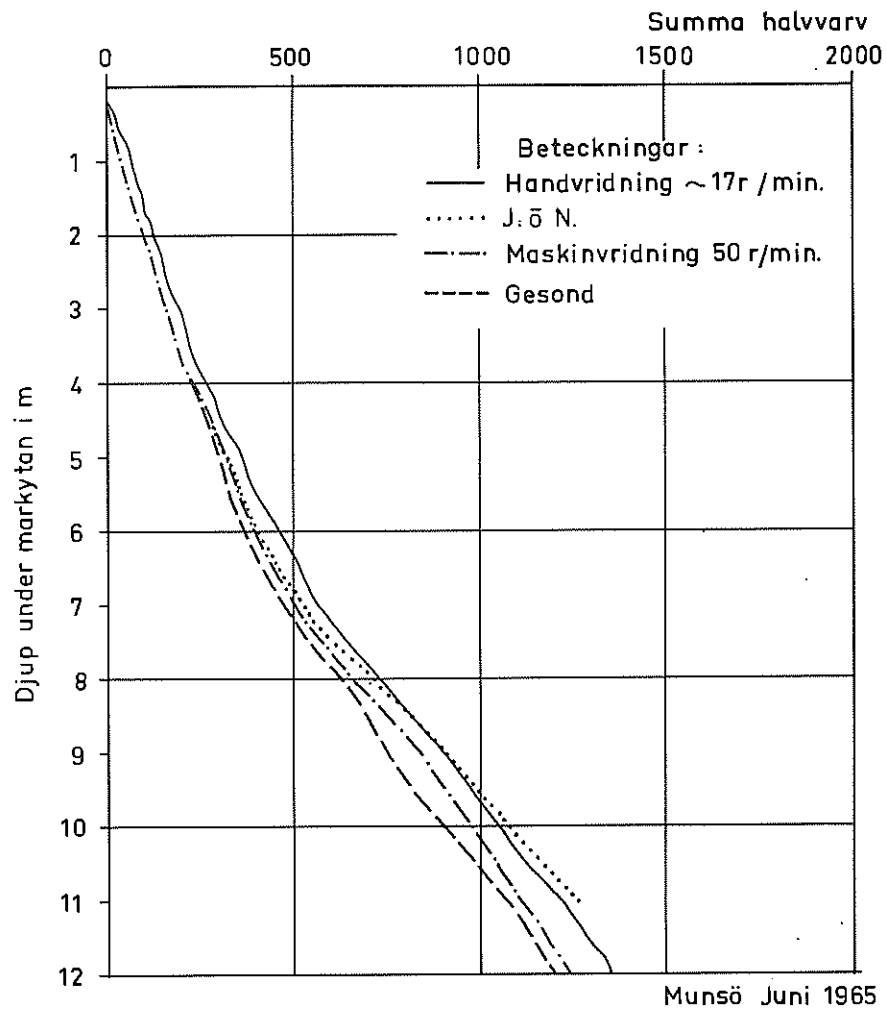


Fig. 20. Viktsondering i friktionsmaterial dels för hand, dels med tre olika maskintyper (UB II:4)

SEKTION II

VIKTSONDERING

Diskussion

DISKUSSION (referat)

Till diskussionen hade inkommit ett skriftligt inlägg av A. Ruoppa, Finland. Detta återges nedan i sin helhet och följs av avkortade referat av övriga diskussionsinlägg.

Aarne Ruoppa, FinlandNågra försök för att jämföra inverkan av olika spetsar och belastningar vid viktsondering

Helsingfors stads geotekniska byrå har utfört några sonderingar för att jämföra sonderingsmotstånd mellan den svenska standardiserade spetsen och den i Finland använda spetsen samt vidare den sistnämnda i slitet tillstånd. Resultaten av dessa ses i fig. 1.

Man kan konstatera både av sonderingsmotståndsfigurer och av summakurvor, att vid sondering i lösa friktionsjordlager under grundvattenytan den svenska spetsen har givit mindre motstånd än den finska och vidare att den finska slitna spetsen har givit sonderingsmotstånd mittemellan de tidigare nämnda.

Däremot ovanför grundvattenytan i något fasta friktionsjordlager har den svenska spetsen givit större motstånd än den finska spetsen och den finska slitna spetsen ställer sig igen mellan dessa, men skillnaden mellan de här finska spetsarna är mycket liten, speciellt inom den första metern.

Det tycks enligt detta vara så, att spetsformen har större inverkan på sonderingsmotståndet än ett måttligt slitage.

I fig. 2 och 3 framställs inverkan av sondens belastning på sonderingsmotståndet under samma förhållanden. I lösa friktionsjordlager under grundvattenytan har man med den finska spetsen fått till och med mindre motstånd vid 75 kg belastning än vid 100 kg. Med svenska spetsen är sonderingsmotståndet ungefär samma.

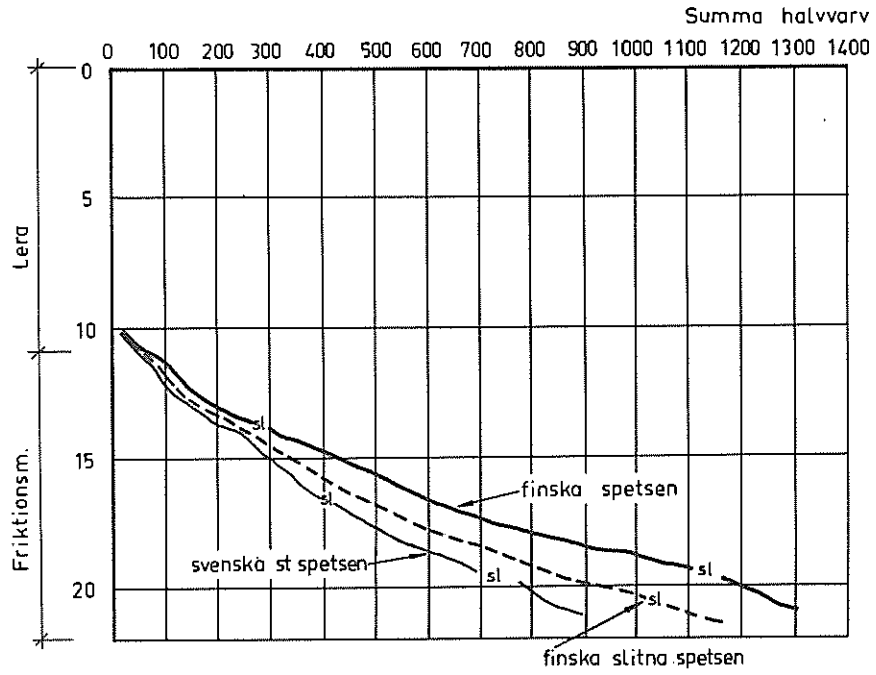
Vid sondering ovanför grundvattenytan i fastare lager ger den finska

spetsen större motstånd vid både 50 kg och 75 kg belastning än vid 100 kg belastning. Vid 125 kg belastning har man i början fått litet mindre motstånd än vid 100 kg belastning, men mot slutet höjer sig summakurvan över den för 100 kg belastning. Med den svenska sonderingsspetsen vid 50 kg belastning har man fått avsevärt större motstånd jämfört med de andra, men däremot kan man inte konstatera någon större skillnad mellan belastningarna av 75 kg, 100 kg eller 125 kg.

Enligt det här tycks det visa sig i alla fall att vid sondering genom vatten eller från ställning är det inte nödvändigt att minska belastningen motsvarande de stänger, som finns i vatten eller luft innanför skydds-röret.

Det är ju vidare uppenbart, att friktionen mot stängerna är en ännu större felfaktor än spetsens form och slitage eller små variationer av belastningen.

MARJANIEMI



KONTULA

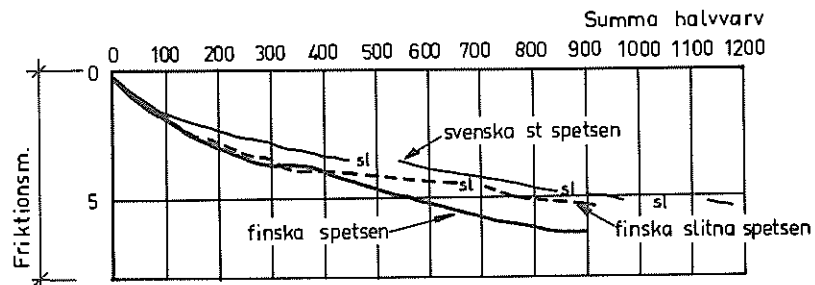
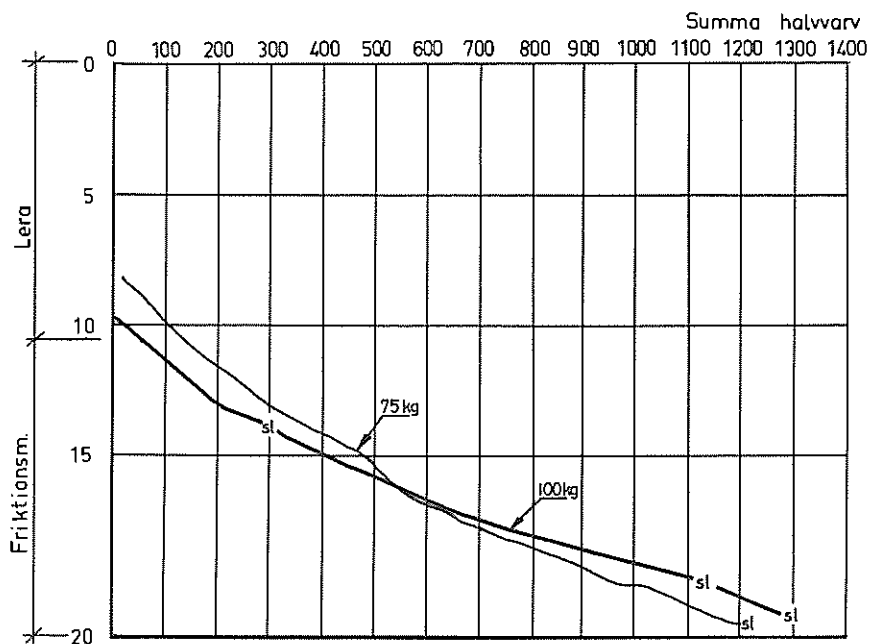


Fig. 1. Jämförande viktsonderingar med olika spetsar (AR II:Disk.)

## MARJANIEMI

Viktsonderingar med finska spetsen



Viktsonderingar med svenka stand.spetsen

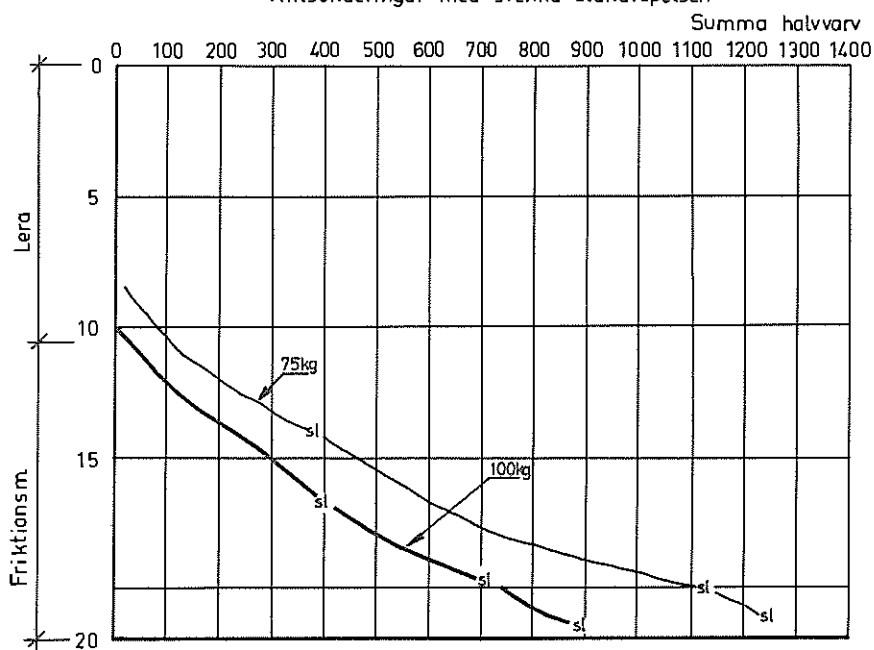
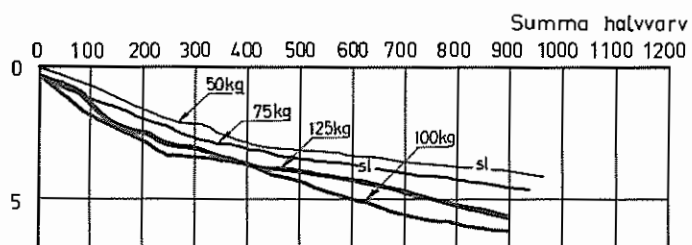


Fig. 2. Jämförande viktsonderingar vid olika belastningar i lera och friktionsmaterial under grundvattenytan (AR II:Disk.)

## KONTULA

Viktsonderingar med finska spetsen



Viktsonderingar med svenska stand. spetsen

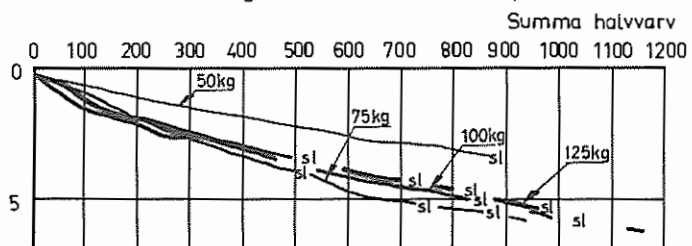


Fig. 3. Jämförande viktsonderingar vid olika belastningar i tämligen fast friktionsmaterial ovan grundvattenytan (AR II:Disk.)



Den fortsatta diskussionen kom främst att gälla viktsondspetsens form och tillåten förslitningsgrad. Härvid framförde:

E. Järviö, Finland att han påträffat en kraftigt sliten viktsondspets, som använts vid undersökningar för ett större byggnadsobjekt (20 sonderingshål) vilket uppförts utan allvarliga konsekvenser. Härav kan man dra den slutsatsen att förslitningen av sondspetsen har liten betydelse.

T. Kallstenius, Sverige. Tidigare försök vid Ultuna visar att om viktsondspetsens tvärsnitt ökas så ökar neddrivningsmotståndet till följd härav. Om spetsens tvärsnitt minskas ökar också neddrivningsmotståndet men i detta fall till följd av ökad mantelfriktion eftersom förhållandet mellan spets- och stångdiameter minskar. Det bästa resultatet tycks man få med den vedertagna spetsen. Vidare vill jag anföra, att det är skillnad mellan vetenskapliga försök och praktik. Vissa föreskrifter om noggrannhet och toleranser ökar omsorgen vid sondering och materielvård.

U. Bergdahl, Sverige. Standardisering av spetsen och tillåtet slitage är nödvändigt för att man skall erhålla den objektivitet hos metoden, som vi bör eftersträva.

Fortsättningsvis anförde A. Ruoppa, Finland att det är viktigare att begränsa rundningen av kanterna än minskningen av den omskrivande cirkelns diameter.

På tal om erforderlig fasthet hos friktionsmaterial för att plattgrundläggning skall kunna tillämpas anförde: B. Jakobson, Sverige att ett neddrivningsmotstånd på 10 halvvarv per 20 cm sjunkning var tillräckligt för att plattgrundläggning av broar skall kunna utföras. C.T. Winkel, Danmark menade att ett sonderingsmotstånd på 10 à 15 halvvarv per 20 cm sjunkning motsvarade tillräcklig fasthet för att ett tvåvåningshus skulle kunna grundläggas på plattor.

Diskussionen avslutades med att E. Järviö, Finland visade några uppritningar av sonderingsdiagram, som utförts av en datamaskin med ledning av noteringarna på fältprotokollet, som stansats på hålkort.

SEKTION III

STATISK SONDERING

Föredrag

TRYKKSONDERING I NORGE

A. Andresen, Norge

Innledning

Som Aas nevnte igår er trykksondering lite brukt i Norge, men metodene er betraktet som de beste for en relativ bestemmelse av sandens lagringstetthet og for lokalisering av leirlag og torvlag i sandavsetninger.

Jeg vil først gi en oversikt over de utstyr som er brukt, dernest summere våre erfaringer med utstyrene og tilslutt fortelle litt om et utstyr som er utviklet som et samarbeid mellom Veglaboratoriet og NGI.

Oversikt over trykksonderinger utført i NorgeSGI maskinsonde

I forbindelse med byggingen av Jernverket i Mo i Rana ble det i 1950 foretatt ca 1000 sonderinger med SGI maskinsond. På området var det sandavsetninger med store variasjoner i lagringstettheten. Resultatene ble kalibrert mot prøvetaking i forbindelse med utgravninger for fundamenter. Disse utgravningene ble foretatt ned til så store dybder som 10 meter. Det er såvidt jeg vet ikke publisert noe om disse sammanlignende forsøk og jeg vet ikke om SGI har bearbeidet detta materiale. Utstyret og resultatene av boringene var overbevisende gode og man har ikke hatt noen vanskeligheter med fundamentene.

Spiss med strekkklapper

I forbindelse med grunnundersøkelsene for Porsgrunns broen ble det i 1953 vid NGI konstruert en trykksonde med muligheter for registrering av såvel spiss som total motstand. Spissen hadde innbygd strekkklapper på et forspent innerrør og spissmotstanden ble følgelig elektrisk målt. Totalmotstanden ble derimot avlest på en hydraulisk trykkmåler. Det ble benyttet 32 mm  $\emptyset$  amerikanske diamantboringsrør og spisser med henholdsvis 8 og 10 cm<sup>2</sup>. Nedpresningsutstyret hadde en max kraft på 12 t, men vi kunne ikke komme høyere opp enn 6 t før rørene knakk ut nede i bakken til tross for at vi spylte med foringsrør 2 - 3 m under elvebunnen. Det samme utstyr ble benyttet i Trondheim havn og ellers på forskjellige oppdrag.

### Hollandsk trykksondering

I 1956 gikk NGI til innkjøp av et Hollandsk trykksonderingsutstyr med bevegelig spiss hvor trykket mekanisk blir overført fra spissen gjennom innerstenger opp til en målering hvor spissmotstanden ble avlest. Spissen har et areal på  $10 \text{ cm}^2$  og ytterrørene en ytre diameter på 36 mm og en indre diameter på 16 mm. Rørene skjøtes med glatte skjøter forsynt med koniske gjenger. Man konstruerte også en lettere nedpresningsmaskin med maksimal nedpresningskraft 2 t. I forbindelse med denne maskinen ble det brukt rør som var neddreid utenfor gjengepartiet for å minske friksjonen langs med rørene. Denne friksjonen fikk ofte ellers hele riggen til å vibrere slik at avlesning av måleuret var vanskelig.

Den hollandske trykksonden er enklere i bruk enn den vi opprinnelig laget, idet man slipper å tre kabler. Men hovedgrunnen til at vi gikk over til det mekaniske prinsippet var vanskeligheter med det elektroniske utstyret.

Resultatene er imidlertid bedre ved elektrisk registrering i spissen. Med det mekaniske prinsippet ser det ut til at stengene ofte henger seg noe opp og vi har fått resultater som klart indikerer dette (fig. 1).

I forbindelse med konstruksjonen av en ny hydraulisk nedpresningssylinder (13 t ned, 20 t opp) ble det i 1964 konstruert en ny spiss med elektrisk registrering basert på prinsippet med svingende streng (fig. 2). Vi har hatt noen vanskeligheter med varmeutviklingen på grunn av friksjonen mellom sand og spissen, men regner med å overvinne dette.

### Jonell & Nilsson trykksonde

Den eneste som har Jonell & Nilsson trykksonde i Norge er Ing. Madshus. Han bruker den bare i løs sand og har der fått gode resultater, fullt sammenlignbare med de boringene som ble utført på Jernverket.

Utstyret er etter hans mening noe for svakt. Han har sporadisk brukt det i leire, men mener å få bedre indikering av lagdelning med bruk av dreiebor.

### Konklusjon for trykksondering

Trykksonderingen ser ut til å være den beste metode for en relativ bedømmelse av sands lagringstetthet og for lokalisering av leire og torv i sandavsetninger.

Direkte måling av spissmotstanden ser ut til å gi de beste resultater og en kontinuerlig registrering er å foretrekke.

Det trenges relativt store nedpresningskrefter (6 - 10 t) for å ha den fornødne nedtrengningsevne for å sikre seg mot underliggende bløttere lag.

Forankringene er tidskrevende og kan gjøre boringene relativt kostbare. Trykksonderingene som er utført hos oss er ofte utført på vann og nødvendigvis en stor flåte og bruk av grovt dimensjonerte foringsrør (5 - 6" med avstivninger). Vi har i flere tilfeller hatt utknekking av rørene under sjøbunnen.

Vi regner med å fortsette med trykksondering, men metoden vil ikke bli noen vanlig sondermetode, men man kan si det slik at hva vingeboret er i leire, er trykksonderingsutstyret i sand.

### Maskinsondering type Veglaboratoriet/NGI

Det har etter vår mening vært behov for et mekanisert sonderbor med mer "all round" egenskaper og som er mer økonomisk i bruk enn de utstyr vi har. I samarbeid med Veglaboratoriet har NGI utviklet et sonderutstyr som er en kryssning mellom dreieboret og trykksonderingsutstyret men som vel må klassifiseres som et trykksonderingsutstyr (fig. 3).

Maskinen er hydraulisk og montert på traktor. Det er to adskilte hydrauliske systemer, et for rotasjon, og ett for ned- og oppresning for å sikre konstant rotasjon og nedpresningshastighet.

Etter amerikansk mønster er det en kraftig rotasjonsenhet som ved full effekt tar hele 52 HK. Maskinen er således overdimensjonert for sondering, men kreftene er beregnet for hulltaking o. lign.

(Spissen rund  $\varnothing$  40 mm og en påsvetsad spiral gir  $\varnothing$  45 mm.) Boret presses ned med en konstant hastighet på 3 m/min samtidig som det roterer med en konstant hastighet på 25 o/min. Dvs at et punkt på stangens overflate beveger seg under en stigning på  $45^\circ$ . Den totale nedpresningskraft registreres mot dybden. Når kraften når ca 1500 kg som er omtrent traktorens vekt ved boret, stopper den konstante nedpresningshastighet mens omdreiningshastigheten fortsatt er konstant. Opprinnelig ble også omdreininger pr meter synkning registrert, men da dette viser sig å være av mindre interesse, er dette nå sløyfet (fig. 4). Utstyret har vært i bruk i ca. 1/4 år. Det har vært vanskeligheter med den elektriske registrering og enkelte uhell med selve traktoren. Det er for tidlig å uttale seg definitivt om maskinen, men resultatene ser lovende ut.

Prinsippet ser etter vår mening ut til å være riktig, og man får en god indikering av lagene (fig. 5).

Nedtrengningsevnen er god og man kan også indikere bløte lag under sand og grusavsetninger (fig. 6). Maskinen er automatisk og ved nytt tak starter rotasjonen noen sek for nedpresningen noe som gir en kontinuerlig kurve. Vi mener ikke å kunne bruke resultatene direkte til bestemmelse av skjaerfasthet eller lagringsfasthet, men regner med å få tillstrekkelig gode sammenlignbare resultater om lagdeling og lagenes relative fasthet til å foreta den videre vingeboing, trykksondering og prøvetaking og til å henge disse resultatene opp på sonderingene.

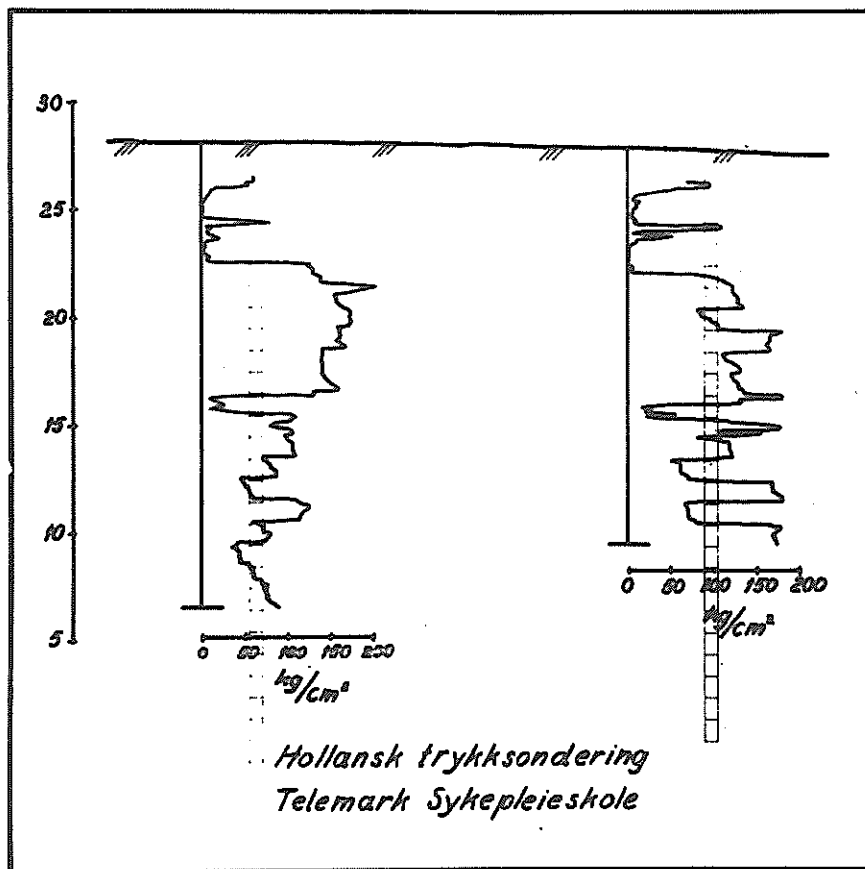


Fig. 1. Holländsk trycksondering. Stängerna kan hänga upp sig varför en mekanisk registrering kan ge missvisande resultat (AA III:1)

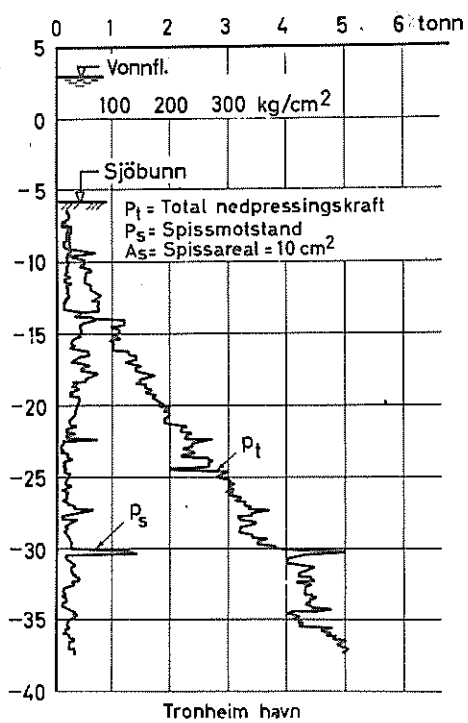


Fig. 2. Holländsk sondering med elektrisk registrering av spetsmotståndet (AA III:1)



Fig. 3. Maskinsondering type Veglaboratoriet/NGI (AA III:1)



MASKINSONDERING

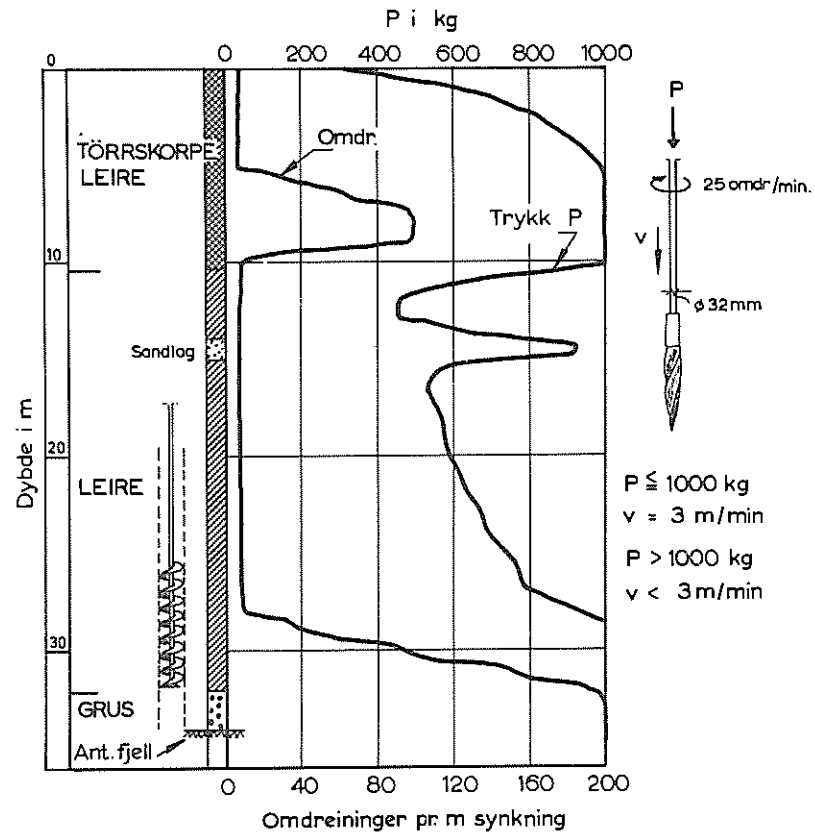


Fig. 4. Princip för trycksond type Veglaboratoriet/NGI  
(AA III:1)

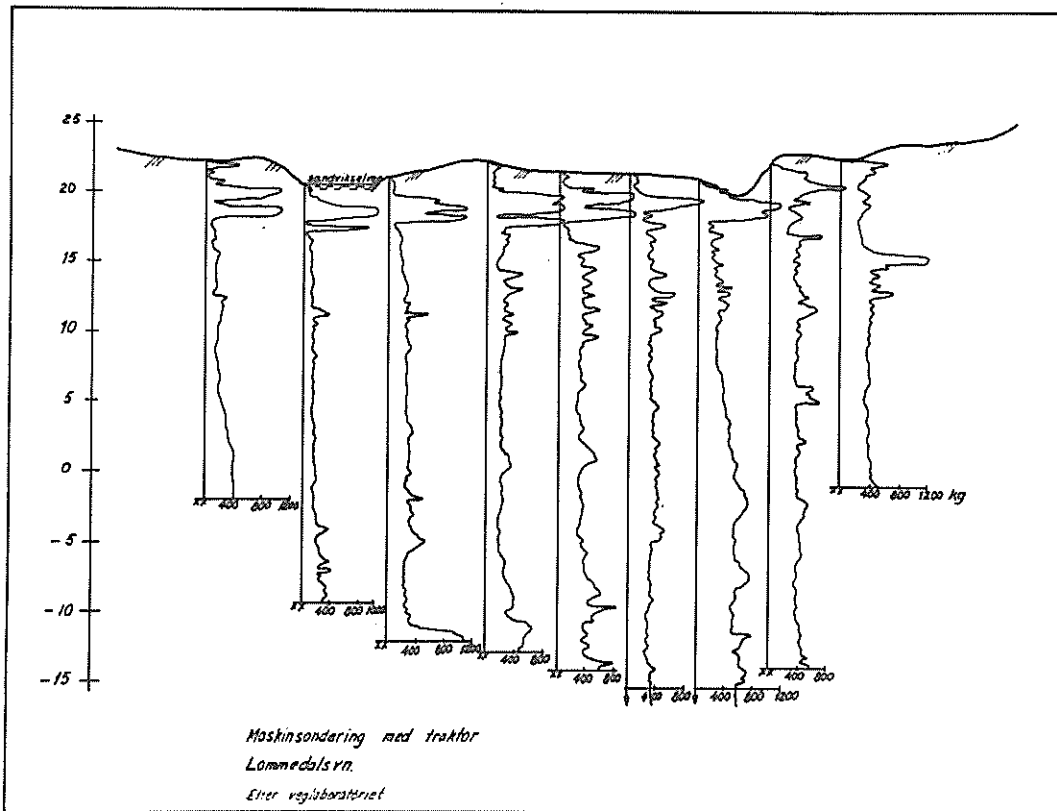


Fig. 5. Man erhåller med den nya utrustningen en god indikering på i jorden förekommande skikt (AA III:1)

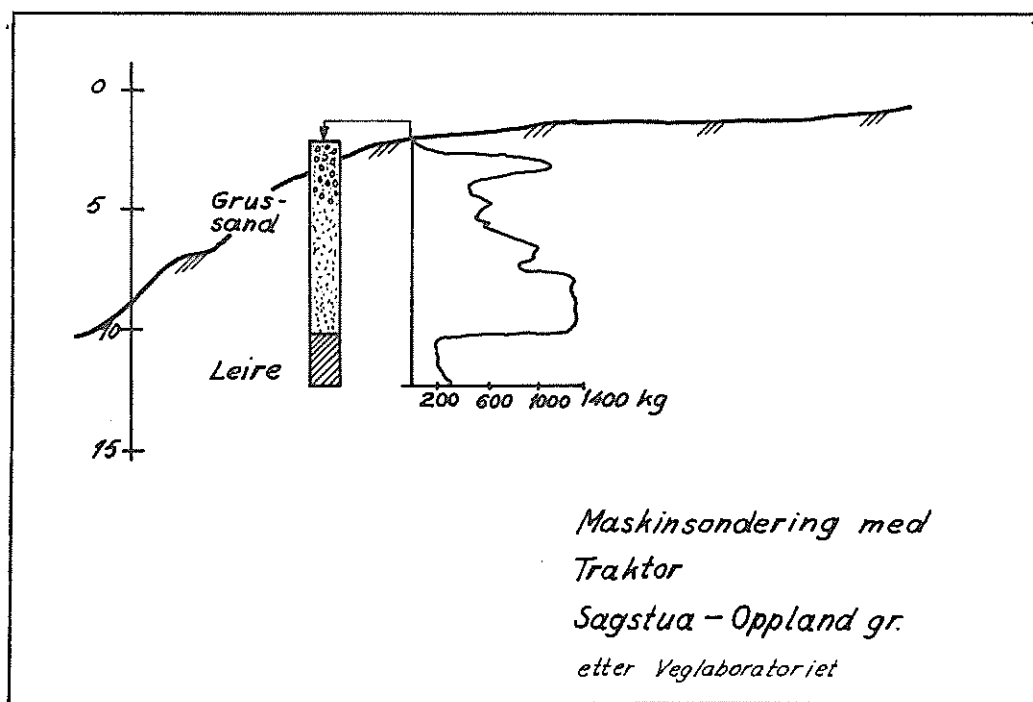


Fig. 6. Även lösa skikt under fastare kan tydligt indikeras (AA III:1)

TRYCKSONDERING I SVERIGE

T. Kallstenius, Sverige

I Sverige används maskinsond och trycksond tämligen omfattande. Maskinsonden finns endast i ett exemplar men är fortfarande den snabbaste sonderingsmetoden. Metoden har vid olika tillfällen kalibrerats. I Bålsta i närheten av Stockholm har gjorts en kalibrering för lera. Med 40 mm sondspets gav jämförelse mellan konprov och maskinsond relationsvärden  $N_c$  som varierade mellan 12 och 25 med ett medelvärde på ca 15 (fig. 1). En liknande spridningsbild erhöles med 25 mm spets på Järvafältet norr om Stockholm där sonden också kalibrerades i lera (fig. 2). Anledningarna till spridningen är flera. Delvis inverkar jordarten som sådan, delvis inverkar förhållandena kring spetsen och stången. Man får komma ihåg att en stor del av neddrivningsmotståndet utgörs av mantelmotstånd. Även om mantelmotståndet helt elimineras påverkar manteln förhållandena kring spetsen på ett sätt som inverkar på spetsmotståndet. Systematiska försök (fig. 3) utfördes vid Agnesberg i Göta Älvdalen där olika sondspetsar provades i lera dels med olika diametrar dels med olika mantellängd. Det visade sig att  $N_c$ -värdet sjönk vid stigande spetsdiameter. Vidare steg  $N_c$ -värdet vid växande mantellängd. Beträffande inverkan av spetsdiametern får man komma ihåg att samma förlängningsstång användes till samtliga spetsar dvs relationstalet mellan spets och förlängningsstång ändrades. En väsentlig faktor visade sig vara vikten av omrörd lera eller tung borrhätska ovanför spetsen. Vid spetsdiametrar som överstiger förlängningsstångens diameter kan trycket från ovanliggande vätska medföra att spetsmotståndet helt försvinner eller blir negativt dvs sonden sjunker av sig själv (fig. 4). Motsvarande effekt torde uppstå genom rotationen av sondstången i t.ex. en kvick lera.

Maskinsondspetsarna har kalibrerats också i sand (fig. 5). Det visade sig att man inte kunde finna någon god relation mellan t.ex. sandens portal eller relativa packningsgrad uttryckt i siffor och spetsmotståndet. Däremot medförde en subjektiv klassning i lös packning, medelfast packning och hård packning någorlunda jämförbara resultat. Intressant var också vid dessa försök att en rent statistisk sondering utan roterande stång gav högre spetsmotstånd än försök där spetsen satt på en roterande stång

(dock utan att rotera). Man kan tänka sig att den roterande rörelsen medför ett packande av sanden som ger möjlighet för sand att lättare vika undan från spetsen.

Trycksonden är den i Sverige vanligaste metoden för maskinell sondering. Den finns monterad på traktorer, jeepar eller som burens utrustning. Vid kalibrering av trycksond i lera får man ungefär liknande resultat och liknande spridning som vid kalibrering av maskinsond. Man får Nc-värden i storleksordningen 10 - 20 (fig. 6). En jämförelse har gjorts mellan bestämning av lerans torrskorpa med viktsondering jämfört med trycksondering. Det visade sig då att för ren lera motsvarade 50 à 60 kg kraft på trycksondspetsen en nivå där viktsonden började sjunka för 100 kg utan vridning (fig. 7). Om man däremot på mera höglänta ställen mötte en moig lera så kunde trycksonden behöva mäta upp till 400 kg för att komma till den punkt då viktsonden började sjunka utan vridning. Man måste alltså känna jordarten för att kunna bedöma sondresultaten.

Av mycket stor betydelse är att kunna skilja spetsmotstånd och mantelmotstånd åt vid trycksondering (fig. 8). Detta kan i vissa fall vålla svårigheter (fig. 9). Man måste hålla sondspetsarna helt rena och dessutom måste maskinutrustningen medge ett klart åtskiljande (fig. 10). Med mantelmotståndsbestämning kan man upptäcka lösa lager som utan denna bestämning helt försvinner. Av stor vikt vid både maskinsondering och trycksondering är att man i vissa fall inte kan skilja t.ex. medelfast sand och torv åt i diagrammet. Det är därför mycket viktigt att man om sådana skikt kan misstänkas tar rikligt med prover.

Vår erfarenhet av t.ex. holländsk sond är inte särskilt omfattande. Vårt intryck är emellertid att holländsk sond ger ungefär likvärdiga diagram med dem som vi får med t.ex. maskinsond eller trycksond eller i vissa fall t.o.m. genom viktsondering (fig. 11 och 11 a). Den så kallade Pressiometern typ Geocel har provats i Göta älvdalen och vi har också försökt att prova den så kallade  $M_E$ -sonden från Schweiz. Båda de sondtyperna syftar till att på vissa lokala nivåer göra bestämningar av jordens elasticitets och skjuvhållfasthetsgenskaper. Vår erfarenhet av Pressiometern var att den i lera på grund av störningen från det förborrade hålet gav något för höga värden på hållfastheten och möjligen för

låga värden på E-modulen, medan  $M_E$ -sonden misslyckades i Sköndal delvis på grund av ojämnh lagerföljd men också på grund av att förfarandet blir mycket omständligt, tidsödande och dyrt. Till jämförbara metoder kan man ju också räkna den i Sverige använda skruvsonden och vingborren.

Vår erfarenhet är allmänt att de svenska metoderna hos oss är överlägsna de utländska i ekonomi. Som en jämförelse kan visas en tabell (fig. 12), som har gjorts upp ganska grovt på bas av vissa försök som sonderingskommittén utförde i Sköndal, söder om Stockholm. Man kan för rena sonderingsmetoder konstatera att maskinsond och trycksond är överlägset mest ekonomiska medan man för detaljbestämningsmetoder, som motsvaras av t.ex. vingborrh och skruvsond finner att de är överlägsna motsvarande utländska metoder. Som jämförelse har också tagits upp siffror på ren provtagning. Eftersom man ju utför sonderingar för att vinna ekonomi är det uppenbart att alltför dyra sonderingsmetoder inte har någon större marknad i Sverige.

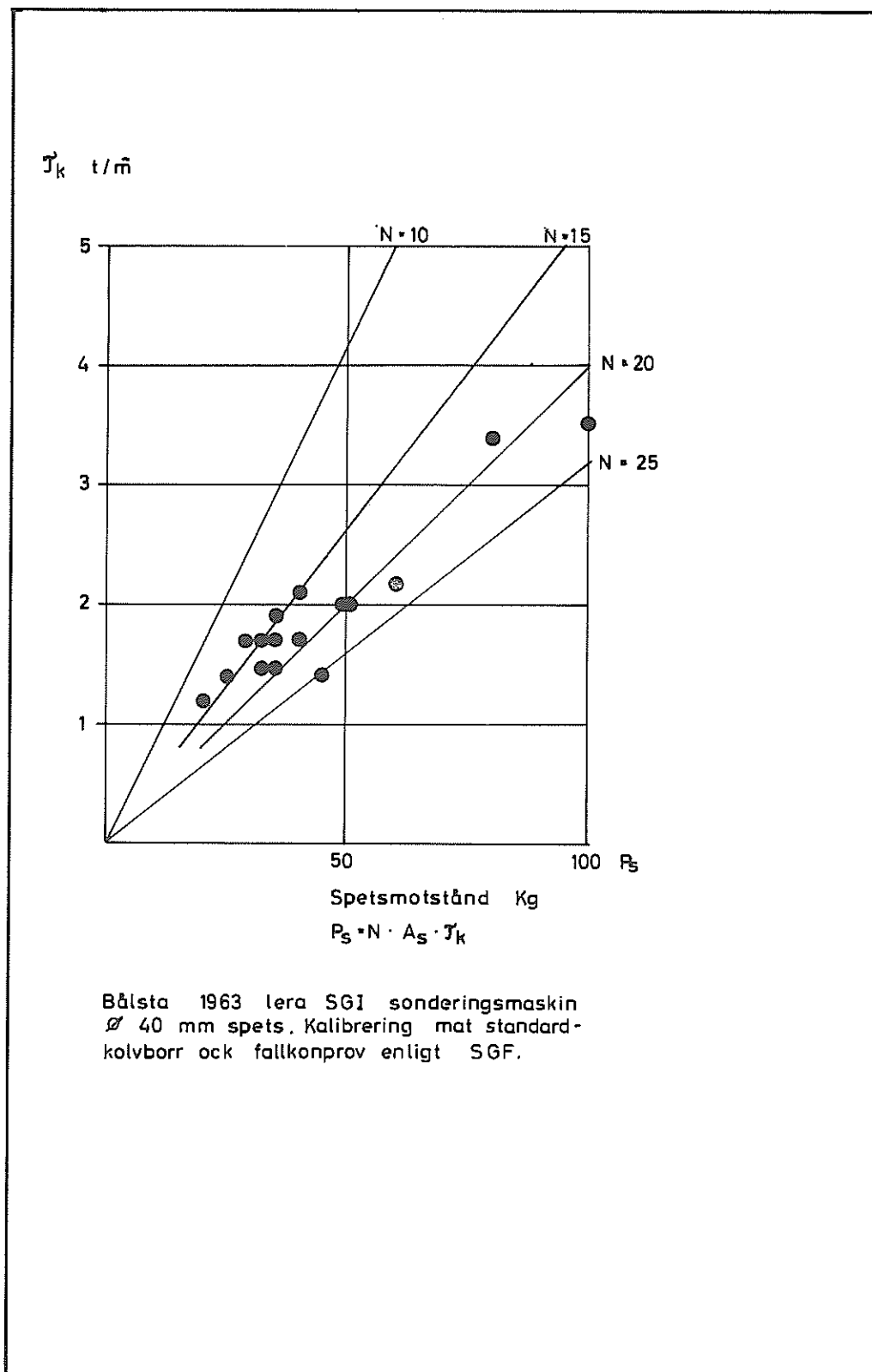


Fig. 1. Kalibrering av resultat från SGI sonderingsmaskin mot lerans skjuvhållfasthet mätt med fallkonprov (TK III:2)

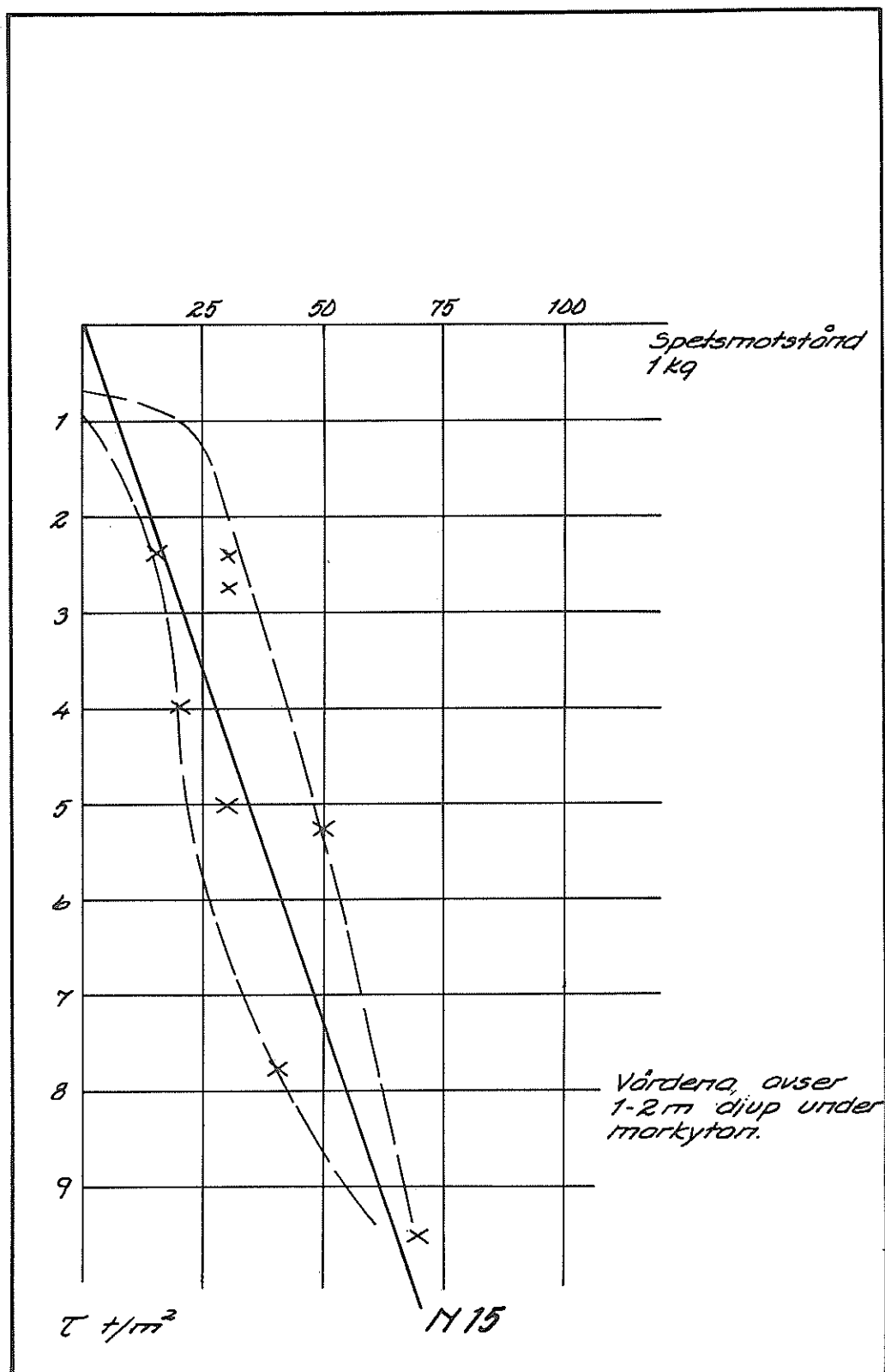


Fig. 2. Samband mellan spetsmotstånd hos SGI-sond (spets  $\emptyset$  25 mm) och  $\tau_k$  i lera. Kalibrering från Järvafältet mot standardkolvborr och fallkonprov enligt SGF (TK III:2)

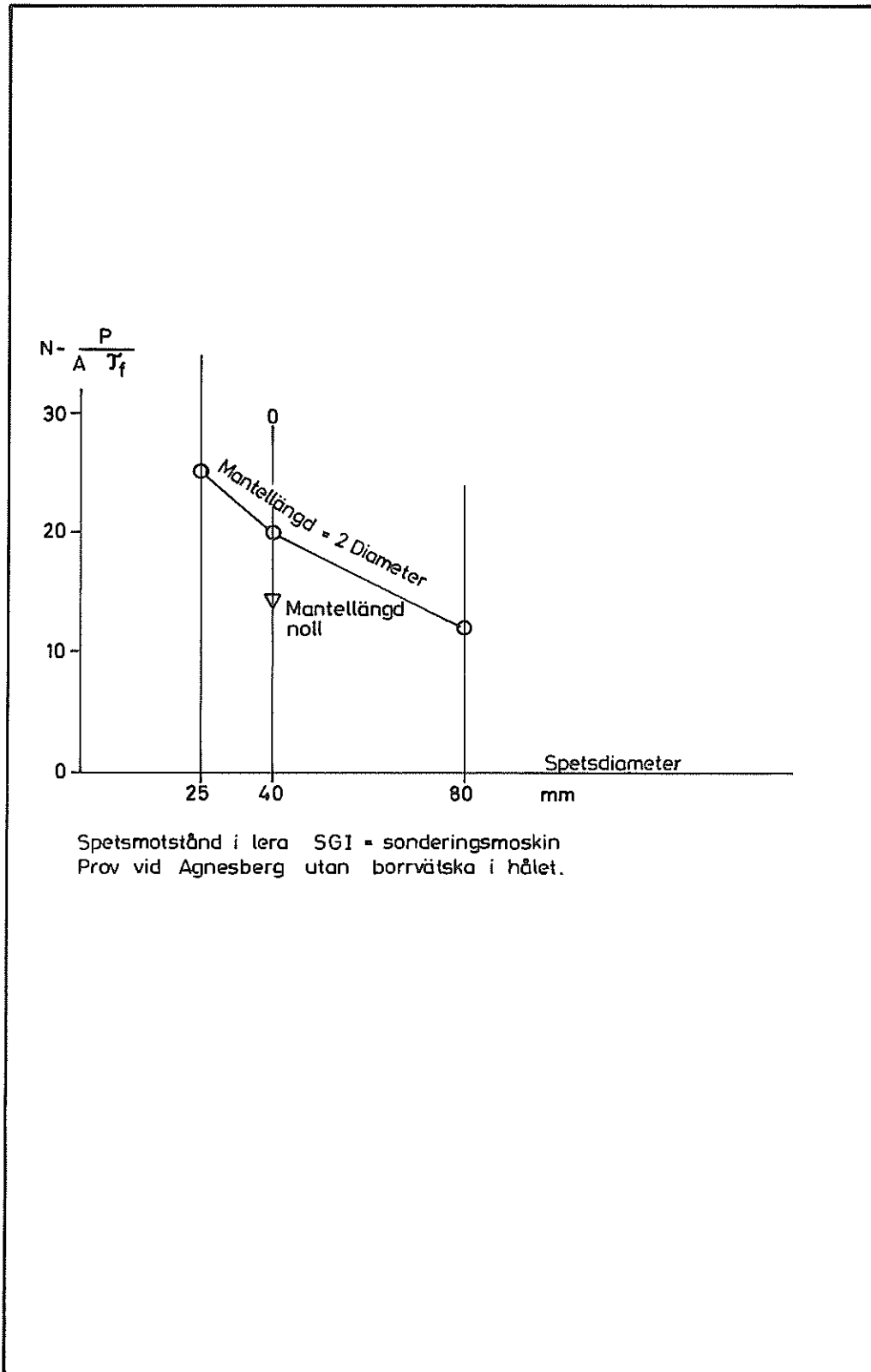


Fig. 3. Spetsmotstånd i lera mätt med SGI sonderingsmaskin vid Agnesberg utan borrhväska i hålet (TK III:2)



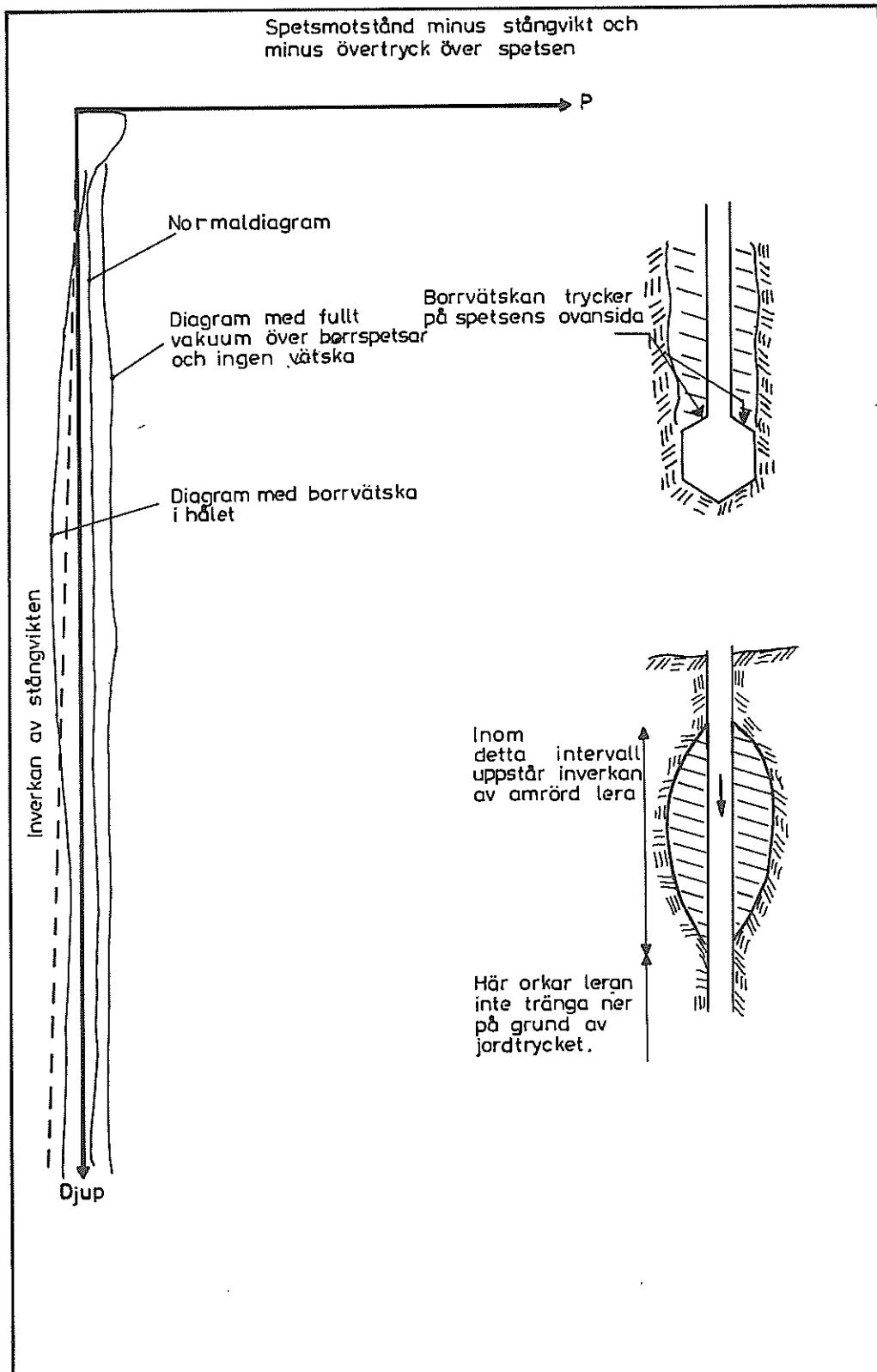


Fig. 4. Inverkan av borrhetsa i hålet vid sondering. Principskisser (TK III:2)

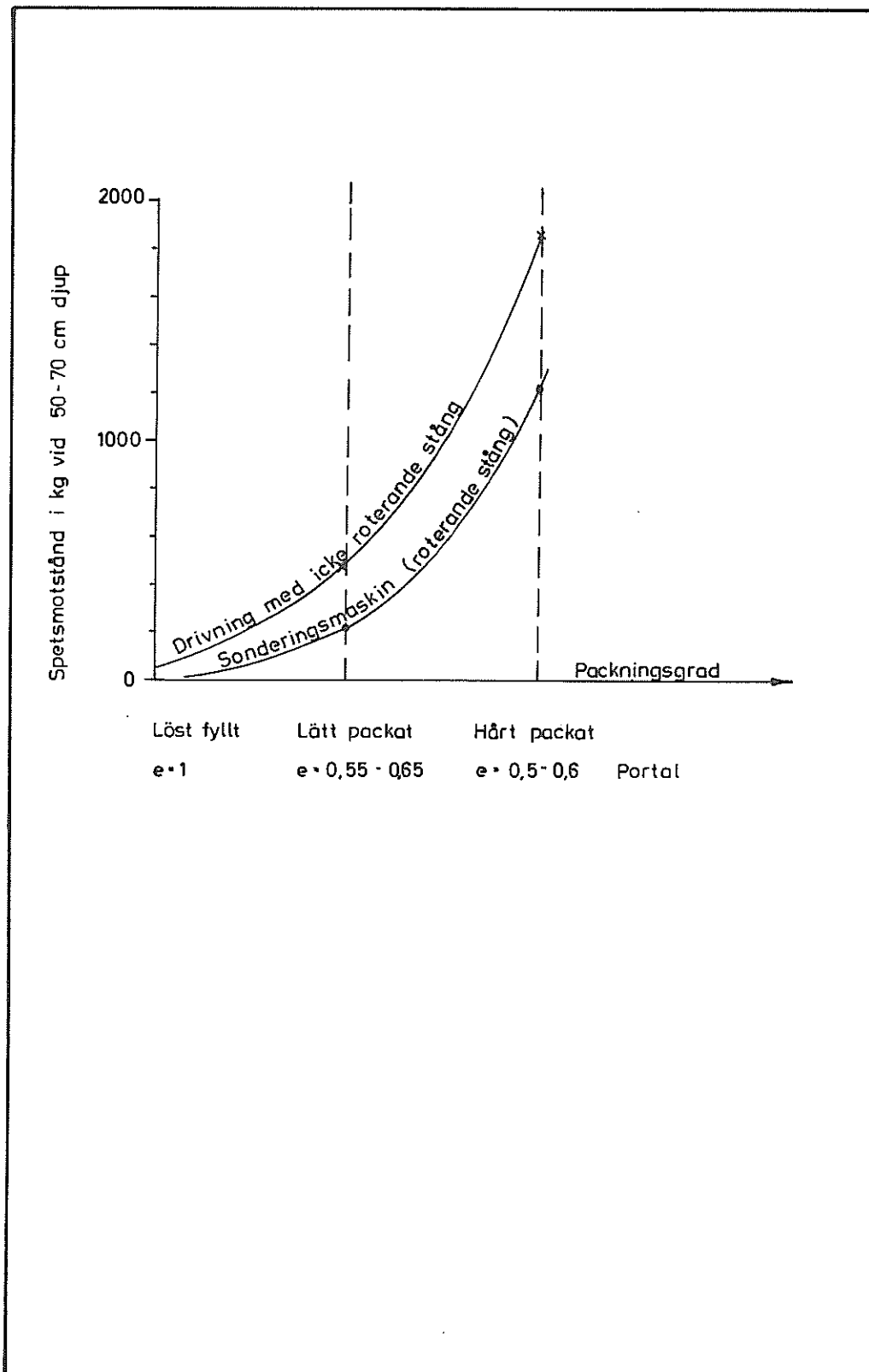


Fig. 5. Spetsmotstånd mätt med  $\varnothing 25$  mm spets i sand enligt kalibreringsförsök för SGI sonderingsmaskin (TK III:2)

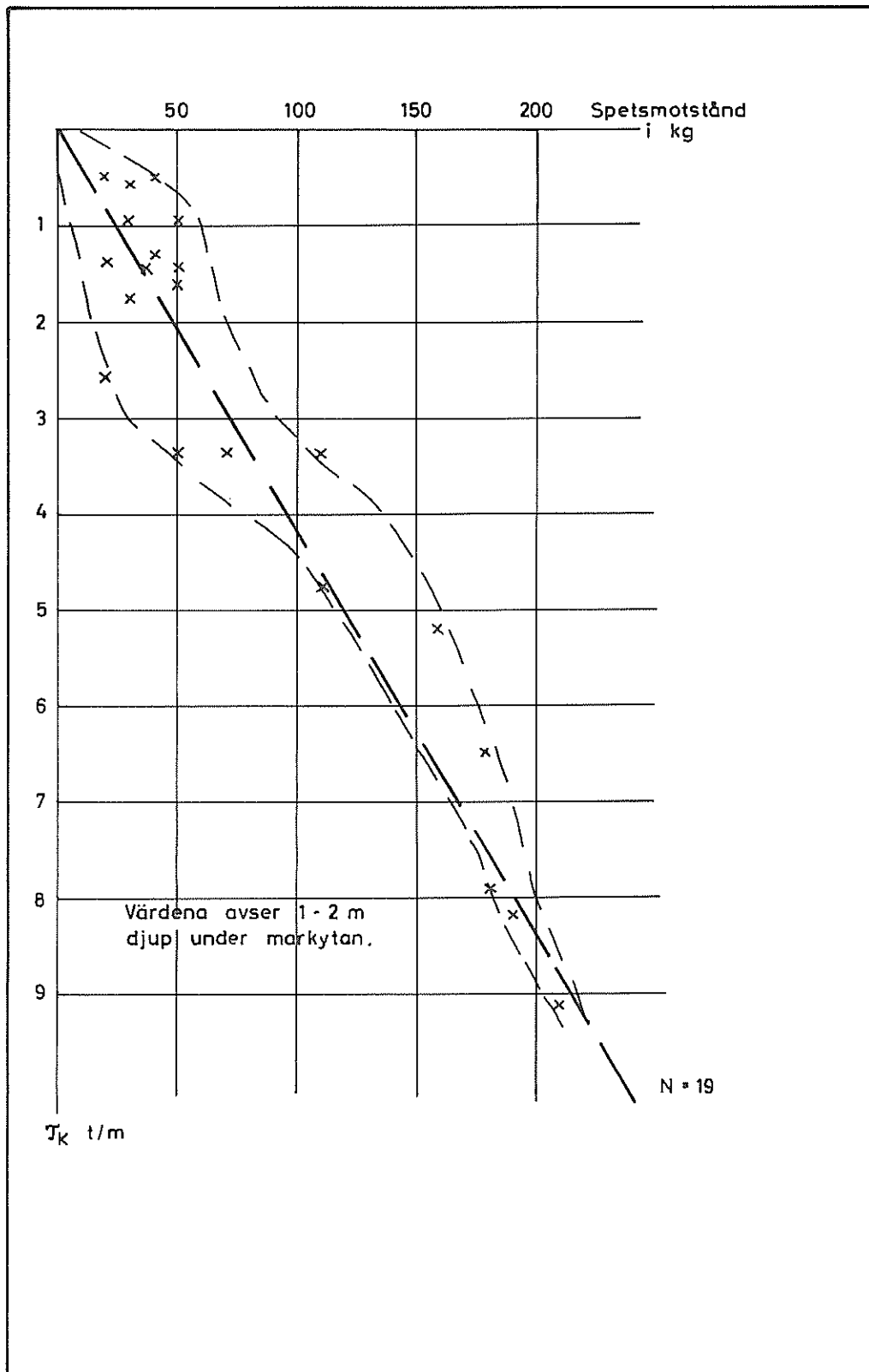


Fig. 6. Samband mellan spetsmotstånd vid trycksond och  $\tau_k$  i lera. Kalibrering från Järvafältet (TK III:2)

Djup enligt viktsond där vridning ej längre erfordras.	Spetsmotstånd enligt trycksond.	Jordart
Kg	m	
0,7	50	Lera
1,6	60	"
Ej torrskorpa	100	Gyttjo - gl
0,4	50	"
0,8	60	"
Ej torrskorpa	20	"
"	100	"
1,2	400	Lera
1,0	450	"
0,8	440	Moig lera
2,6	50	"

Fig. 7. Tabell över spetsmotstånd vid trycksondring med spets 35 x 35 mm. Jämfört med viktsondring 100 kg last där vridning upphört (torrskorpebestämning) (TK III:2)

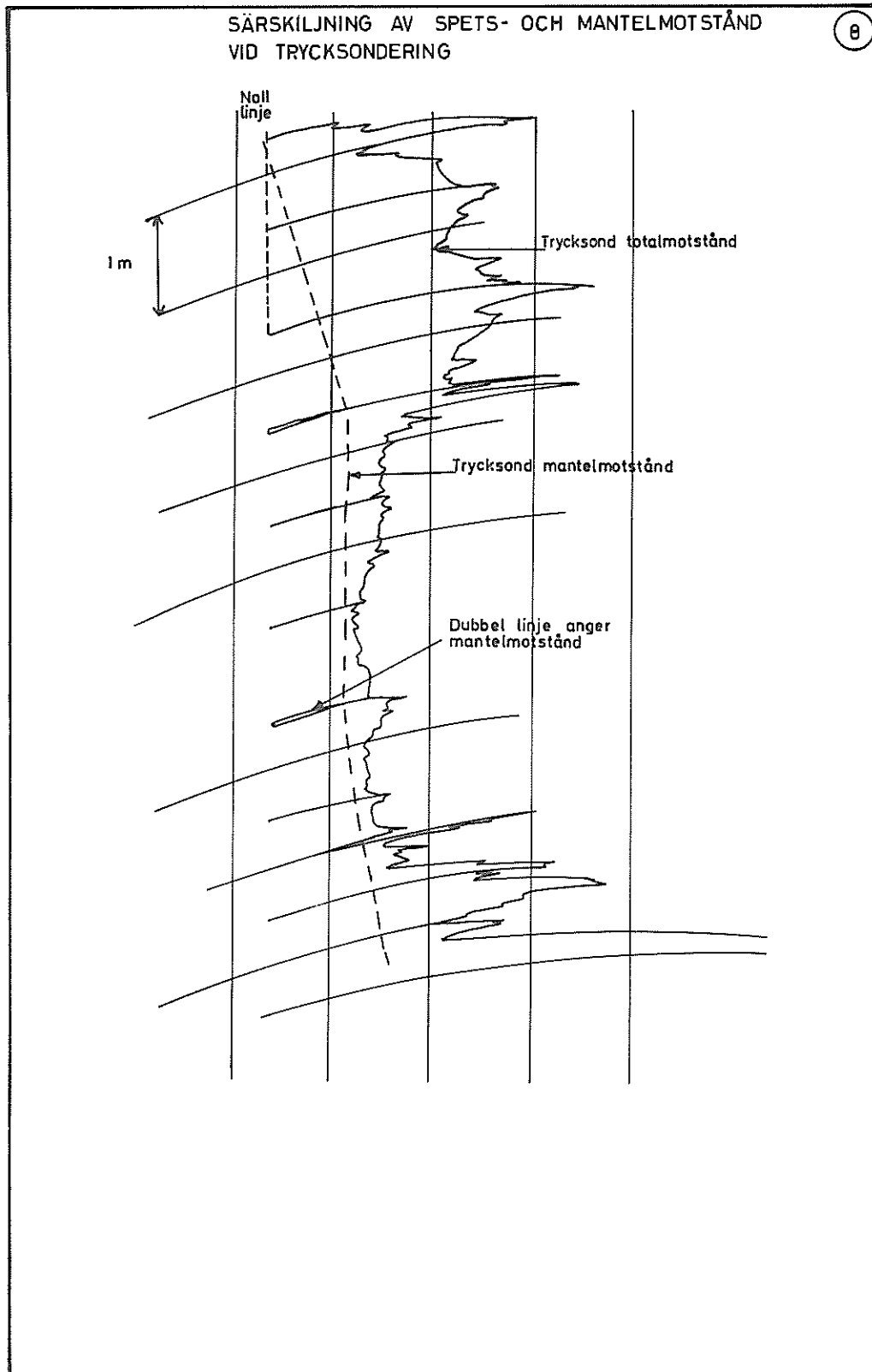


Fig. 8. Särskiljning av spets- och mantelmotstånd vid trycksondering (TK III:2)

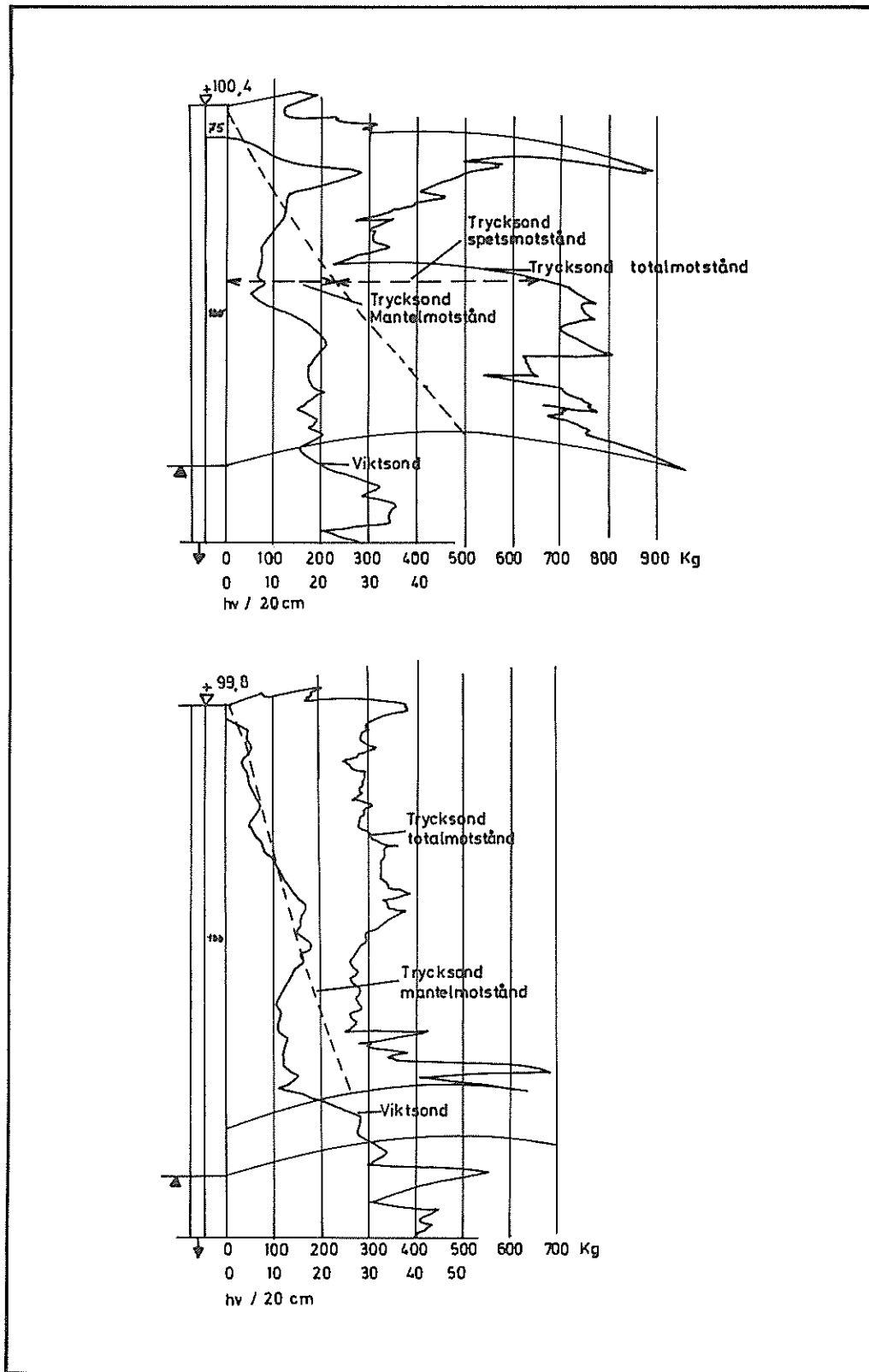


Fig. 9. Jämförelser mellan trycksondering och viktsondering i mjällig lera (TK III:2)

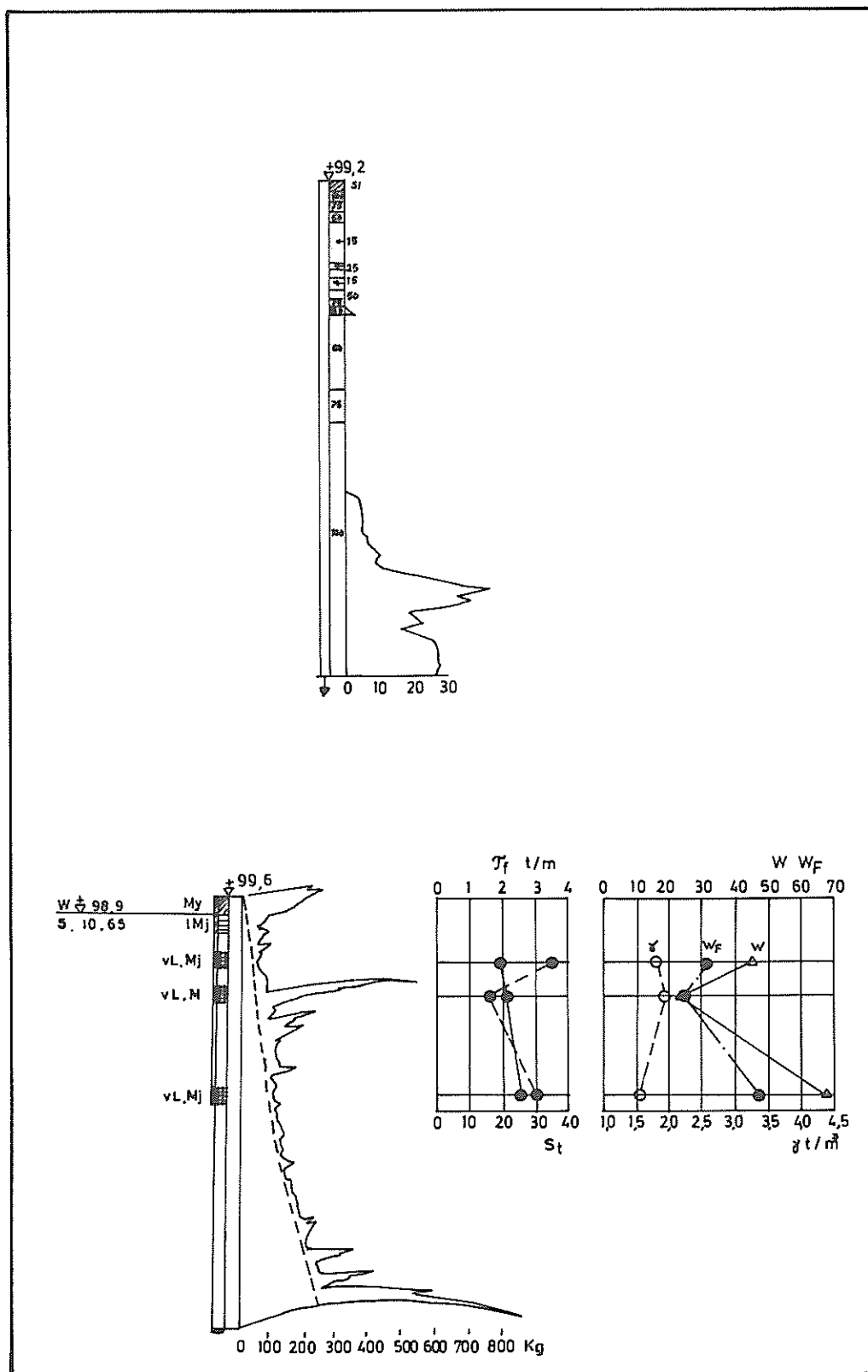


Fig. 10. Jämförelse mellan trycksondering, provtagning och hållfasthetsbestämning (TK III:2)

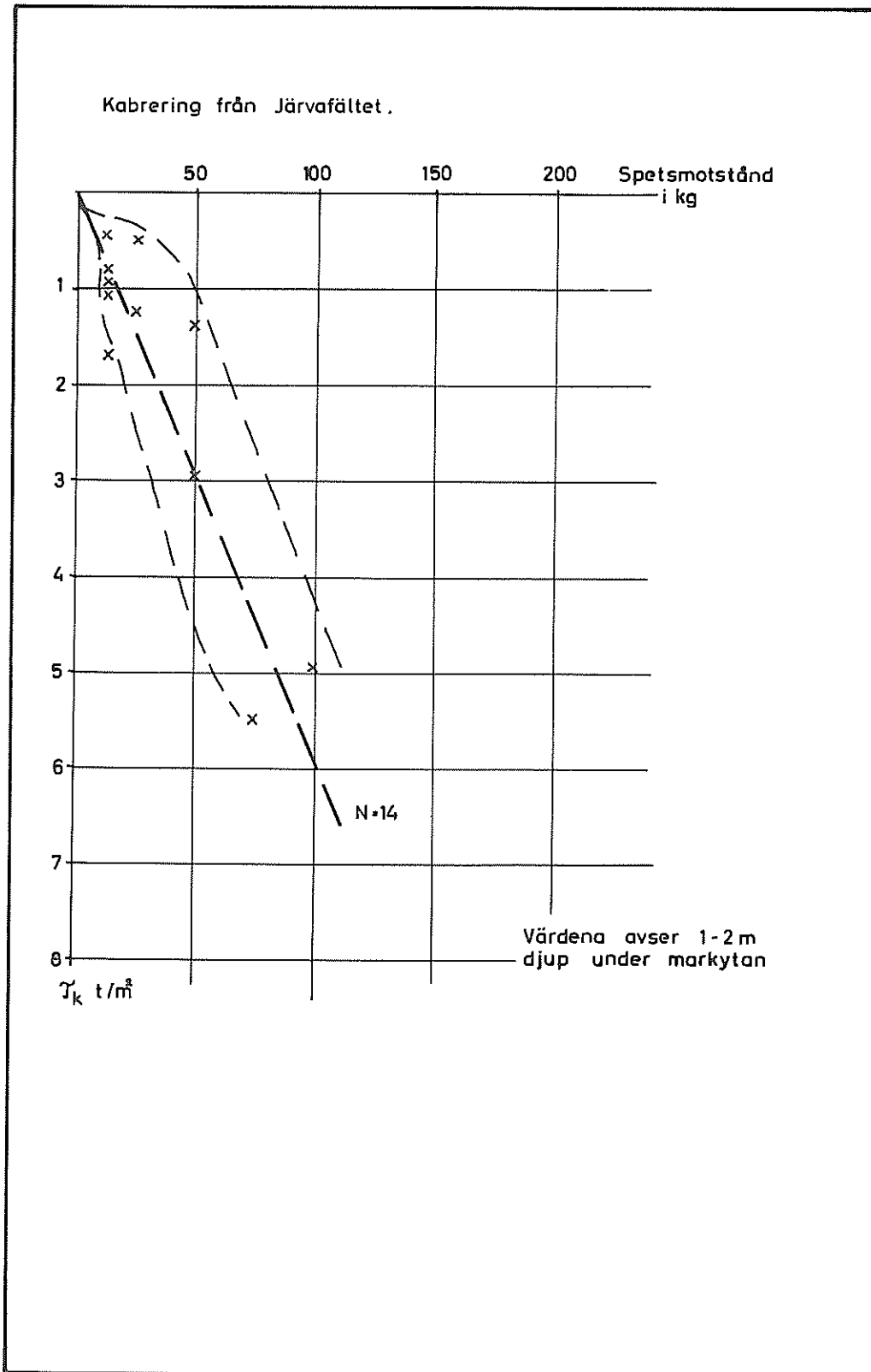


Fig. 11. Samband mellan spetsmotstånd vid viktsondering och  $\tau_k$  i lera (TK III:2)



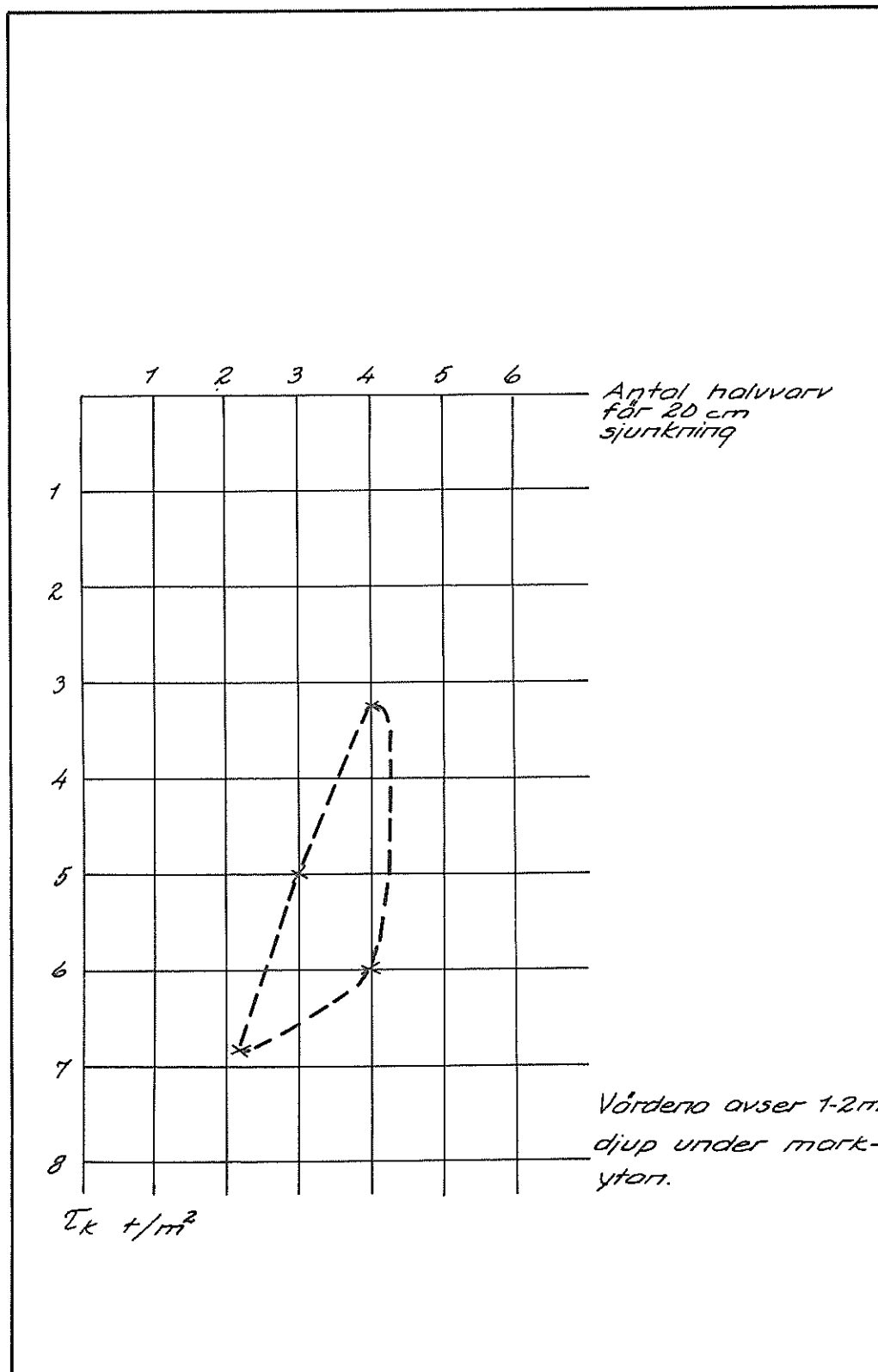


Fig. 11a. Samband mellan spetsmotstånd vid viktsönd (belastning 100 kg + vridning) och  $\tau_k$  i lera. Kalibrering från Järvafältet (TK III:2)

( Medeldjup 8m )

Metod	Antal/ hål / dag	Antal/ prov / dag	Antal man	Priskr/ hål	Priskr/ prov
Maskinsond	18	—	2	42:-	
Trycksond	15	—	2	44:-	
A-sond	8	—	2	82:-	
Holländsk sond	4	—	4	270:-	
Viktsond	5	—	3	140:-	
Skruvsond	4	32	2	155:-	20:-
Vingborr	2	16	2	280:-	35:-
Pressiometer	1	8	2	960:-	120:-
ME-sond	0,5	3	2+2	1800:-	310:-
Standard kolvb.	2	10	3	350:-	70:-
Folieborr	1,5	1,5	3	570:-	70:-
Folieborr, rot.	0,5	0,5	5	3000:-	300:-

Värdena är homogeniserade för jämförelse men anger inte dagens prisnivå och inte heller alla slags grundförhållanden.

Fig. 12. Ungefärlig kapacitet för trycksonderingsmetoder i fast lera och sand (TK III:2)

SEKTION III

STATISK SONDERING

Diskussion

## DISKUSSION

C.T. Winkel, Danmark. Det tyske Frankipfahl Baugesellschaft anvender en "Rammesonde", der er en videreudvikling af det svenske jalousiborr. Et kraftigt I-profil forsynes nederst med en krydsmejsel og er under nedramningen dækket af et stålør med 4 mm godstykkelse. Sammensættes i 6 m lange elementer og nedrammes som alm. prøvepæl.

Det ydre stålør trækkes op, idet krydsmejslen fastholder I-profilet.

Derefter nedrammes et nyt stålør med 8 mm godstykkelse nederst forsynet med en svær kilering, der under nedramningen tvinger jordprøver ind i I-profilet, som med vandrette tvaervægge er delt i en række celler (fig. 1).

Rammesonden trækkes op, røret åbnes på langs (det er delt i to halvdele), og en kontinuerlig række jordprøver kan udtages. Prøverne er naturligvis omrørte, men optagning af prøver fra sand- og gruslag under grundvandstanden volder ingen vanskeligheder.

Endvidere anvender Frankipfahl Baugesellschaft en "Drucksonde" med  $9,62 \text{ cm}^2$  spids og en hydraulisk måling af 1) totalt tryk og 2) spidsmodstand. Apparatet er monteret på lastbil og arbejder med indtil 10 t tryk.

Med fire sonderinger i afstanden 0,6, 1,1, 1,6 og 3,0 m fra midten af en  $\emptyset$  45 cm Frankipæl i sand konstateredes det, at komprimeringen af sandet omkring pælefoden bevirkede en forøgelse af sondens spidsmodstand fra  $120 \text{ kg/cm}^2$  til  $280 \text{ kg/cm}^2$  i en afstand af 0,6 m fra pælens axe (fig. 2 - 3).

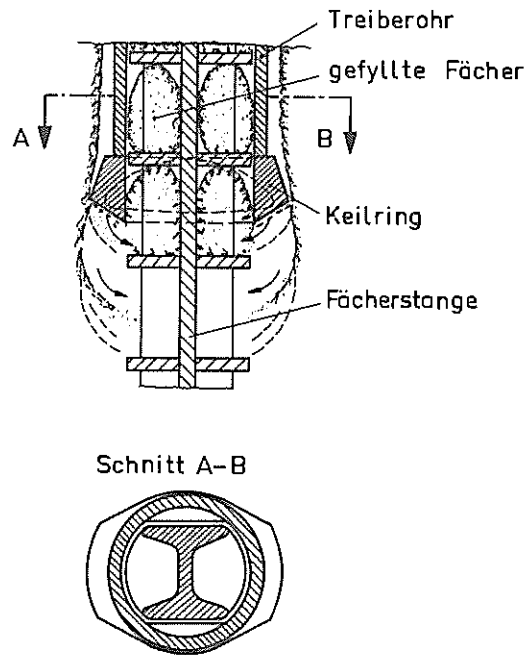


Fig. 1. Rammsonde für kontinuierliche Bodenentnahme.  
Frankipfahl Bauges. m.b.H., Düsseldorf (CTW III:Disk.)

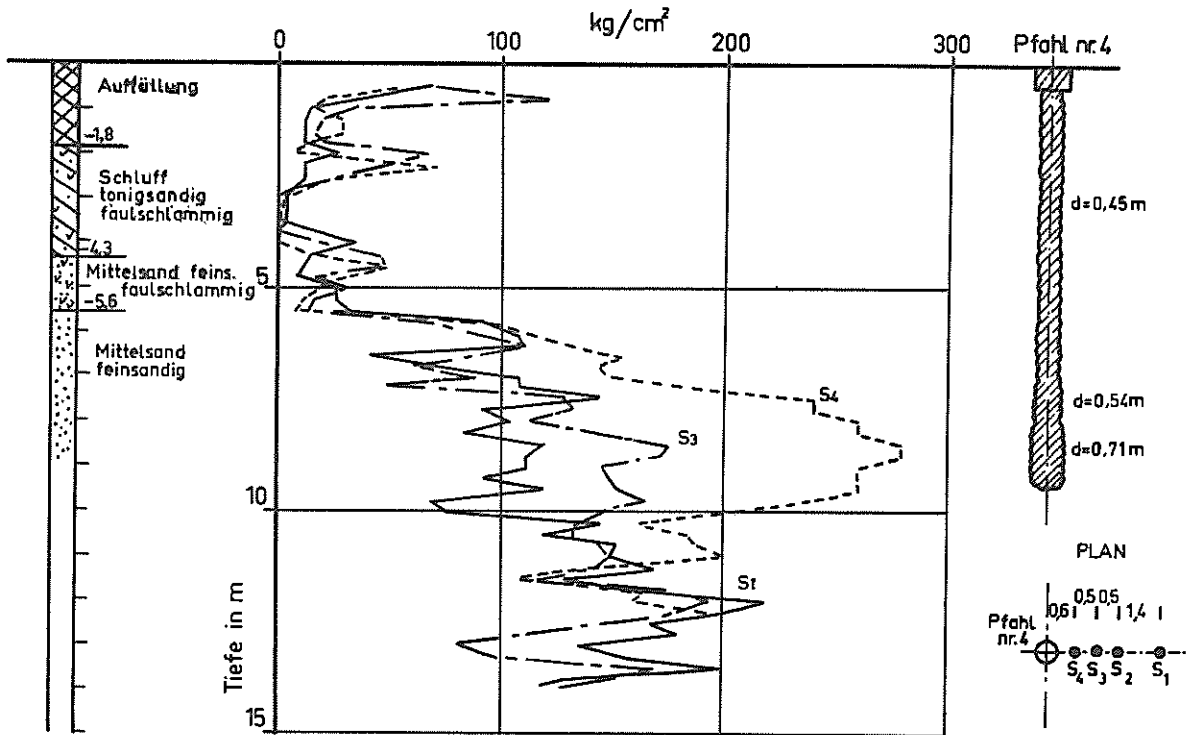


Fig. 2. Drucksondierung neben ein Frankipfahl (Winkel)  
(CTW III:Disk.)

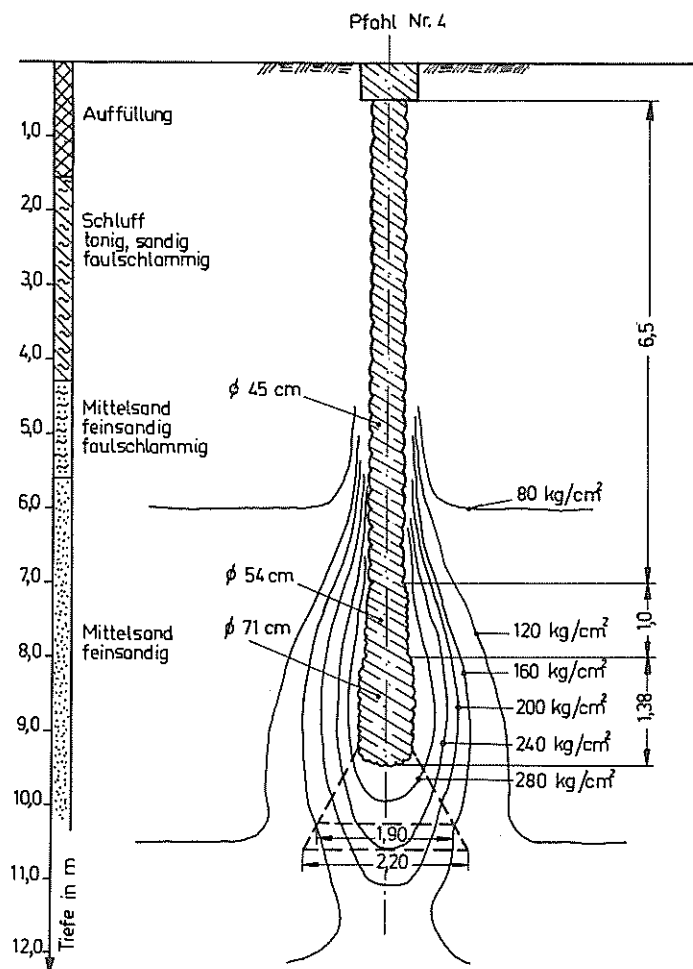


Fig. 3. Verdichtungswirkung des Frankipfahles (Winkel)  
(CTW III:Disk.)

U. Bergdahl, Sverige Vid institutionen för Geoteknik vid Tekniska Högskolan i Stockholm pågår för närvarande en undersökning, som syftar till att klarlägga hur sonderingsmotståndet i friktionsmaterial varierar med faktorer som portal, lagringstäthet, friktionsvinkel och kompressibilitet. I undersökningen ingår även försök med trycksondering (typ Jonell & Nilsson) i sand, som packats i cylindrar med 60 cm diameter och 90 cm höjd. I cylinderns mitt göres sedan en sondering för varje packning av cylindern.

I fig. 1 visas resultatet av fyra sådana sonderingar i s.k. G 12-sand vid olika portal. Av figuren framgår att sonderingsmotståndet ökar ungefär rätlinjigt från sandytan och ned till ca 50 cm djup under densamma. Under detta djup är sonderingsmotståndet ungefär konstant, vilket får antas bero på inverkan från cylinderväggarna.

För att studera hur sonderingsmotståndet varierar med exempelvis portalet kan motståndet på 50 cm djup uttagas ur diagrammen och avsättas som funktion av portalet  $e$ , vilket utförts i fig. 2. I denna figur har också inritats resultaten från motsvarande försök i en annan sand, kallad Husbysand. Båda dessa sandtyper kan benämnas moig sand (huvuddelen av sandkornen har en diameter mellan 0,1 och 1,0 mm). Sambandet mellan portal och sonderingsmotstånd för de båda sandsorterna är som synes av samma utseende men värdena avviker betydligt från varandra. Så till exempel motsvarar 300 kp spetsmotståndet  $e = 0,56$  för G 12-sand och  $e = 0,70$  för Husbysand, vilket innebär att det ej finns något samband mellan faktisk lagringstäthet och sonderingsmotstånd i detta fall. Om den relativa lagringstätheten tages som oberoende variabel erhålles likartade samband, men ej heller med detta uttryckssätt erhålles ett samband som gäller för båda sandtyperna. Dessa undersökningar tyder således på att man med hjälp av sonderingsmotstånd ej direkt kan bestämma ett friktionsmaterials lagringstäthet. Såsom tidigare nämnts i diskussionerna vid detta möte är det väl emellertid ej lagringstätheten man vill mäta utan jordens hållfasthets- och deformationsegenskaper och dessa får antas även påverka sonderingsmotståndet.

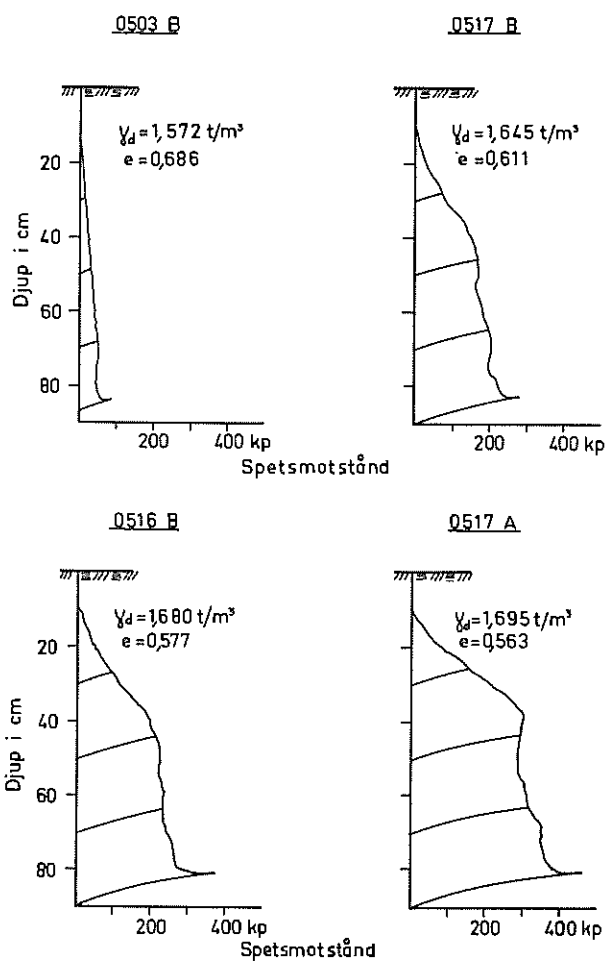


Fig. 1. Resultat av trycksöndering i torr G 12-sand vid olika portal (UB III:Disk.)



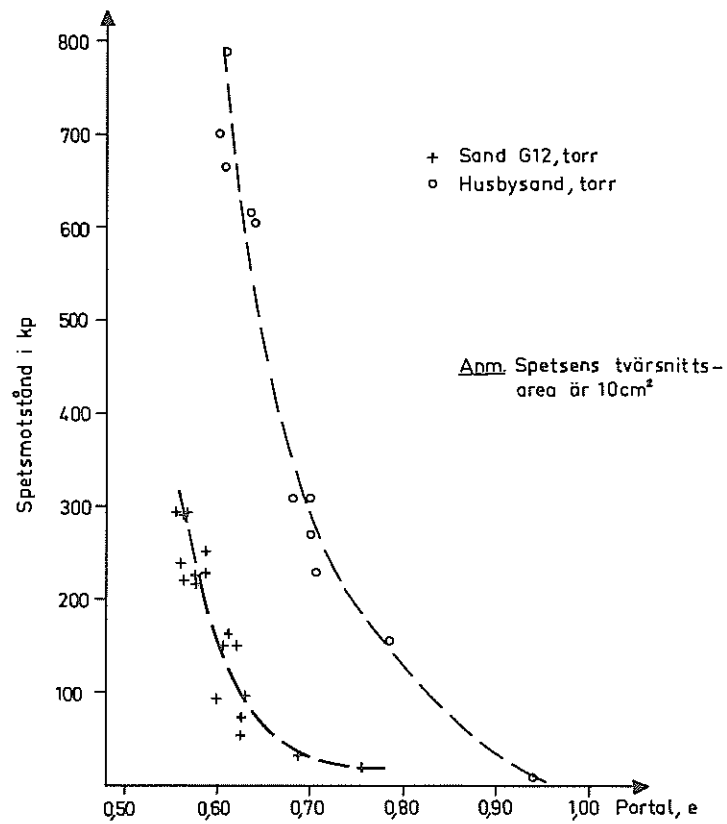


Fig. 2. Trycksondering. Spetsmotståndets variation med portalet e på 50 cm djup (UB III:Disk.)

T. Kallstenius, Sverige (referat). För att få ett mått på jordarternas egenskaper är det ej tillräckligt att mäta enbart spetsmotståndet eftersom detta påverkas av förhållandena runt förlängningsstången. Friktion mot mantelytan kan t.ex. öka effektivtrycken vid spetsen, varigenom spetsmotståndet ökar. Omrörning av lera samt luft- och vattentillträde till utrymmet ovanför spetsen kan medföra en statisk belastning på densamma. En släppning bakom spetsen underlättar jordens rörelser runt spetsen varför spetsmotståndet minskar. Jämför med Haefelis  $M_E$ -sond.

Fig. 1 visar tre alternativ till hur förhållandena närmast ovanför spetsen kan tänkas påverka spetsmotståndet.

Fig. 2 visar hur Haefeli korrigerar E-modulen för tvärtöjning.

Fig. 3 visar omräkningskurvor för jämförelse mellan en påle och en sond.

Fig. 4 visar hur man med en i borrhålets botten nedskruvbar cylinder kan göra belastningsförsök under kända tvärtöjningsbetingelser.

Av vad som ovan sagts framgår att det är viktigt att man använder spetsar som ej är mycket större än stången.

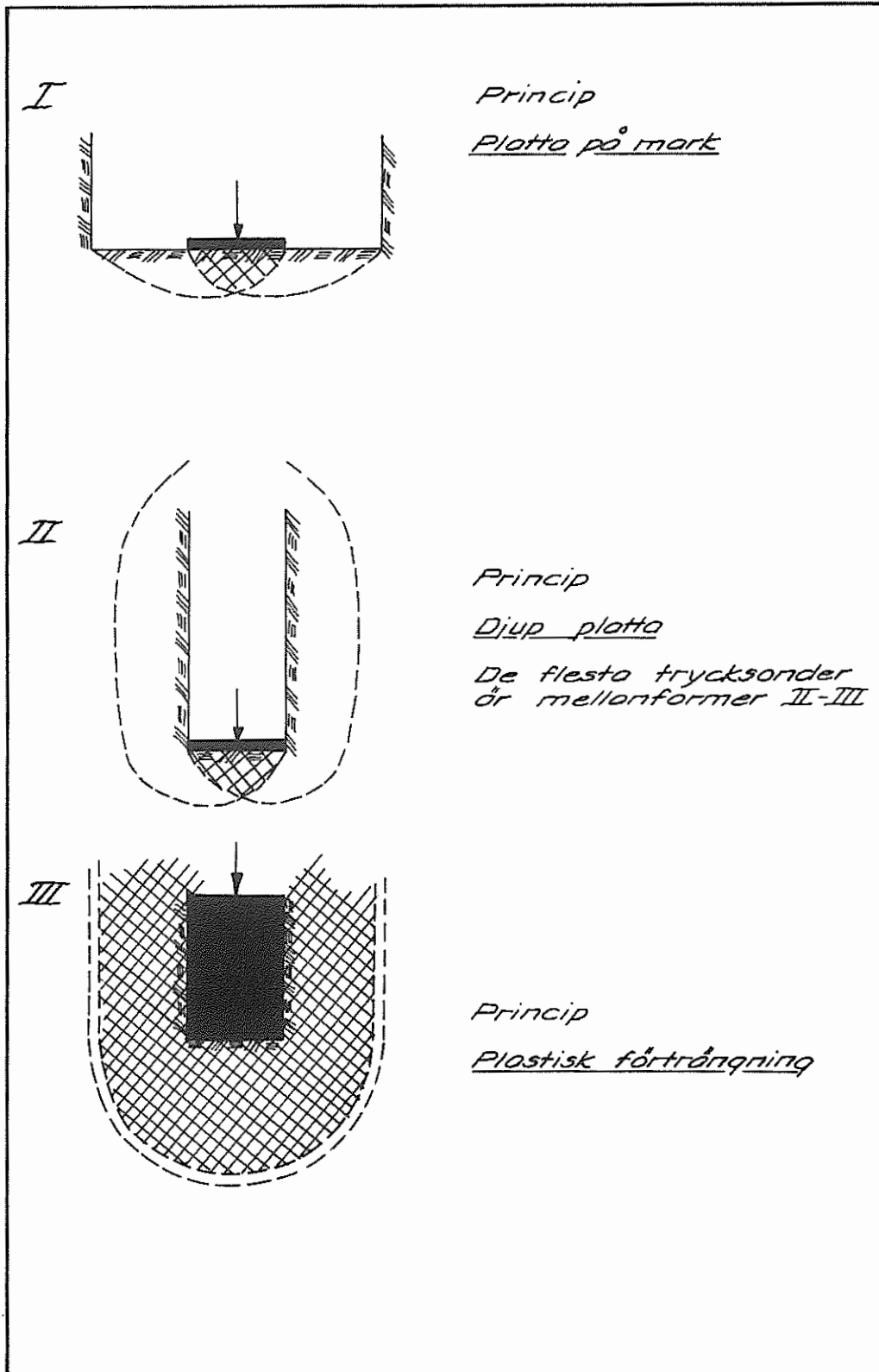


Fig. 1. Principdiskussion om spetsmotståndets beroende av förhållandena närmast ovanför spetsen vid sonderingen eller belastningsförsök (TK III:Disk.)

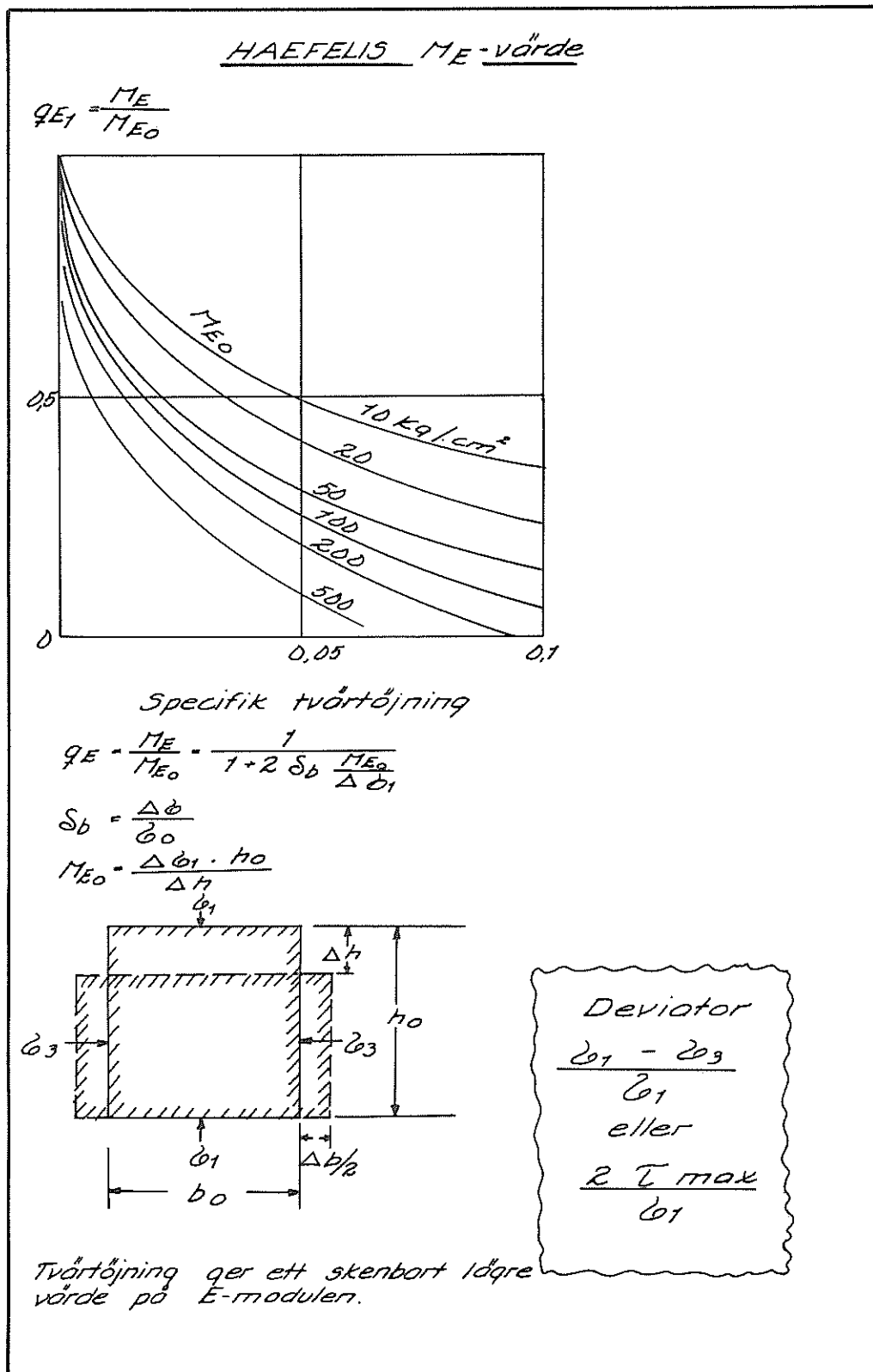


Fig. 2. Haefelis  $M_E$ -värde, korrigering av E-modulen för tvärtöjningen (TK III:Disk.)

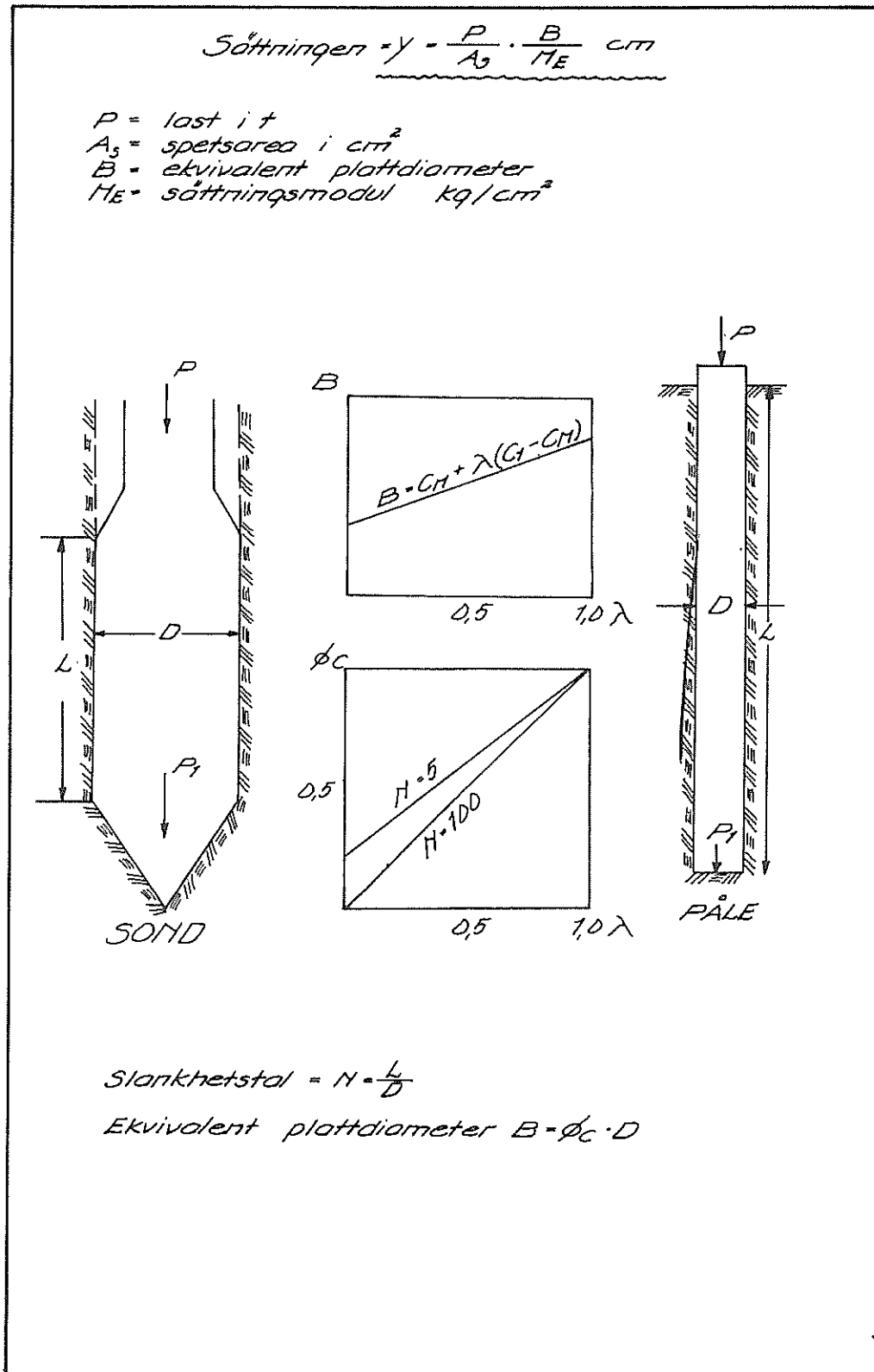


Fig. 3. Tvärtöjningens inverkan vid jämförelser mellan påle och trycksond (enligt Haefeli) (TK III:Disk.)

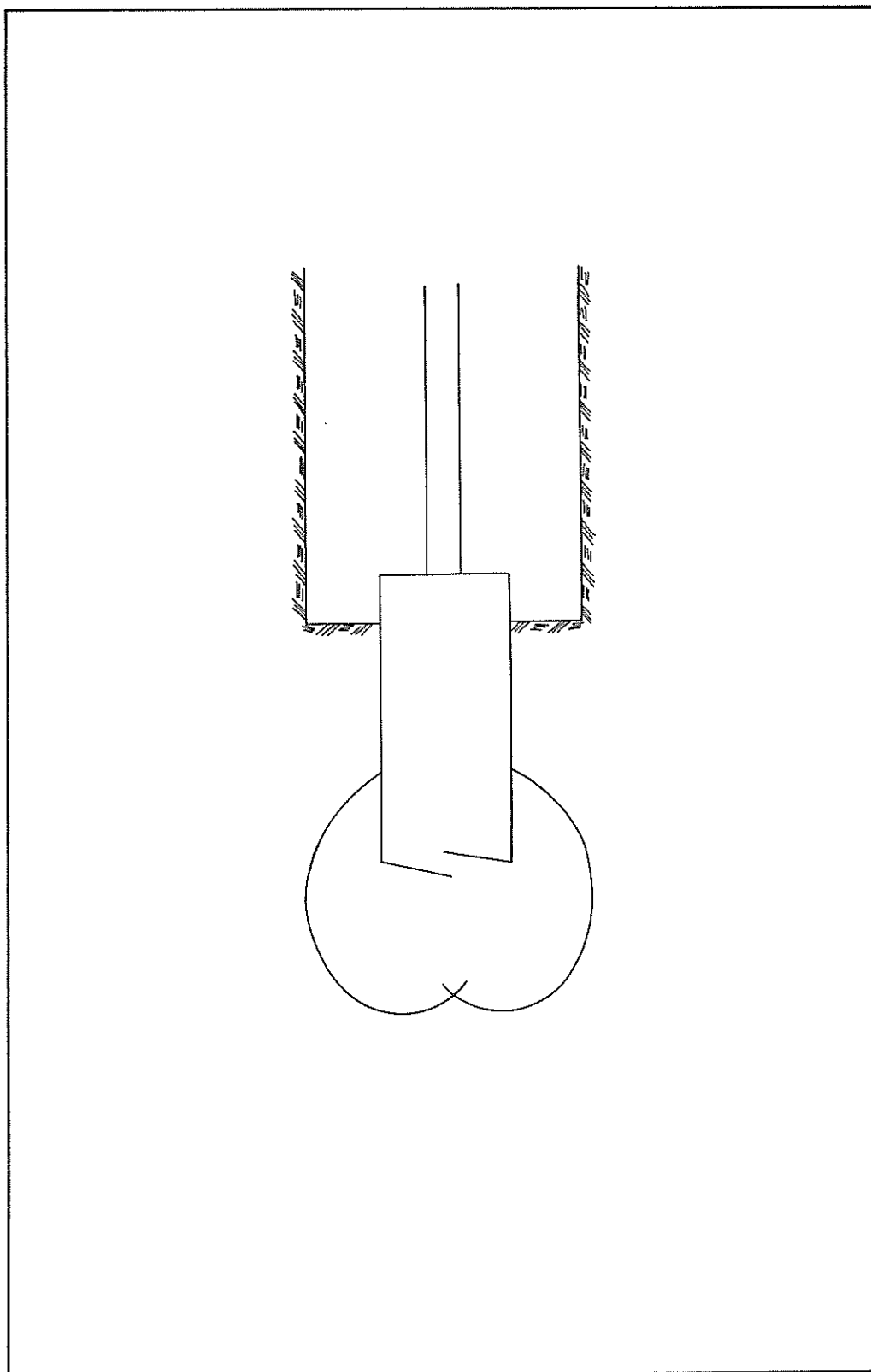


Fig. 4. Haefelis "M<sub>E</sub>-hyvel" skruvas ner i borrhålets botten före provbelastning för att få kontrollerade tvärtöjningsförhållanden. Hålet kan vara stabiliserat med foderrör (TK III:Disk.)

SEKTION IV

DYNAMISK SONDERING

Föredrag

## DYNAMISK SONDERING I NORGE

N. Rygg, Norge

I Norge brukes følgende 3 typer dynamisk sondering: ramsondering, slagboring med bergbormaskin och Standard Penetration Test (SPT).

### Ramsondering

Ramsondering (eller hejarboring) er vel den langt viktigste type dynamisk sondering i Norge. Ramsondering brukes til bestemmelse av dybden til fjell, der forholdene ligger slik an at målingen blir tilstrekkelig nøyaktig. Langt viktigere er anvendelsen av ramsondering i silt, sand og grus. I slike jordarter, friksjonsmaterialer, mener en at målt rammotstand ger et bilde av lagringsfasthet. Særlig til bedømmelse av pelegrunner og for å forutse aktuelle pelelengder er ramsondering meget benyttet. I leire mener en at ramsondering er mindre aktuell.

I Norge brukes Borros hejarborustrustning. Det vil si 32 mm forlængelsestænger, som rammes ned med 65 kg lodd, med 50 cm fallhøjde. Det synes å vaere mest alminnelig å bruke rund eller firkantet 42 mm løss spiss ved boringen. Dermed mener en at en får bedre bilde av lagdelingen. Det er bare i liten utstrekning vaert gjort forsøk med større loddvekt.

Vi registrerer antall slag for 25 cm synking og tegner opp  $Q_0$  tm/m som funksjon av dybden.

### Slagboring med bergbormaskin

Slagboring med bergbormaskin (Cobra, Pioniaer, Wacker) er de siste åra mye brukt til sondering. Metoden blir mest brukt ved boring til fjell for å bestemme løsavleiringers tykkelse. I Statens Vegvesen er denne anvendelse meget vanlig ved profilering for veganlegg og har vist seg å vaere andre metoder overlegen både med hensyn til kapasitet og nøyaktighet. Slagboring med bergbormaskin blir også brukt ved sondering med registrering av nedtregningstida. Med stoppeklokke tar vi da tida for hver meter synking, og tegner opp antall sekunder pr meter som funksjon av dybden. Det er ikke funnet noe entydig forhold mellom nedtregningshastighet og grunnens lagringsfasthet eller materialenes byggetekniske



egenskaper. Nedtrekningshastighet er svært avhengig av hastigheten på motoren og den jordart det bores i. I faste leirer synes metoden mindre effektiv mens slagboring i finsand og silt ofte trenger dypere enn vanlig ramsondering.

Foruten maskinen består utstyret av 22 mm sonderrør. Større rørdimmesjon enn 22 mm er ikke i bruk i Norge. Ved boring til fjell brukes rund spiss med samme diameter som stengene, mens det ved sondering med registrering av synkningshastighet brukes 30 x 30 mm spiss.

#### Standard Penetration Test (SPT)

SPT er en dynamisk sondering utenom det vanlige, en metode som ikke har fått noen stor utbredelse i Norge. SPT-sondering er relativt mye brukt i Statens Vegvesen. Årsaken til at SPT har fått såvidt stor anvendelse er i første rekke at en samtidig med et tallmessig uttrykk for lagringsfasthet får prøve av materialet. Til vurdering av resultatene bruker vi de amerikanske erfaringsresultater. Vi benytter utstyr og tolker resultatene som det er beskrevet i "Foundation Engineering" av Peck, Hanson and Thornburn (1952).

SPT-sondering utføres i 89 mm foringsrør med spiss som skrues ut i den dybde en ønsker å ta SPT-prøver. Vanligvis tas prøve hver 1,5 m. Spissen må skrues inn igjen når foringsrøret skal rammes videre ned til nytt prøvenivå. 2" SPT-prøvetaker forlenges med hejarborstenger og slås ned med hejarborloddet med 75 cm fallhøyde. Antall slag for å slå prøvetakeren 30 cm ned er N-verdien.

Metoden brukes utelukkende i friksjonsmasser hvor en ikke for opp uforstyrrede prøver av grunnen. Av sonderingsresultatene får en ut grunnlag for å beregne bæreevne og setninger av fundamenter.

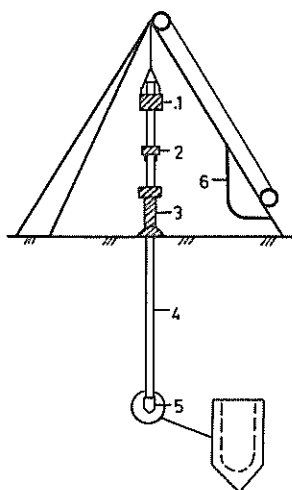
#### Konklusjon

Som konklusjon kan en si at sondering med bergbormaskin hvor nedtrekningshastighet registreres har relativt liten anvendelse. Derimot brukes denne metode mer og mer til måling av løsavleiringeres tykkelse.

Ramsondering med registrering av sonderingsmotstand er alminnelig aner-

kjent. Det er imidlertid ønske om mer rasjonelle og mindre arbeidskrevende metoder. Vi har derfor det inntrykk at ramsondering i tradisjonell betydning er på veg ut og etter hvert må bli avløst av mer tidsmessig utstyr.

### Boringsoppstilling

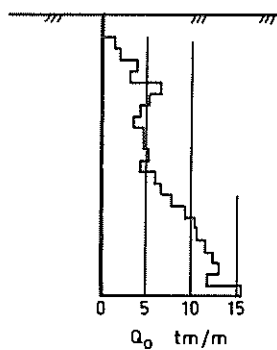


Ved boring gjennom faste jordarter er dreie- og spyleboret før svakt.

En gjenytter seg da hejarboret som i ikke steinholdige jordarter er god egnet till bestemmelse av relativ lagringsfasthet og dybder til fjell.

1. Lodd 65 kg.
2. Kilelås
3. Dankraft
4. 32mm stenger
5. Løs spiss
6. Motor

### Boringsopptegning



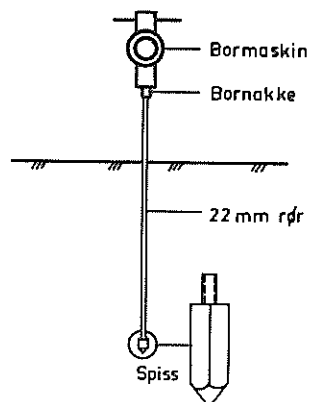
Borhullet markeres med en enkel tykk strek. Rammostanden  $Q_0$  angis som brutto ramenergi (tm) pr. m synkning av boret.

$$Q_0 = \frac{N \cdot W \cdot H}{S_N}$$

Der  $N$  = antall slag  
 $S_N$  = synkning i m for  $N$  slag  
 $W$  = vekt av fall-lodd (t)  
 $H$  = fallhøyde (m)

Fig. 1. Ramsondering (Rygg) (NR IV:1)

## Boringsoppstilling

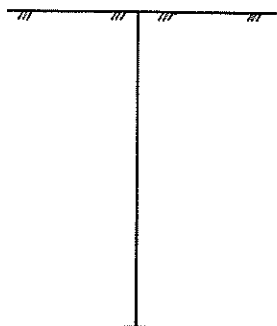


For bestemmelse av dybde til fjell eller fast grunn, brukes motordreven bormaskin (Cobra, Ronjär).

Bormetoden kan gi en viss orientering om lagdeling.

Metoden er godt egnet til boring i sand og grusige materialer, og generelt til bestemmelse av løsavleiringenes tykkelse i skjæringer.

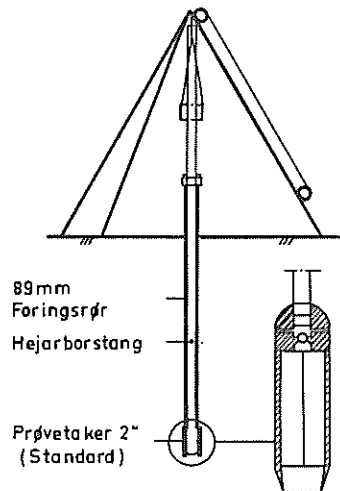
## Boringsopptegning



Boringer som bare har til hensikt å registrere dybde til fjell eller fast lag, uten registrering av neddrivningsmotstand.

Fig. 2. Motordreven bergbormaskin (Rygg) (NR IV:1)

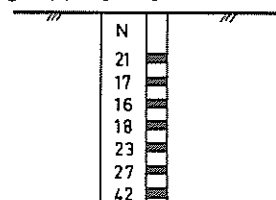
## Boringsoppstilling



SPT - prøvetakeren brukes til å ta opp representative prøver av friksjonsmasser (fraksjon silt-grus). Prøvetakeren rammes ned, og ved å måle rommemotstanden (telle antall slag ved en bestemt fallhøyde for et lodd av bestemt vekt) fås opplysning om massens relative lagringstetthet.

Det forbores med føringsrør.

## Boringsoppteining



N angir antall slag pr 30 cm ( $2 \times 15$  cm) synkning av prøvetaker.

I borhullet markeres de apptatte prøvers beliggenhet. (Se eks. til venstre).

Loddvekt : 65 kg (140 lbs)      Fallhøyde : 75 cm (30 inch)

Relativ fasthet for standard penetration test (SPT)  
(etter Foundation Engineering, Art. 3, 4.)

Antall slag pr. 30 cm synkning	Betegnelse
0 - 4	meget løst
4 - 10	løst
10 - 30	middels
30 - 50	fast
over 50	meget fast

Fig. 3. Standard penetration test (SPT) prøvetaking (Rygg)  
(NR IV:1)

DYNAMISK SONDERING I SVERIGE (referat)

R. Lundström, Sverige

Användningsområdena för hejarsond är desamma som i Norge. Fallhöjden vid hejarsondering är enligt svensk standard 60 cm. Vid användning av fri-fallshejare kommer den kanske att bli 50 cm. Önskemål om variation av fallhöjden för olika jordarter kan leda till tolkningssvårigheter. Hejarsondering är den vanligaste metoden för bestämning av pållängder. Den bör dock ej användas för bestämning av bergnivån. För detta ändamål bör man använda bergborrmaskin.

Standard Penetration Test används mest vid uppdrag ute på den internationella marknaden. Man erhåller kraftigt störda prover. Metoden är dyrbar och ger endast punktvärden. Utrustningen följer amerikansk standard utom vad beträffar stänger och hejarens utseende. SPT ger ej lagerföljden så bra som hejarsondering, vilken senare även visar bättre överensstämmelse med påslagning.

Slagsondering för bestämning av pållängder är en ej allmänt vedertagen metod, men förekommer.

Vid större djup är det svårt att bestämma bergnivån med slagsondering pga stora energiförluster längs stängerna.

Ett hjälpmedel, som gör att man slipper borra tre meter eller mer i berget för att förvissa sig om att det inte är ett block, är den bergindikator som utvecklats av Orrje & Co. En mikrofon placeras i ett hål i berget och uppfångar de ljud som fortplantas genom berget vid borrhningen. Inom ett visst frekvensintervall är det stor skillnad på ljudnivån, beroende på om man borrar i morän, block eller berg. Signalerna inom detta intervall plockas ut och förstärks av apparaten och via hörlurar kan man lätt avgöra, när man når berget.

DYNAMISK SONDERING I DANMARK

F. Fjellerup, Danmark

Erfaringer med brug af rammesonde R.S.

Det rådgivende ingeniørfirma Chr. Ostenfeld & W Jønson har i mange år udført bundundersøgelser med eget materiel og egne borehold.

Siden 1959 har vi bl.a. benyttet en rammesonde af svensk fabrikat (Borro's hejarborr), som vi p.t. ejer 2 eksemplarer af. Vi skal her redegøre for nogle af vore erfaringer med detta udstyr.

Konstruktion og virkemåde forudsættes bekendt. Vi benytter praktisk taget altid løs firkantspids 4 x 4 cm, 63,5 kg lod og 50 cm faldhøjde.

Betjening er normalt 1 formand + 1 medhjælper.

Registrering og optegning

Da vi anskaffede vor første sonde, arbejdede man i Sverige med registreringer i cm nedsynkning per. slag, og vi gjorde derfor det samme. Ret hurtigt gik vi over til at karakterisere rammemodstanden som

$$P_{\text{dyn}} = \frac{P_{\text{brud}}}{F}$$

hvor  $P_{\text{brud}}$  udregnes efter den danske rammeformel og  $F$  er tvaersnitsarealet af spidsen  $16 \text{ cm}^2$ . Man regner således ikke med friktion på stangen.

Denne måde at angive rammemodstanden tager bedst muligt hensyn til den varierende stanglængde.

Nomogram for udregning av  $P_{\text{dyn}}$  er udarbejdet.

Specielle fordele ved brug av RS

- 1° Større gennemtraengningsevne end spidsbor (vaegtsonde).
- 2° RS kan også benyttes ved nedbringning af piezometre og sætningsmålestaenger.
- 3° RS kan kombineres med prøvetager (svensk: jordprøvtagningspets), den såkaldte "måneraket", der ikke tager intakte prøver, men gode om-

rørte prøver. Den kan rammes ned til vilkårlig dybde, og man kan således få en prøve af et dybtliggende lag uden at skulle bore gennem de overliggende.

#### Fortolkning av RS

##### 1° Direkte fundering.

Vi benytter den ikke ofte hertil. Den franske tommelfingerregel:

$P_{\text{till}} = \frac{1}{20} \cdot P_{\text{dyn}}$ , hvor dog Eytolwein's formel uden talfaktor benyttes ved udregning af  $P_{\text{dyn}}$ .

2° Hvis paelematerialets tilladelige trykstyrke er  $60 \text{ kg/cm}^2$ , fås med sikkerhed 2,5 en brudstyrke på  $150 \text{ kg/cm}^2$ . I det forholdet mellem paelens og rammesondens dynamiske rammemodstand ( $\psi$ ) af os er bestemt til ca 0,7 svarer hertil en  $P_{\text{dyn}}$  for sonden på ca  $210 \text{ kg/cm}^2$ . Normalt regner vi med at  $P_{\text{dyn}} = 250 \text{ kg/cm}^2$  repræsenterer paelefast bund.

Der knytter sig naturligvis nogen usikkerhed til bestemmelser av  $\psi$ , normalt har vi fundet værdier mellem 0,50 og 1,0. For traepaele synes dog at være større end 1,0. I et enkelt tilfælde har metoden svigtet totalt, idet sonden viste en paelefast bund, der ikke registreredes af paelene. Jordbunden bestod af ca 15 m dynd og tørv underlejret af senglaciale sand- og siltlag.

En mulig forklaring er at adhaessionen i bløde lag spiller en forholdsvis stor rolle for sonden.

NB NB: Vi benytter aldrig RS uden ledsagende geotekniske boringer - med mindre det drejer sig om mindre opgaver, hvor jordbundsprofilet i forvejen er godt kendt.

HEJARSONDERING I FINLAND (referat)

T. Hailikari, Finland

Resultat av hejarsonderingsförsök som utförts av det finska vägverket visades. Man hade bl a utfört sondering med fyra olika spetsar (se följande artikel av R. Hiltunen).

Vidare meddelade Hailikari att man enligt kommande anvisningar skall använda 60 cm fallhöjd och fyrkantspets vid bestämning av lagringstätheten i friktionsmaterial. Vid bestämning av bergnivån kan man dock använda högre fallhöjd samt rund spets. Vid anförandet visades också det förslag till spetsar och stänger (fig. 1 och 2) till hejarsondering, som den finska sonderingskommittén kommer att lägga fram. Även förslag till protokoll och redovisningssätt presenterades (fig. 3).



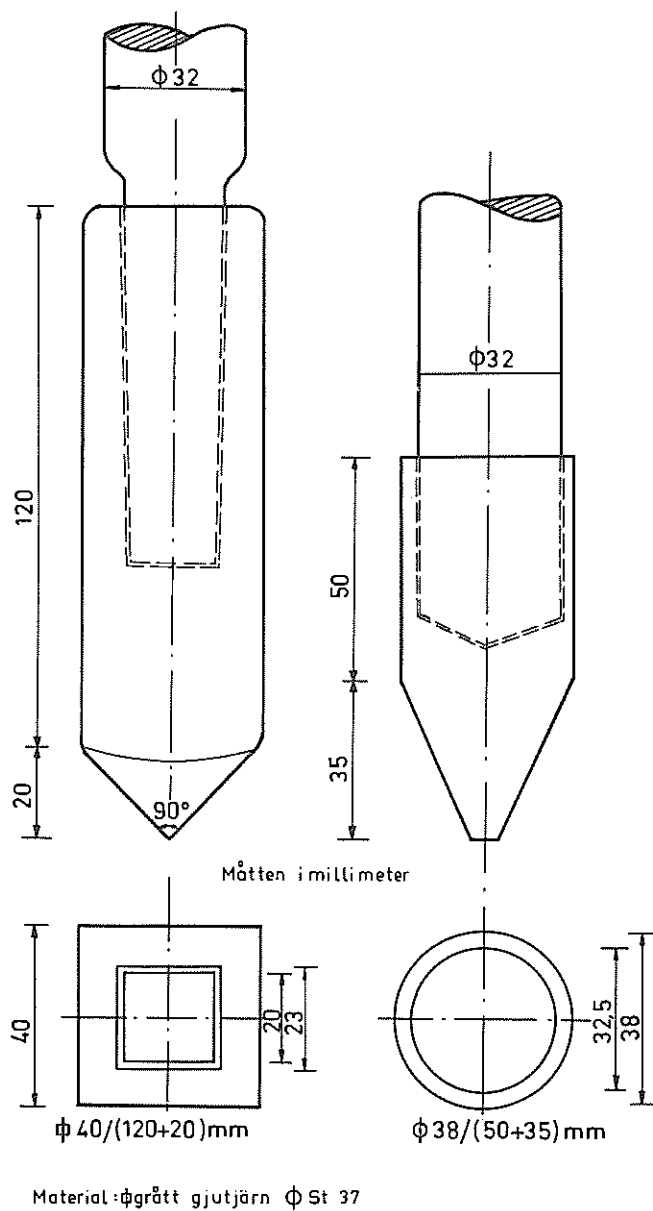


Fig. 1. Förslag till utformning av lösa hejarborrspetsar (TH IV:4)

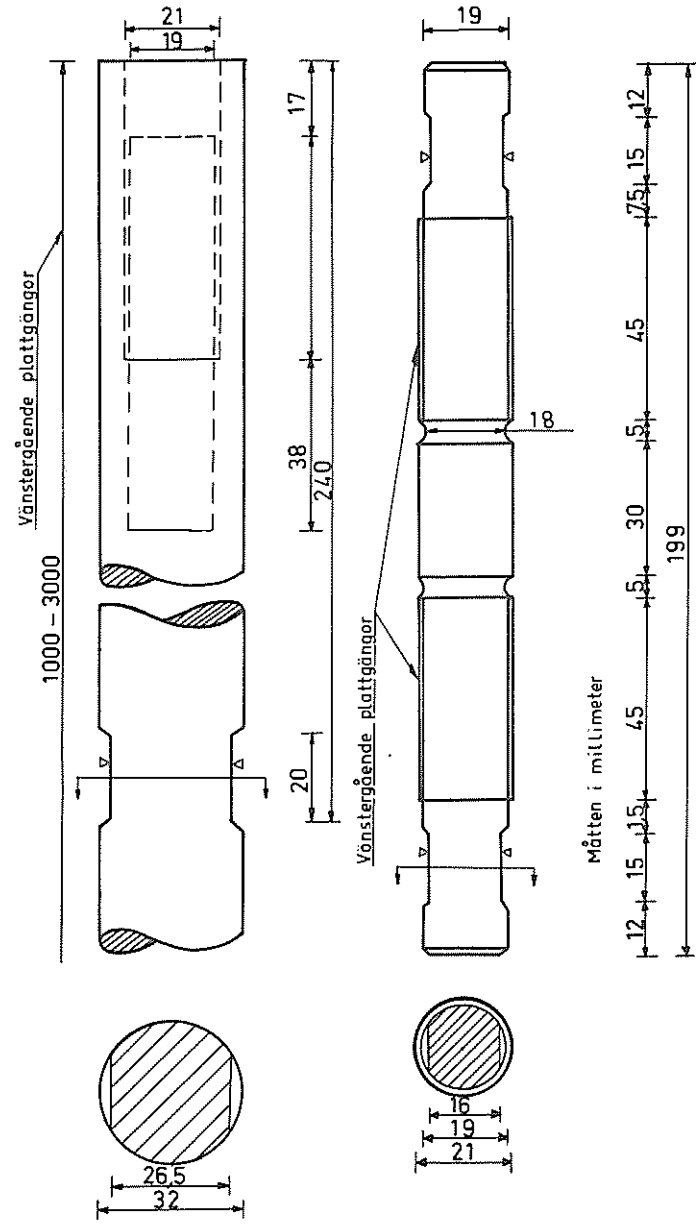


Fig. 2. Förslag till hejarsondstång och skarvtapp (TH IV:4)

Hejarsonderingsprotokoll						Sida.....
OY Kairauslike AB						Arb.n:o.....
Borrningsledare.....						Datum.....
Läge av sond. punkt.....						
Markyta $\Phi$ .....						GW $\Phi$ .....
Spetsens diameter.....						
Hejarens vikt.....						
Djupet av spetsen	Fallhöjden (cm)	Antal slag	Sjunkning (cm)	Antal stänger	Sonderingsmätstavn (slag/cm)	Anmärkingar: Jordartsgränser, paus i borrarngen.)

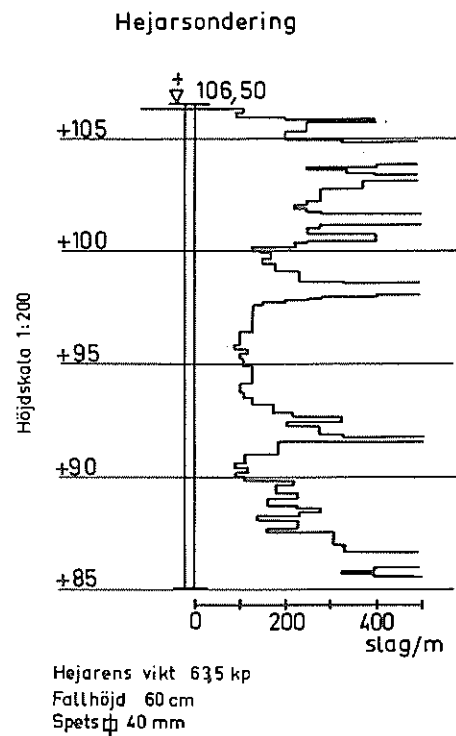


Fig. 3. Förslag till protokoll och redovisningssätt för hejar-sondering (TH IV:4)

HEJARSONDEN VID GRUNDUNDERSÖKNINGARR. Hiltunen, Finland <sup>1)</sup>

(Översatt av Markku Tamminne)

Hejarsonderingens princip är att släppa en hejare av stål fritt ned och att överföra den härvid uppkomna kinetiska energin med hjälp av kilanordningen till sondens stänger, som härvid drivs ner i jorden. För att uttrycka jordens egenskaper användes sonderingsmotståndet som i allmänhet uttryckes i antal slag per sjunkningsenhet hos stängerna (i Finland slag/10 cm).

Vid VBB:s jordundersökningsbyrå utfördes under åren 1965-66 en undersökning, som omfattade undersökning av BORRO-hejarsonden, sonderingsarbetets utförande samt tolkning av resultaten. Speciellt fästes uppmärksamhet vid användandet av tjockare lösspetsar än stänger.

Olika hejarsonder

I Finland har man använt den svenska BORROS AB:s sond. Den har redan använts i över 10 år, men då man saknar sonderingsanvisningar har sonderingar utförts på många olika sätt till och med av samma statliga byrå. Bl.a har följande värden använts:

- Hejarens vikt har varit mellan 60 och 80 kg
- Fallhöjden har varierat mellan 50 och 100 cm. I praktiken har man inte fäst stor vikt vid att hålla denna fallhöjd utan då man t.ex. har använt 100 cm:s nominalfallhöjd, har man kunnat släppa hejaren än från 40 cm än från 140 cm höjd.
- Vid sonderingar har man använt  $\varnothing$  32 mm jämntjocka stänger av specialstål. Förtjockade spetsar har man använt mycket sällan.

---

1) De av T. Hailikari omnämnda försöken med hejarsondering har sedan mötet hölls i oktober 1967 publicerats i Rakennustekniikka 1968:6 av diplomingenjör Reino Hiltunen under titeln "Heijarikaira maaperätutkimuksissa". Eftersom denna artikel är på finska och resultaten preliminärt redovisades på sonderingsmötet har det bedömts lämpligt att här återge denna artikel i svensk översättning.

I Tyskland använder man hejarsonder av tre olika storlekar. Nedträngningsförmågan hos den största sonden är nästan lika med BORRO:s, den minsta lika med viktsonden (DIN 4043, 1960 1963).

Den mest kända sonden, som fungerar enligt hejarprincipen är kanske den amerikanska Standard Penetration Test. Här använder man cylindrisk spets, varmed man får jordprov vid normala sonderingsförhållanden.

Dessutom användes i olika länder ett stort antal mindre kända hejarsonder.

#### Inverkan av hejarens vikt och fallhöjd

Då hejaren faller, överföres den på detta sätt alstrade kinetiska energin först till stängerna och med hjälp av dem till jorden under spetsen. Denna förflyttning kan man studera antingen enligt energiprincipen eller enligt stötvågsteorin.

Enligt energiprincipen kan man skilja på två olika skeden när stängerna tränger ner i jorden. Under det första skedet, som börjar då hejaren och stängernas kilanordning vidrör varandra, trycks stängerna ihop. Den härvid uppkomna tryckkraften blir lika stor, som spetsens statiska inträngningsmotstånd  $R$ . Under det andra skedet börjar stängerna tränga in i jorden och rörelsen fortsätter ända tills hejarens och stängernas kinetiska energi har blivit för liten för att övervinna motståndet  $R$  på sträckan  $s$ .

Genom att beräkna den gemensamma hastigheten och kinetiska energin hos hejaren samt stängerna både i början och slutet av förloppen kommer man till ekvationen (Ylinen 1948):

$$R = - \left[ \frac{EAs}{1} \cdot \frac{1 + \frac{P}{Q}}{1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{P}{Q}} - Q \right]^{+} \quad (-)$$

$$+ \sqrt{\left( \frac{EAs}{1} \cdot \frac{1 + \frac{P}{Q}}{1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{P}{Q}} - Q \right)^2 + \frac{2 E A Q}{1 \cdot \left( 1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{P}{Q} \right)} \cdot \left[ h + s \left( 1 + \frac{P}{Q} \right)^2 \right]}$$

där  $R$  = spetsens statiska inträngningsmotstånd

$E$  = stängernas elasticitetsmodul

$A$  = stängernas tvärsnittsarea

s = spetsens sjunkning  
 P = stängernas vikt  
 Q = hejarens vikt  
 h = hejarens fallhöjd  
 l = stängernas längd

Vid härledning av formeln har gjorts några förenklade antaganden. Därför kan formeln inte direkt användas för att bedöma jordens bärförmåga. Ur fig. 1 kan man härleda följande viktiga faktorer som inverkar på tolkningen av hejarsonderingsresultat:

- Effekten av hejarens slag minskar avsevärt, då sonderingsdjupet växer från 1 m till 20 m.
- Då jordens fasthet växer, stiger sonderingsmotståndet relativt måttligt ända till en fasthet motsvarande ca 200 slag/10 cm, men herefter föranleder redan ett litet tillägg i hållfastheten en stor ökning i sonderingsmotståndet.
- Förändring av fallhöjden från 100 cm till 60 cm föranleder en rätt stor tillväxt i sonderingsmotståndet. Tillväxten varierar med jordens fasthet.

#### Jämförelsesonderingar med tjockare spetsar än stänger

Sonderingsmotståndet hos hejarsond, liksom även hos andra sonder utan skyddsrör, består av två delar, nämligen av spetsmotstånd och mantelmotstånd. Eftersom endast spetsmotståndet är beroende av jordarten vid spetsens nivå, bör man försöka göra mantelmotståndet så litet som möjligt genom en utveckling av sonderingsmetoden.

På hösten 1965 utfördes på 12 olika platser sammanlagt ca 70 hejarsonderingar till djup varierande mellan 2 och 22 m. På varje ställe sonderades med fyra olika spetsar (fig. 2) samt jämntjocka stänger utan spets. Sonderingarna utfördes i omedelbar närhet av varandra. Dessutom utfördes viktsonderingar samt togs jordprover för laboratorieundersökningar. Hejarsonderingsmotstånden kan jämföras på följande sätt.

#### Jämförelse mellan totalmotstånd

I fig. 3 visas regressionslinjen för sambandet mellan sonderingsmotstånd

som erhållits med lång respektive kort fyrkantspets. Härav ser man, att den långa fyrkantspetsen ger på grund av sin större mantelyta större sonderingsmotstånd än den korta fyrkantspetsen. Skillnaderna är störst vid små totalmotstånd.

Fig. 4 visar motsvarande jämförelse för runda spetsar. Härav framgår inverkan av den längre spetsens större mantelyta inte lika klart som för fyrkantspetsar. Detta torde bero på att den långa spetsen är mera spöformad än den korta spetsen.

Genom att beräkna sonderingsmotståndet i medeltal för runda och fyrkantiga spetsar samt jämföra dem sinsemellan (fig. 5) ser man, att fyrkantspetsarna ger i friktionsjordarter ca 1,4 gånger större motstånd än runda spetsar. I leran fick man däremot mindre värden med fyrkantiga än med runda spetsar.

#### Spetsmotstånd

Om man antar, att totalmotståndet uppstår av spetsmotstånd och av med djupet jämnt tilltagande mantelmotstånd, kan man med hjälp av minsta kvadratmetoden härleda ekvationen

$$t_{1/2} = \frac{(\sum h_i) \cdot (\sum h_i L_{1i}) - (\sum h_i^2) \cdot (\sum L_{1i})}{(\sum h_i) \cdot (\sum h_i L_{2i}) - (\sum h_i^2) \cdot (\sum L_{2i})}$$

där  $t_{1/2}$  = relation mellan spetsmotstånd

$h_i$  = sondspetsens djup

$L_{1i}$  = spetsens 1 totalmotstånd på djupet  $h_i$

$L_{2i}$  = " 2 " " " "  $h_i$

Man kan alltså jämföra spetsmotstånd hos olika spetsar genom att utgå från det totala sonderingsmotståndet på olika djup. På så sätt hade man fått fram de i tabell 1 visade värdena varav framgår följande.

- Med fyrkantspetsar får man i grova friktionsjordarter större spetsmotstånd än med runda spetsar eller med stänger utan spets. Härvid har man beaktat de olika tvärsnittsareorna hos spetsar och stänger.
- I friktionsjordarter är spetsmotstånden ungefär direkt proportionella med tvärsnittsareorna. Spetsens fyrkantform har här ingen större betydelse.
- I kohesions- och siltjordarter utförda sonderingar, som utförts med

spets som inte är tjockare än stängen, får man större spetsmotstånd än då man använder egentliga spetsar. Med fyrkantspetsar och runda spetsar får man nästan lika stora spetsmotstånd trots att deras tvärsnittsareor förhåller sig som 1,4:1.

#### Mantelmotstånd

Om man utgår från antagandet, att när man använder fyrkantspetsar ( $\phi$  40 mm) elimineras mantelmotståndet helt, och att spetsmotstånden är proportionella mot spetsarnas tvärsnittsareor får man ekvationen

$$L - t \cdot K = h \cdot V$$

där L = totalmotstånd utan spets

V = mantelmotstånd " "

K = spetsmotstånd med spets (totalmotstånd)

t = relation mellan spetsmotstånd (= relation mellan tvärsnittsareorna)

h = sonderingsdjupet

Ekvationen kan framställas grafiskt enligt fig. 6. Ordinatan uttrycker mantelmotståndens storlek vid olika djup, h, linjens vinkelkoefficient däremot mantelmotståndet per längdenhet av sondstängen.

Genom att placera in resultatet av de utförda hejarsonderingarna i ett koordinatsystem enligt fig. 6 och beräkna regressionslinjer för erhållna punktgrupper, får man följande resultat:

- I grova friktionsjordarter var mantelmotståndet med jämntjocka stänger utan spets ca 0,9 slag/10 cm och m stång. På sex meters djup var mantelmotståndet 20 - 40 % av totalmotståndet.
- I kohesionsjordarter fick man med jämntjocka stänger mantelmotstånd på ca 0,4 slag/10 cm och m stång. Med spetsar var sonderingsmotståndet många gånger mindre än vid sonderingar med jämntjocka stänger utan spets.
- I kohesions- och fina friktionsjordarter fick man med runda spetsar ( $\phi$  38 mm) mantelmotstånd på ca 0,1 slag/10 cm och m stång.

De erhållna resultaten är inte så exakta och absoluta, att man skulle kunna använda dem då man tolkar resultat av med jämntjocka stänger utan spets utförda hejarsonderingar. De visar dock att för att uppnå pålitliga resultat, bör man vid hejarsondering använda tjockare spetsar än stänger.



De lösa spetsarnas inverkan på sonderingskostnaderna

Allt som allt mättes vid sju sonderingsplatser den effektiva arbetstiden, som användes för sondering och uppdragning. Resultaten har åskådliggjorts i fig. 7.

Stängernas inträngning var snabbast vid användning av runda spetsar medan däremot fyrkantspetsar fordrar den längsta sonderingstiden.

Den tid, som åtgick till att lyfta upp stängerna, beror i hög grad på om den vanliga hävstångslyftarens kraft är tillräcklig eller om man måste använda skruvdomkraften. Då man använder lösa spetsar behövs skruvdomkraften ej ens vid djupa sonderingar annat än i början tills spetsen lossnat. Då man sonderade med jämntjocka stänger utan spets var man tvungen att lyfta stängerna med skruvdomkraften flera meter.

Om man tänker att den i jorden kvarblivna spetsen motsvarar en arbetstid av 20 minuter för sonderingsgruppen (4 Fmk), kan man konstatera att sonderingar med runda spetsar är mest ekonomiska. Vid sonderingar med fyrkantspetsar och med jämntjocka stänger utan spets var totalutgifterna i medeltal lika stora.

Sonderingsmotståndets beroende av jordens egenskaper

Som mått på friktionsjordarters täthet använder man ofta packningsgraden, D, definierad enligt:

$$D = \frac{\gamma_d}{\gamma_{\max}} \cdot 100 \%$$

där  $\gamma_{\max}$  = jordens maximivolymvikt

$\gamma_d$  = jordens volymvikt i undersökningsskedet

Bestämningen av volymvikterna utförs med hjälp av modifierad Proctor-packning respektive vattenvolymeter.

Resultat av utförda hejarsonderingar och volymviktsmätningar i jord i naturtillstånd vid Kausala samt i packad jord vid en bro vid Saima kanal visas av de i fig. 8 framställda sambanden mellan sonderingsmotstånd och sandens täthet. Vid samma täthet får man större motstånd på djupet än nära ytan.

Sambandet mellan friktionsjordarternas kompressibilitet och hejarsonderingsmotstånd har undersökts bland annat i Tyskland (Menzenbach 1959). Resultaten har jämförts med i broar uppkomna sättningar och man har konstaterat, att storleken av sättningarna kunde uppskattas rätt.

För att jämföra friktionsjordarternas skjuvhållfasthet och hejarsonderingsmotstånd togs fem jordprover, på vilka gjordes konsoliderade, snabba direkta skjuvförsök. Jordens horisontala skjuvhållfasthet beräknades ur ekvationen

$$\tau_f' = c' + \sigma' \tan \phi'$$

Resultaten har sammanställts på fig. 9.

Jordens olika egenskaper är i hög grad beroende av varandra. Sålunda beror till ex. friktionsvinkeln dels av jordarten dels på jordens täthet och kornform. Sonderingsmotståndet beror av de olika egenskapernas gemensamma inverkan. Sålunda kan man inte exakt bestämma någon egenskap hos jorden genom sondering.

#### Jämförelse mellan hejar- och viktsondering

Med hejar- och viktsond utförda jämförelsesonderingar visas i fig. 10, varav framgår följande:

- Då viktsonden intränger med vikter i jorden erhålls med hejarsond motstånd  $\leq 2$  slag/10 cm.
- Då viktsonden vrides kan man med hjälp av fig. 10 göra motståndsjämförelser.
- I några fall slogs viktsonden ned redan när hejarsonderingsmotståndet var 17 slag/10 cm. Vid andra sonderingar kunde viktsonden tränga ner genom att vridas, då hejarsonderingsmotståndet var upp till mellan 60 - 80 slag/10 cm. Växlingen torde bero delvis på vem som utför sonderingen samt delvis på att även en liten sten hindrar viktsonden att tränga ner medan däremot hejarsonden kan tränga ner med några slag.

Då man med viktsonden får mycket bättre uppfattning om jorden än med hejarsonden, är det naturligt att viktsonden användes i sådana fall, där den kan tränga ned. I en sådan jord, där viktsonden inte kan tränga ner ordentligt och vilkens täthet man behöver bestämma, skulle det vara

bäst att utföra grundundersökningen med både hejar- och viktsondering.

#### Användningsmöjligheter för hejarsonden

Bestämningen av bergytan är hejarsondens viktigaste användningsområde. I allmänhet fortsätter man sonderingen ända till "fast botten". När spetsen når bergytan, studsar hejaren häftigt upp från kilarna. Detta är ju icke en tillräcklig indikering av bergytan eftersom till ex. tät morän ofta förorsakar en liknande studs. Härvid bör stängernas sjunkning noggrant iakttagas, och om stången till ex. vid de 200 sista slagen icke har sjunkit mer än några millimeter, kan sonderingen avslutas.

Vid sådana undersökningar, där man endast strävar till bergytan, kan man rekommendera användning av 100 cm:s fallhöjd och den i fig. 2 förevisade korta runda spetsen.

Med hejarsondering får man fram bergytan mycket bättre än med vikt- och motorslagssondering, men om man strävar till fullständig säkerhet, bör man använda specialsonder.

För att undersöka friktionsjordarternas täthet och olika jordlagers maktighet, som behövs vid bestämning av tillåtet grundtryck kan hejarsonden användas i synnerhet i sådana jordarter, i vilka viktsonden inte ordentligt kan tränga ner. Härvid rekommenderas användning av 60 cm:s fallhöjd och den i fig. 2 visade korta fyrkantspetsen. De på detta sätt med hejarsonderingar erhållna uppgifterna kan användas också för bestämning av pållängder.

Också för att bestämma schaktbarheten har man kommit att rekommendera användning av hejarsonden. Vid undersökningarna har använts 100 cm:s fallhöjd samt  $\emptyset$  38 mm:s spets (Arhippainen & Korpela 1964).

Användningen av spetsar tjockare än stången kan integöra hejarsonden till en pålitlig undersökningsmetod. Själva sonderingsarbetet bör utföras omsorgsfullt. I synnerhet bör man vara noggrann med sondstängernas raket och fallhöjden ( $\pm$  5 cm:s tolerans är lätt att uppnå).

Då man redovisar sonderingsresultat borde man alltid ange hejarens vikt, fallhöjd samt spetsens form.

Litteratur:

Arhippainen & Korpela 1964. Maaperän kaivettavuuden määrittäminen kaivuvaikeusluokan perusteella. Rakennustekniikka N:o 11/1964.

DIN 4034 (Vornorm) 1960. Ramm- und Drucksondiergeräte. Abmessungen und Arbeitsweise. Berlin.

DIN 4034 (Blatt 2) 1963. Ramm- und Drucksondiergeräte. Anwendung. Berlin.

Menzenbach E. 1959. Die Anwendbarkeit von Sonden zur Prüfung der Festigkeitseigenschaften des Baugrundes. Köln.

Terzaghi & Peck 1949. Soil Mechanics in Engineering Practice. New York.

Ylinen A. 1948. Kimmo- ja lujuusoppi I. Porvoo.

Hiltunen R. 1966. Heijarikairan käyttö kitkamaatutkimuksissa. Diplomityö. TKK.

Tabell 1.

Relation mellan spetsmotstånd i olika jordarter

Jordart	Relation mellan spetsmotstånd	
	<u>Fyrkantspets</u> Rund spets	<u>Fyrkantspets</u> Utan spets
0... 12 m grS 12... 18 m sM	1.46	2.50
0... 6 m M+S	1.39	1.91
0... 2 m SMn	1.42	1.89
0... 8 m L 8... 22 m sM	1.01	0.40
0... 4 m M 4... 10 m S	1.53	1.11
Relation mellan tvärsnittareor	1.41	2.00

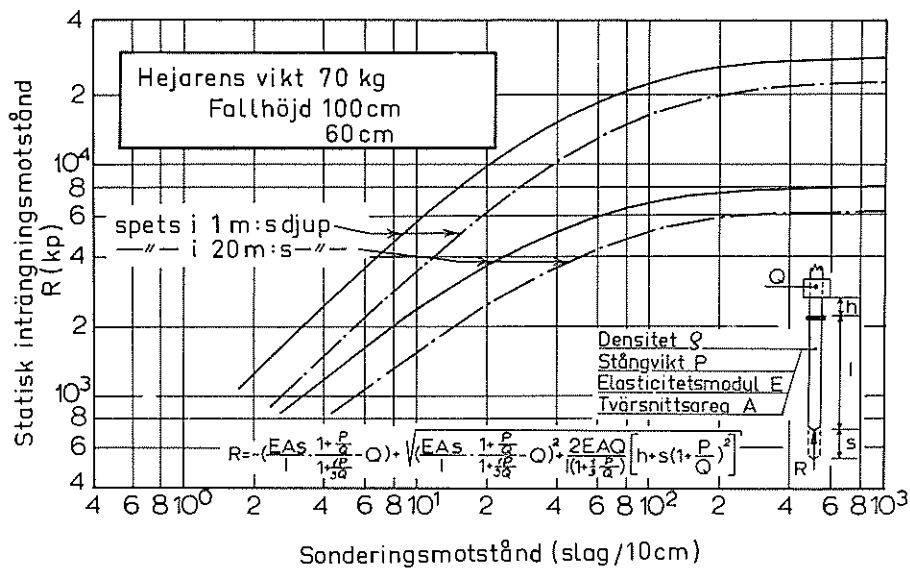


Fig. 1. Avhängighet mellan hejarsonderingsmotstånd (slag/10 cm) och statistiskt inträngningsmotstånd  $R$  (kp) (RH IV:5)

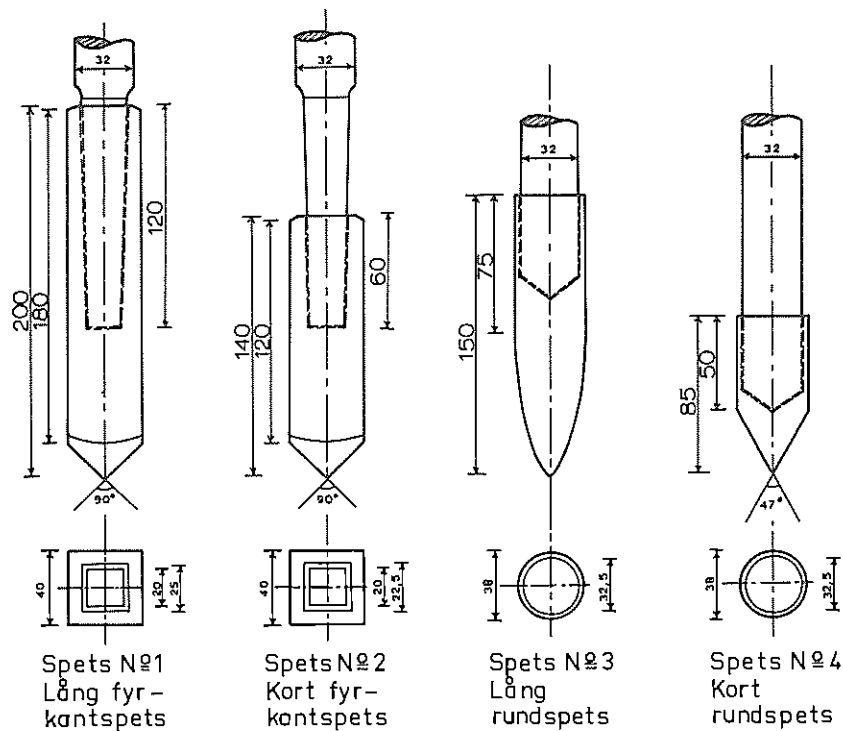


Fig. 2. De vid undersökningen använda lösa hejarsondspetsarna (RH IV:5)

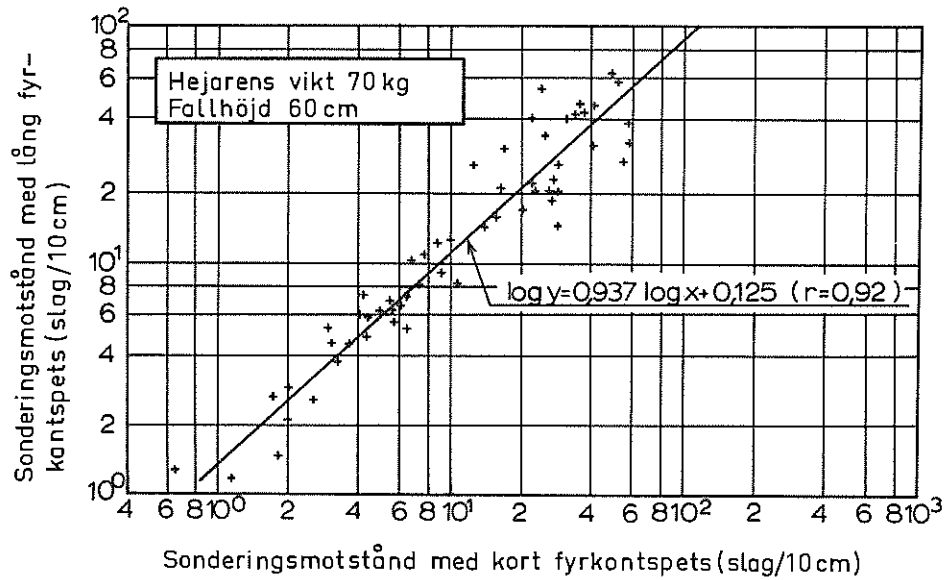


Fig. 3. Jämförelse mellan sonderingsmotstånd vid användning av lång respektive kort fyrkantspets (RH IV:5)

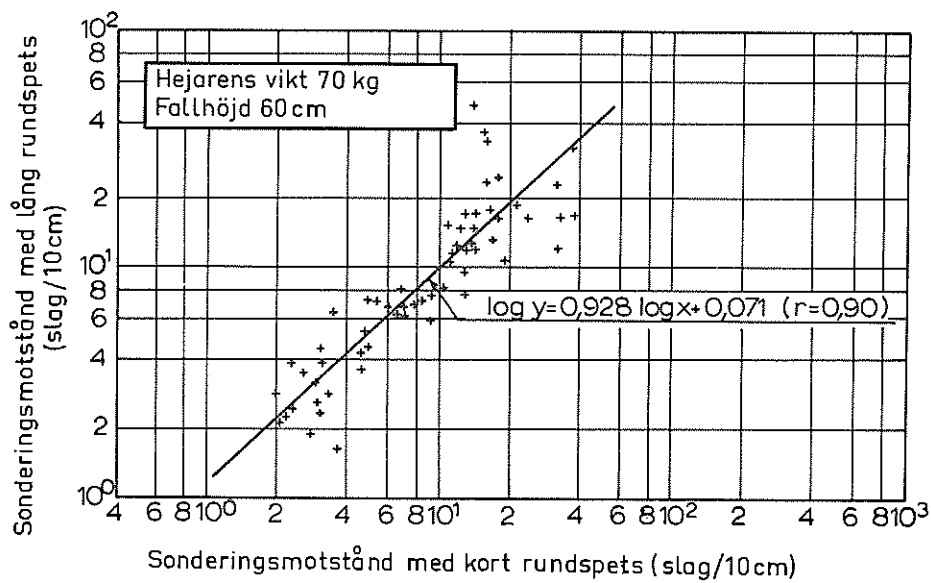


Fig. 4. Jämförelse mellan sonderingsmotstånd med lång och kort rundspets (RH IV:5)

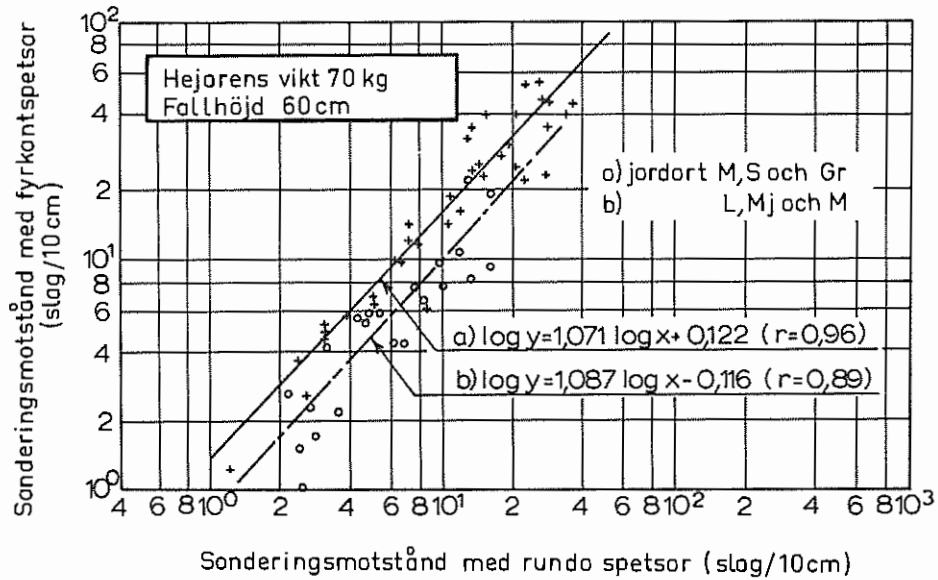


Fig. 5. Jämförelse mellan sonderingsmotstånd med fyrkantspetsor och runda spetsor (RH IV:5)

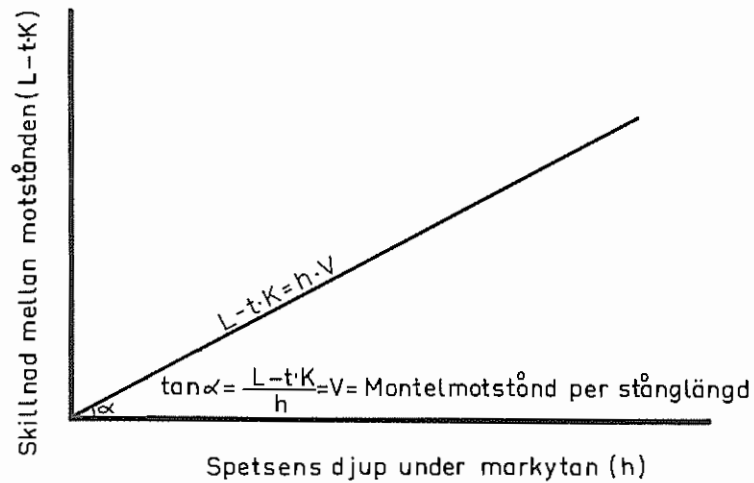


Fig. 6. Det vid bestämning av mantelmotståndet använda sambandet (RH IV:5)



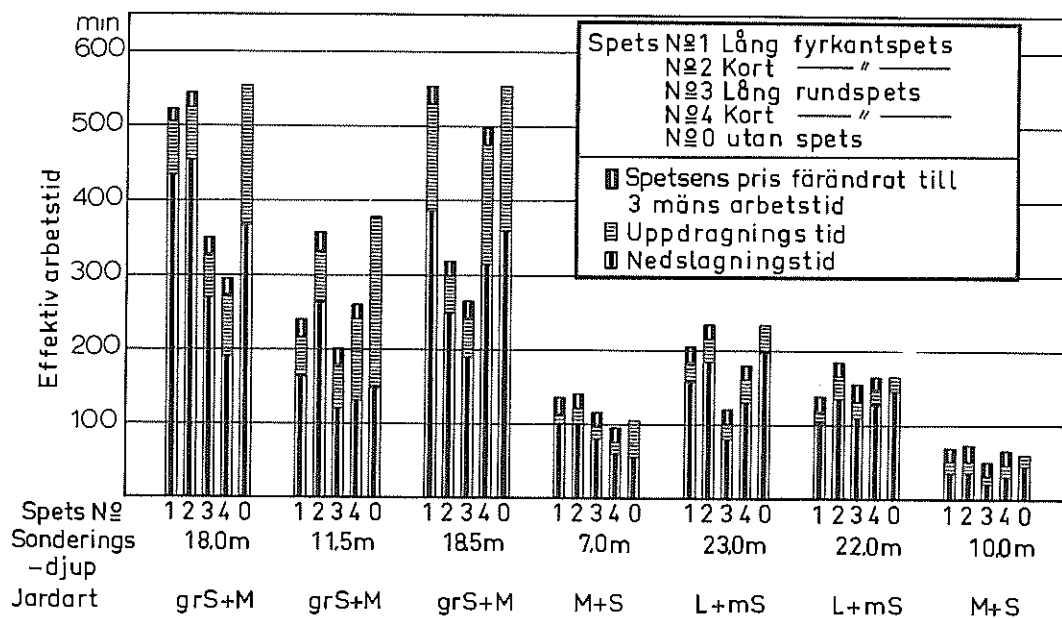


Fig. 7. I hejarsonderingarna använda effektiva arbetstider (RH IV:5)

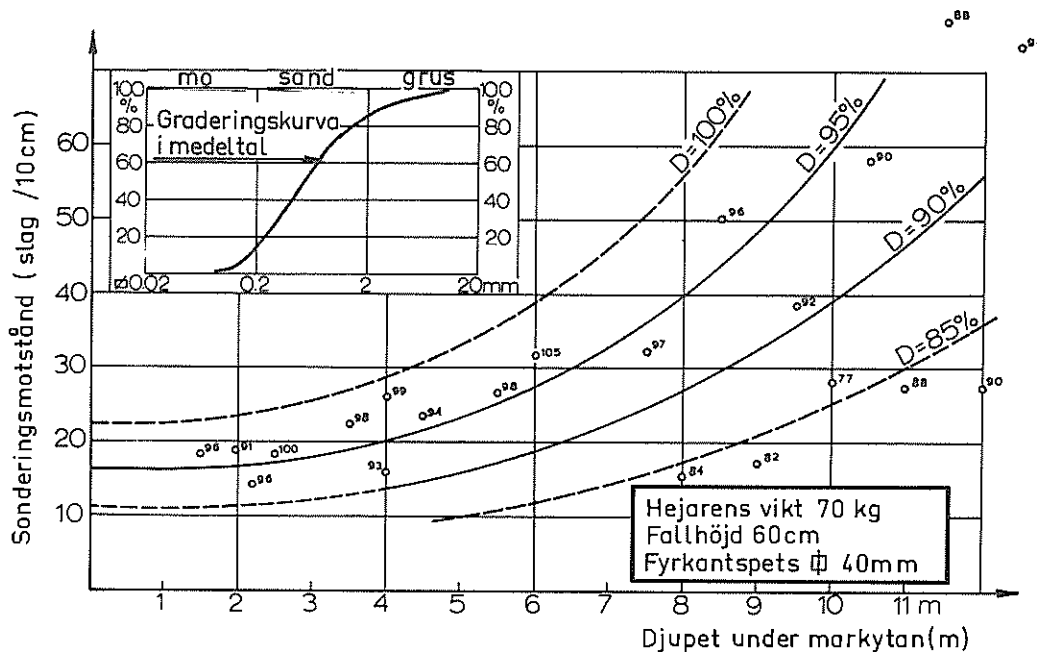


Fig. 8. Hejarsonderingsmotståndets avhängighet av sandens packningsgrad (RH IV:5)

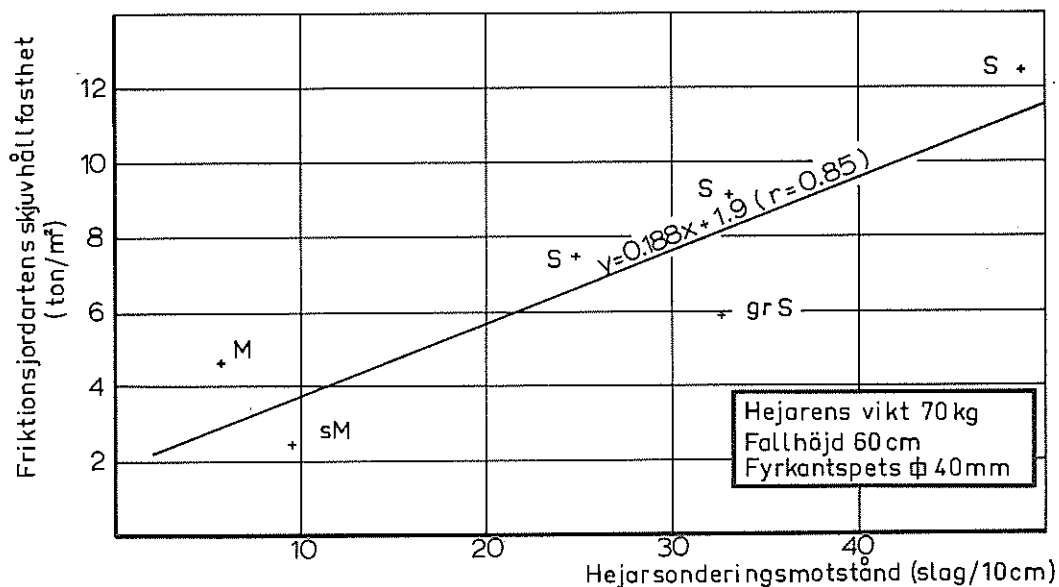


Fig. 9. Hejarsonderingsmotståndets avhängighet av jordens skjuvhållfasthet (RH IV:5)

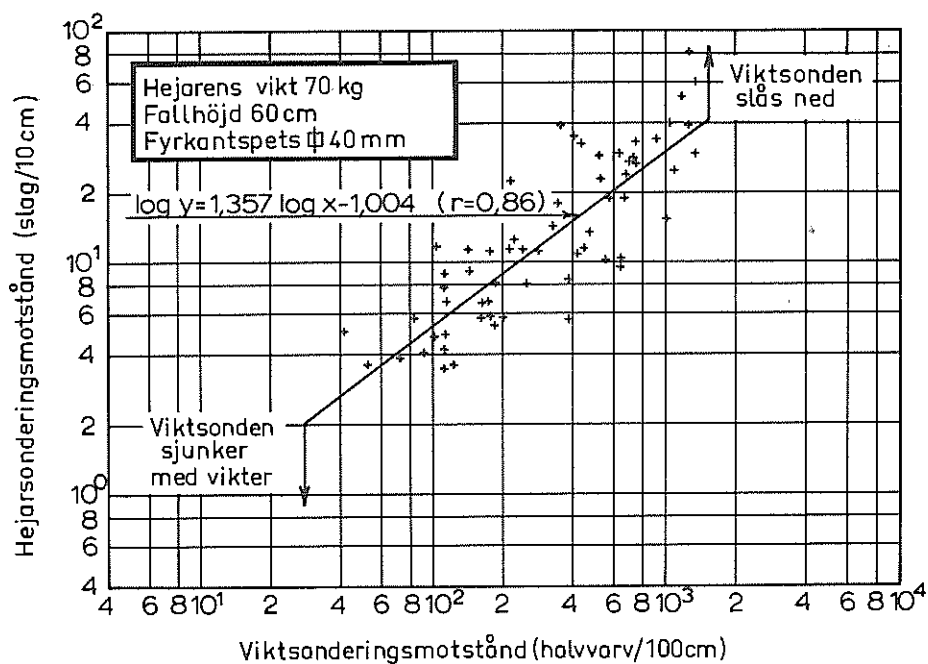


Fig. 10. Jämförelse mellan hejar- och viktsonderingsresultat (RH IV:5)

FÖRSÖK MED HEJAR- OCH MOTORSLAGSONDERING

L. Hellman, Sverige

Försök med hejarsond

Som examensarbete på KTH, Stockholm har en studie av hejarsonderingsmetoden utförts.

Jämförande slagning med varierande fallhöjd 50, 60 och 76 cm har utförts med konventionell hejarborrtrrustning samt slagning med frifallshejare med 40 cm fallhöjd. Försöken visar att fritt fall 40 cm svarar mot 65 à 70 cm fallhöjd. Förutom svårigheten att hålla fallhöjden konstant kan hejarens anslagshastighet förmodas variera beroende på nocktrummans tillstånd, variationer i sättet att hantera reglagespaken m m (fig. 1).

Jämförande slagning med konventionell 63,5 kg hejare, 1,1 m lång hopvecklad 60 kg hejare och konventionell hejare med tallriksfjäderpaket placerat mellan slagdynan och hejaren har utförts med frifallshejare och 40 cm fallhöjd. Under slagningen har stötvågsmätning utförts i en punkt som framgår av fig. 2. De tio tallriksfjädrarna  $\emptyset$  71-36 mm, godstjocklek 4 mm, konicitet 1,6 mm, låg vid försöken vända topp mot topp och bas mot bas. Som framgår av fig. 3 var borrsjunkningen större vid användning av fjäderpaketet utom under slutskedet i fasta jordlager. Den långa hejaren gav bättre nedträngningsförmåga i de fasta jordlagren men gav i övrigt något mindre borrsjunkning än konventionell hejare utan fjädrar.

Det kan ifrågasättas om komplikationen med lång hopvecklad hejare tillför metoden nämnvärda fördelar. Försök med olika utformade fjäderpaket bör dock enligt min uppfattning kunna leda till en förbättring av hejarsondmetoden.

Inverkan av slagdynans (kilförbandets) glidning på överförd kraft till borrstången har studerats med hjälp av stötvågsmätningen, fig. 4. Av figuren framgår att glidande slagdyna ger betydande osäkerhet åt hejarsonderingsmetoden. Kassationsnorm för borrstänger och kilar erfordras.

I hejarsonddiagram uppritade enligt Svenska geotekniska föreningens be-

teckningsblad nr 4 finner man ofta en viss regelbundet återkommande variation, som hänger samman med kilförbandets placering och förflyttning. Stötvågsmätningar har utförts i mät punkt strax under kilförbandet med varierande stånglängd över kilförbandet, fig. 5 a-c. Av fig. 5 a och b framgår att stötvågen får olika utseende, när stånglängden över kilförbandet är 1 resp. 4 m. Vid hejarslaget alstras en dragvåg ovanför kilförbandet, vilken fortplantas uppåt och reflekteras som tryckvåg. Den reflekterade tryckvågen når mätstället  $\frac{(1+1)m}{5150 \text{ m/s}} \approx 0,4 \text{ ms}$  resp.  $\frac{(4+4)m}{5150 \text{ m/s}} \approx 1,6 \text{ ms}$  efter anslaget (fig. 5 c) och orsakar därigenom olika vågform. Denna variation i vågform kan påverka stångens sjunkning. En annan orsak kan vara att kilförbandet flyttas så högt upp att föreskriven fallhöjd inte kan hållas under de första slagserierna efter flyttningen. Även kilförbandets glidning, som är störst omedelbart efter flyttningen, torde inverka.

Sammanfattningsvis kan således konstateras att hejarsonderingsmetoden kan förbättras genom att

1. övergå till frifallshejare
2. använda fjädrande mellanlägg
3. på vissa nivåer utföra slagning med varierande fallhöjd och därvid observera och mäta hejarens återstuds.

#### Försök med bensinmotordrivna motorslagborrmaskiner

typ Wacker, Pionjär och Cobra

Försöken har utförts av ing K Allard, Statens geotekniska institut. Avsikten har varit att studera stötvågsform, maximal slagkrafts storlek och variation för att klargöra om vanliga hålade viktsondstänger  $\emptyset 22$ , hål  $\emptyset 11 \text{ mm}$  är lämpliga för motorslagborrning och om sjunkningsmätningen under sådana förhållanden kan bedömas ge resultat, som har något värde.

Mätningarna har utförts på sondstäng, som slagits till fullständigt stopp, block eller berg. Stånglängden är så stor att reflexen från spetsen når mätstället ca 4 ms efter att initialvågen passerat, fig. 6.

Av fig. 7 framgår att stötvågens varaktighet är i stort sett lika för de olika maskintyperna.

Fig. 8 visar följande resultat:

Slagborrmaskin	Wacker	Pionjär	Cobra
Maskinens skick vid provet	ny	ej fullgott skick	ny
Slagtal/min	~ 1.140	1.200-2.400	~ 1.440
Max kraft medelvärde	~ 2.750	~ 2.700	~ 4.560
kg i initialvåg lägsta värde	~ 2.640	~ 1.150	~ 3.570
högsta värde	~ 3.020	~ 3.800	~ 5.160
Max kraft i reflekterad våg, % av max initialkraft	~ 70	~ 55	~ 70
Ungefärlig max kraft vid spetsen, kg	~ 5.400	~ 5.900	~ 8.800

Försöksresultaten visar att medelspänningen i sondstången nära spetsen blir ca  $2.900 \text{ kg/cm}^2$  för den hårdast slående maskinen. Jämför sträckgränsvärdet  $6.400 \text{ kg/cm}^2$ .

Wackermaskinen är principiellt annorlunda utformad än de övriga maskinerna. Dess motorkraft används för att spänna en fjäder, som efter viss, vid varje tillfälle lika spänning utlöses varigenom varje slag blir tillnärmelsevis lika kraftigt oberoende av motorns varvtal. Pionjär- och Cobramaskinerna har en fri kolv i förbränningsrummet, vilken vid förbränningen kastas mot sondstångens slagnacke. Detta konstruktionssätt för med sig att slagkraften varierar med motorns varvtal.

Vid slagsondering är önskvärt att slagkraften är lika för varje slag. I detta avseende förefaller Wackermaskinen vara mest lämpad.

Den utförda undersökningen är av orienterande art. Försöksresultaten får inte användas för en jämförande värdering av de olika maskinernas prestationsförmåga och egenskaper eftersom jämförelsen inte är gjord på lika villkor.

Genom speciell utformning av slagnacken kan stötvågen ges önskad form exempelvis måttlig kraft med lång varaktighet för slagning i lösa och halvfasta jordmaterial och stor kraft med kort varaktighet för slagning i fasta jordmaterial. Inom detta område finns plats för utvecklingsarbete.

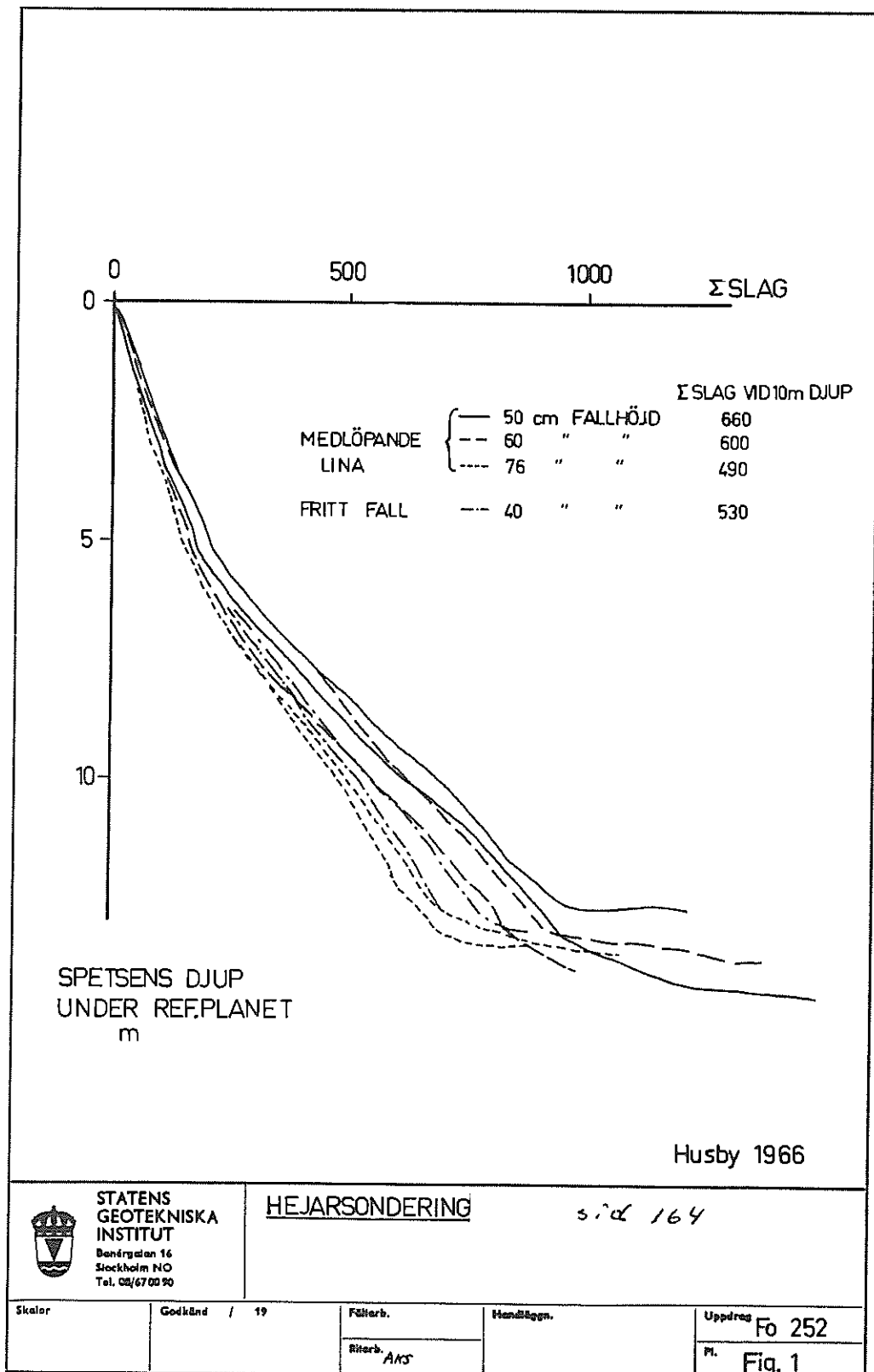


Fig. 1. Hejarsondering med olika fallhöjd. Konventionell slagning med medlöpande lina och med fritt fall (LH IV:6)

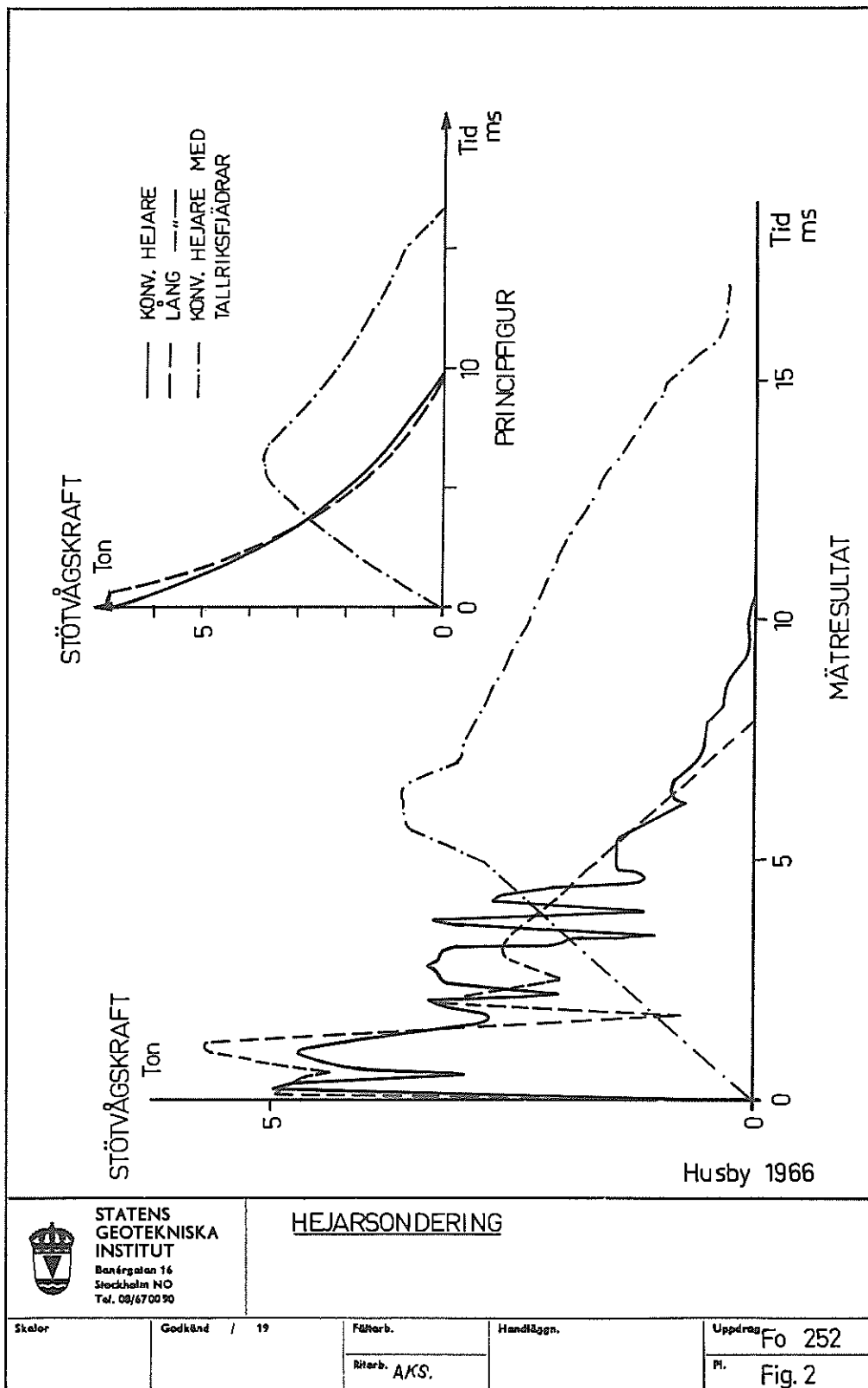


Fig. 2. Hejartypens inverkan på stötvågens form (LH IV:6)

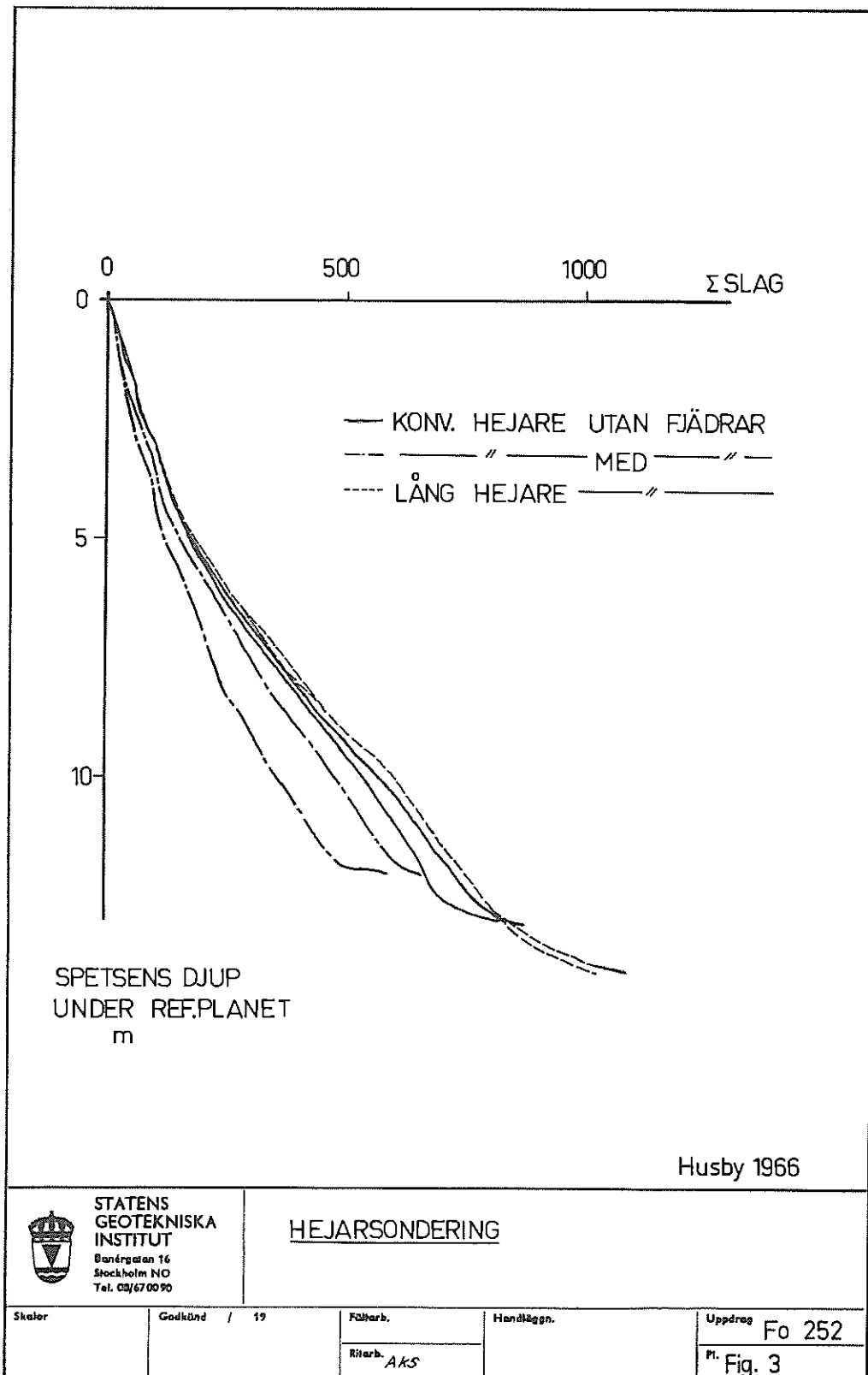


Fig. 3. Hejarsondering med och utan fjädrande slagdyna (LH IV:6)



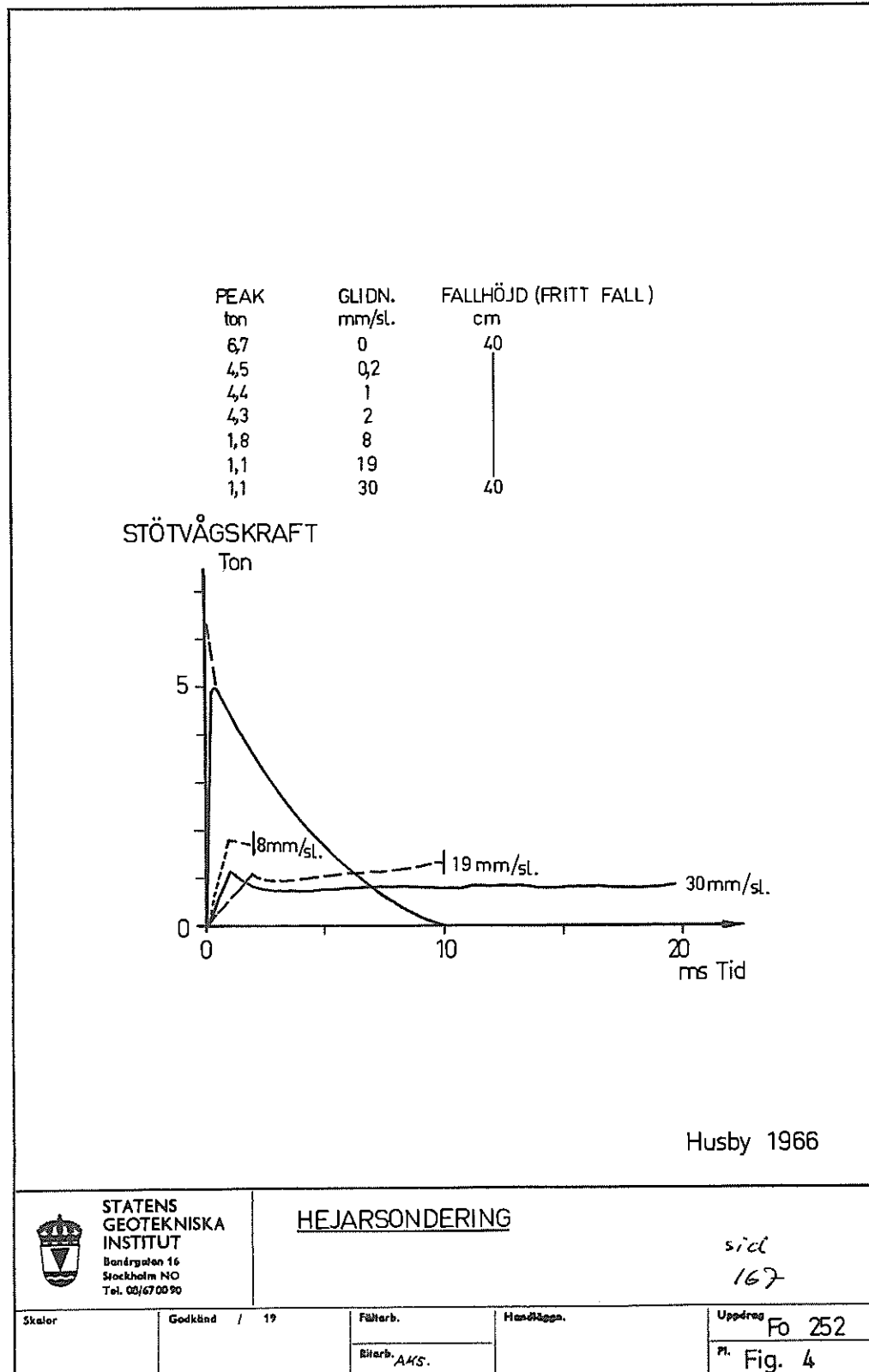


Fig. 4. Inverkan av friktionsförbandets glidning på överförd kraft i borrstången (LH IV:6)

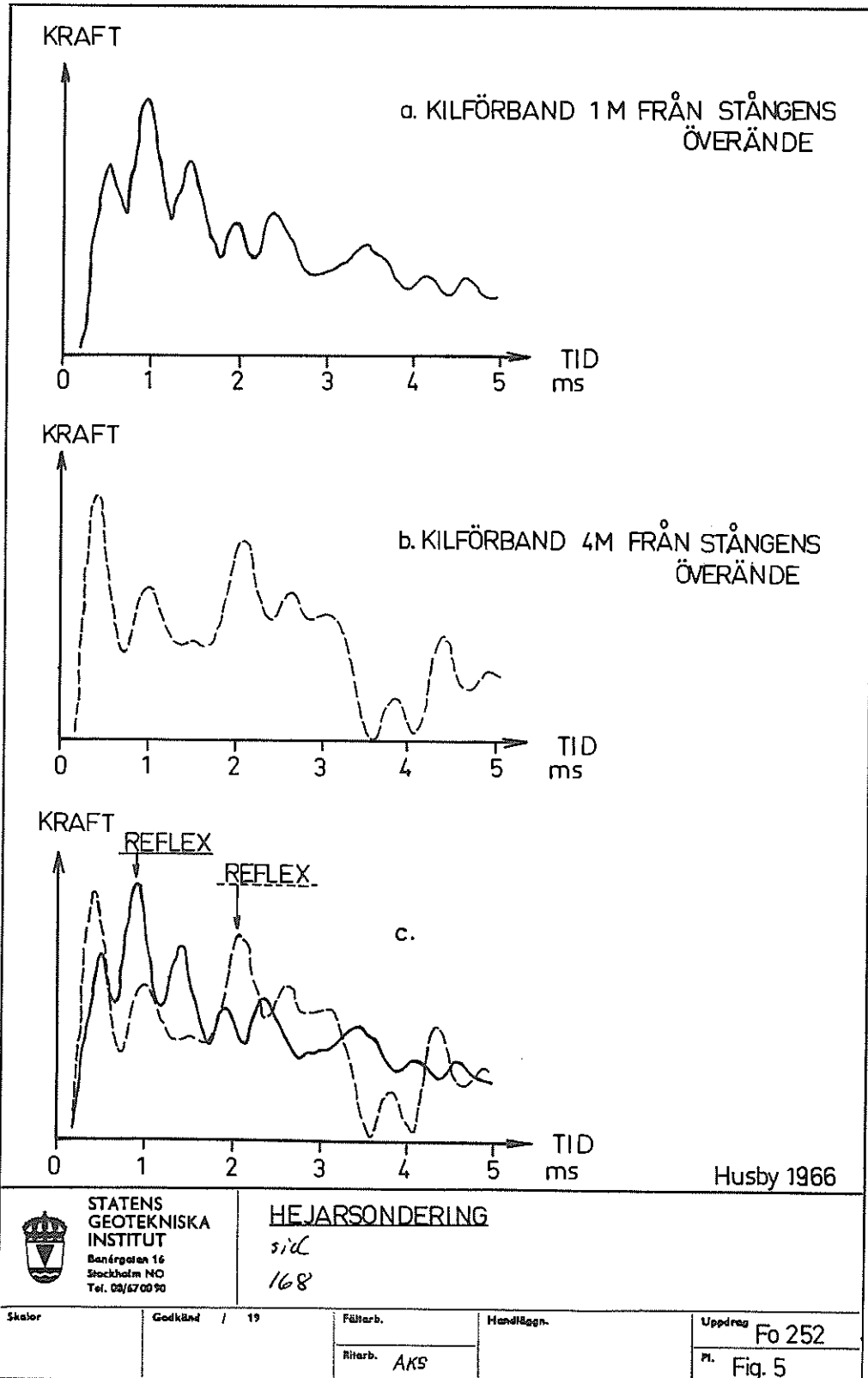


Fig. 5. Inverkan av kilförbandets placering på borrstängens (LH IV:6)

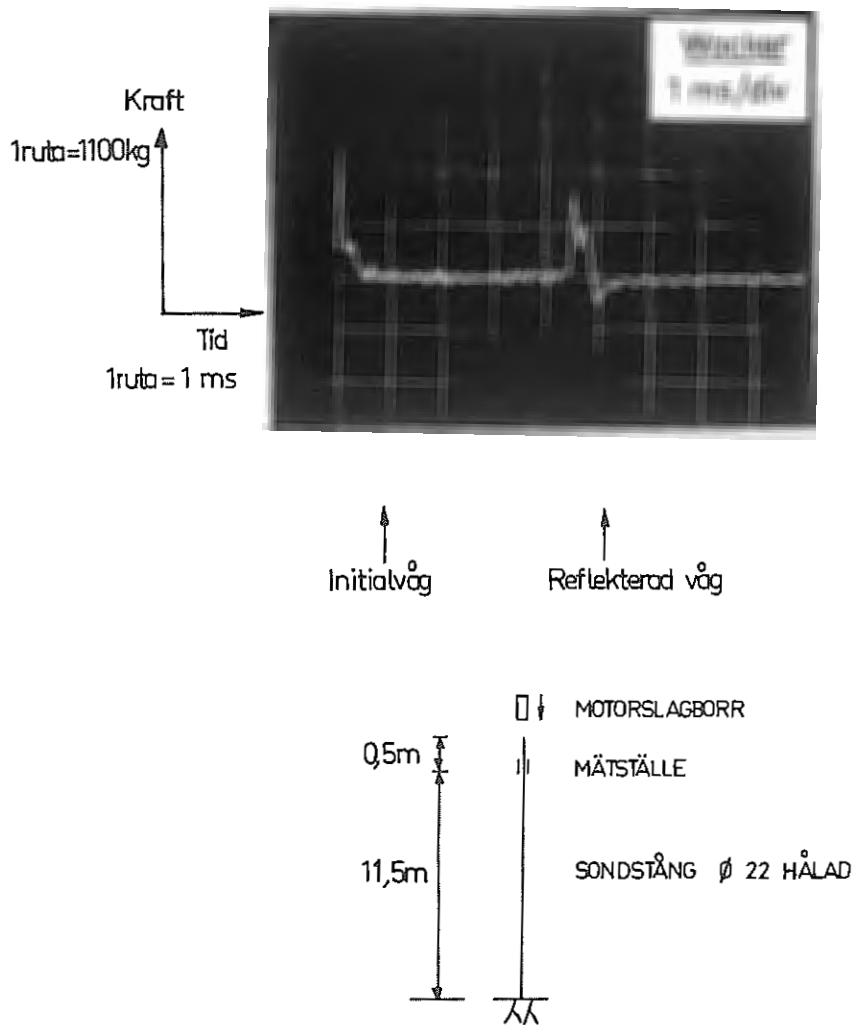


Fig. 6. Mätning av stötvågor från motorslagbör (LH IV:6)

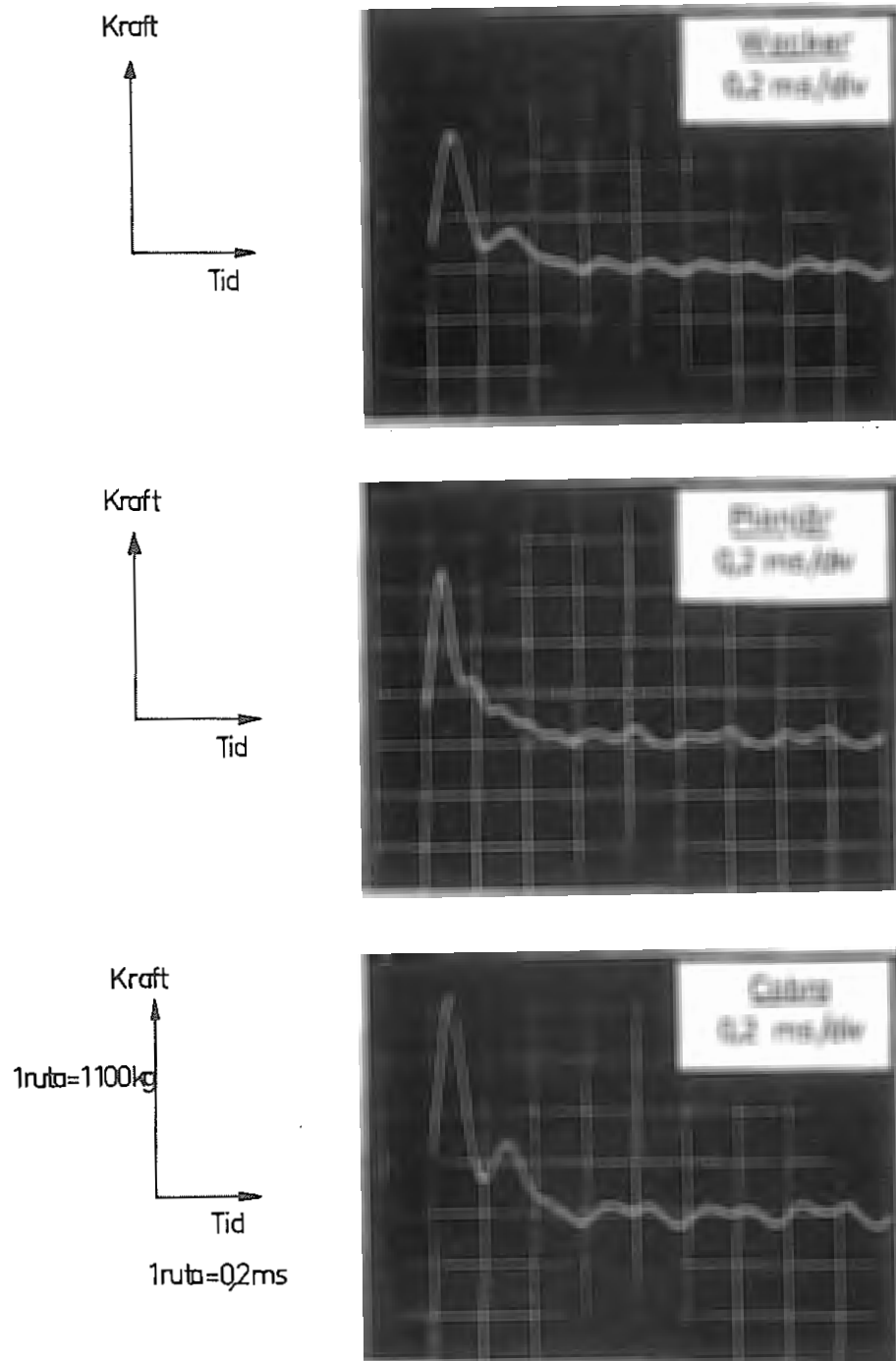


Fig. 7. Initialstötstågens form vid slagning med olika maskiner (LH IV:6)

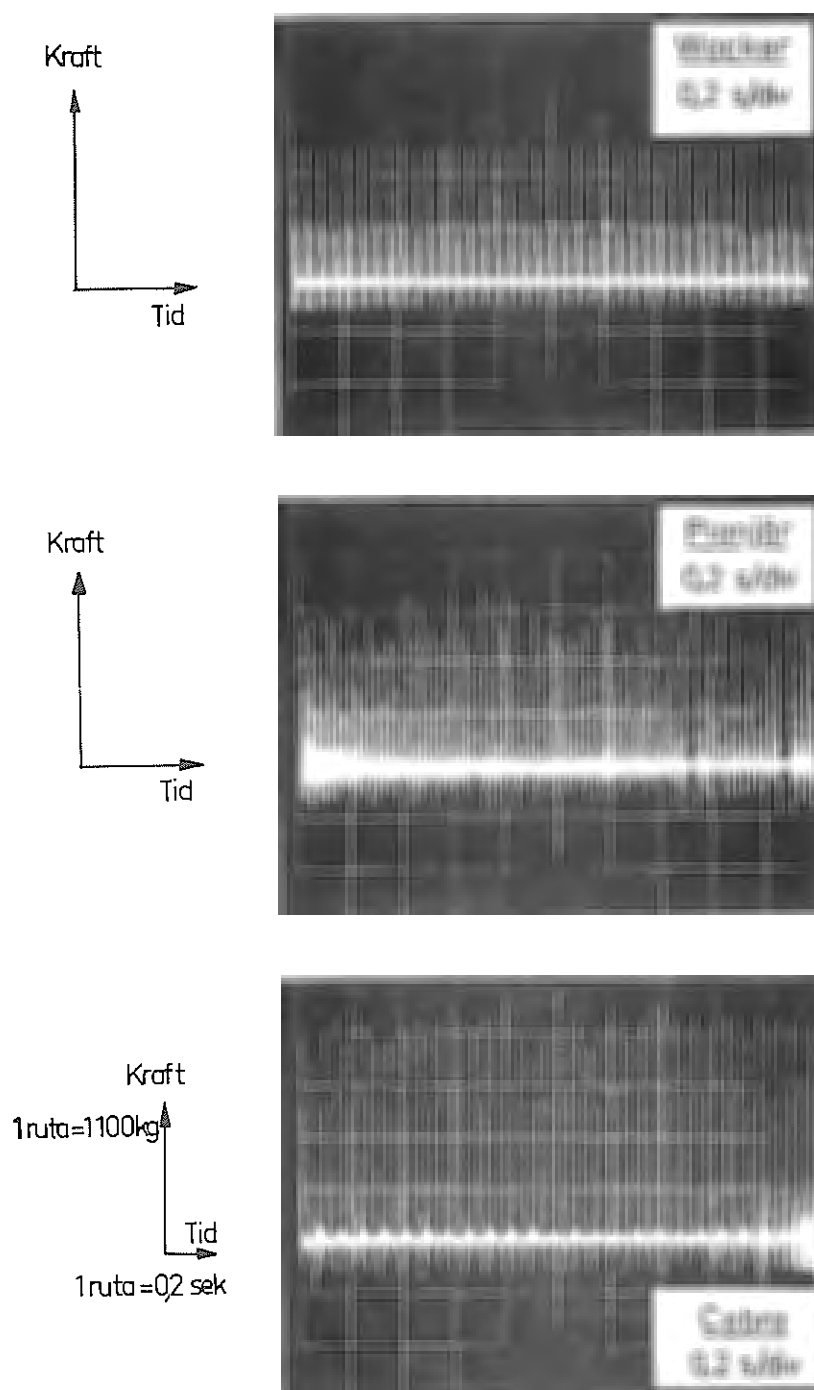


Fig. 8. Maximalkraftens variation under normal slaying (LH IV:6)

BERÄKNING AV PLATTORS OCH PÅLARS BÄRIGHET UR STANDARD PENETRATION TEST

B. Broms, Sverige

Inledning

I USA användes den s k Standard Penetration Test (SPT) vid dimensionering av plattor och pålar. Jag skall i detta inlägg sammanfatta principerna för dessa dimensioneringsmetoder.

Med N-tal menas det antal slag som erfordras för att driva en standardprovtagare 30,5 cm (12 in) i botten av ett borrhål med en frifallshejare vägande 63,5 kg (140 lb). Hejarens fallhöjd är 76 cm (30 in). Sondningsresultaten bedöms i allmänhet med ledning av tabell 1. (Terzaghi & Peck, 1948.) Relativa lagringstätheten för friktionsmaterial betraktas således som mycket låg när det antal slag som erfordras för att standardprovtagaren skall tränga ned 30,5 cm är mindre än 4. Om däremot antalet slag överstiger 50 betraktas den relativa lagringstätheten som mycket hög.

Även den odränerade skjuvhållfastheten hos kohesionsmaterial uppskattas ofta ur resultaten från SPT-försök enligt tabell 1. Detta värde på den odränerade skjuvhållfastheten anses av många representera ett undre gränsvärde. Jämförelser har emellertid visat att materialets genomsnittliga skjuvhållfasthet troligtvis är 30 à 50 % större än det som visas i tabell 1.

Plattgrundläggning

## (a) Friktionsmaterial

De ovan angivna sambanden mellan N-talet och relativ lagringstäthet användes vid dimensionering av plattor och sulor. Härvid har man utgått ifrån att den maximala sättningen som kan tillåtas vid grundläggning är 2,5 cm. Denna tillåtna sättning härstammar från en undersökning utförd av Terzaghi (1938) på 1930-talet, som visade att de byggnader, som uppfördes under denna tid kunde tåla en sättning av 2,5 cm utan nämnvärd sprickbildning.

Vidare har man antagit att sättningarnas storlek  $\delta$  är proportionell mot kontaktrycket  $\sigma$  enligt ekvationen

$$\delta = \sigma/k_s \quad (1)$$

där  $k_s$  är en bäddmodul, som är beroende av plattans form och storlek och av friktionsmaterialets relativa packningsgrad. Antages vidare att den tillåtna sättningen är  $\delta_{till}$  kan det kontaktryck, som kan tillåtas beräknas ur

$$\sigma_{till} = \delta_{till} \cdot k_s \quad (2)$$

Försöksresultat har emellertid visat enligt Terzaghi (1955) att  $k_s$  för en platta med bredden B kan för friktionsmaterial uppskattas ur sambandet

$$k_s = k_{s1} \left( \frac{B + 30}{2B} \right)^2 \quad (3)$$

där  $k_{s1}$  är bäddmodulen för en platta med 30 cm diameter eller sida.

Vidare har Terzaghi i ovanstående artikel rekommenderat det samband mellan bäddmodul och relativ packningsgrad som visas i tabell 2. Försöksdata visar att dessa rekommenderade värden representerar undre gränsvärden så att de verkliga sättningarna blir betydligt mindre än de som beräknas. Om de i tabell 2 visade värdena användes tillsammans med ekv. (2) och (3) kan de i fig. 1 visade sambandet härledas.

Det är möjligt att samma metod kan användas vid beräkning av tillåtet grundtryck ur resultaten från viktsondering, hejarsondering och statistiska sonderingsmetoder. De samband, som visas i tabell 3, framlägges endast som ett förslag till tolkning av försöksresultaten. Det är givetvis önskvärt att den föreslagna beräkningsmetoden följes upp med mätningar i fält så att metodens noggrannhet kontrolleras.

#### (b) Kohesionsmaterial

Vid grundläggning på kohesionsmaterial utgår man vid tolkning av SPT-försök från brottlasten  $q_{brott}$ , som i allmänhet beräknas ur ekvationen

$$\sigma_{brott} = 5,7 \tau_{fu} (1 + 0,3 B/L) \quad (4)$$

där B är plattbredden och L är plattans längd. Vid trefaldig säkerhet mot brott erhålles

$$\sigma_{till} = 1,9 \tau_{fu} (1 + 0,3 B/L) \quad (5)$$

Ur tabell 1 kan man vidare se att följande samband gäller mellan  $\tau_{fu}$  i

ton/m<sup>2</sup> och N-talet

$$\tau_{fu} = N/1,6 \quad (6)$$

Om detta värde insättes i ekv. (5) erhålles  $\sigma_{till}$  i ton/m<sup>2</sup>

$$\sigma_{till} = 1,2N (1 + 0,3 B/L) \quad (7)$$

### Pålgrundläggning

Även friktionspålars bärighet beräknas ur resultaten från SPT-försök.

Härvid antages att en påles totala bärförmåga  $Q_{brott}$  är summan av spetsmotståndet  $Q_{spets}$  och mantelfriktionen  $Q_{mantel}$  enligt ekvationen

$$Q_{brott} = Q_{spets} + Q_{mantel} \quad (8)$$

Meyerhof (1956) har emellertid visat att spetsmotståndet i kg/cm<sup>2</sup> är i genomsnitt 4N. En undre gräns utgör relationen 2,5 N. Detta värde används ofta vid beräkning av spetsmotståndet.

Mantelmotståndet kan också enligt Meyerhof (1956) uppskattas ur N-talet.

Denna författare har föreslagit att mantelmotståndet sättes lika med 0,02 N (kg/cm<sup>2</sup>).

### Tabell 1.

Tolkning av resultat från Standard Penetration Test (Terzaghi & Peck, 1948)

#### a. Friktionsmaterial (sand)

Erforderligt antal slag per 30,5 cm sjunkning	Relativ lagringstäthet
0- 4	Mycket låg
4-10	Låg
10-30	Normal
30-50	Hög
> 50	Mycket hög



b. Kohesionsmaterial (lera)Erforderligt antal slag per 30,5 cm  
sjunkningSkjuvhållfasthet,  $\tau_{fu}$ , t/m<sup>2</sup>

< 2	< 1,25
2- 4	1,25-2,5
4- 8	2,5 -5
8-15	5 -10
15-30	10 -20
> 30	> 20

Tabell 2.

Relationer mellan relativ packningsgrad och bäddmodul  $k_{s1}$  (Terzaghi, 1955)Relativ packningsgrad                      Bäddmodul  $k_{s1}$ , kg/cm<sup>3</sup>

(a) Över grundvattenytan

Låg	1,3
Normal	4,0
Hög	15

(b) Under grundvattenytan

Låg	0,8
Normal	2,5
Hög	10

Tabell 3.

Förslag till tolkning av resultat från viktsondering, hejarsondering,  
maskinsond SGI, trycksond typ Jonell & Nilsson samt holländsk sond i frik-  
tionsmaterial.

a) Viktsond

Halvvarv/20 cm	Relativ lagringstäthet
< 5	Låg
5-15	Normal
> 15	Hög

## b) Hejarsond

Slag/20 cm	Relativ lagringstäthet
< 3	Låg
3-10	Normal
> 10	Hög

## c) Makinsond SGI, Trycksond Jonell &amp; Nilsson och Holländsk sond.

Sonderingsmotstånd, kg/cm <sup>2</sup>	Relativ lagringstäthet
< 30	Låg
30-100	Normal
> 100	Hög

Referenser

- MEYERHOF, G.G., 1956. Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesiveless Soils. J. Soil Mech. a. Found. Div. Proc. ASCE Vol. 82 No. SM1 Paper 866.
- PECK, R.B., HANSON, W.E. & THORNBURN, T.H., 1953. Foundation Engineering. New York.
- TERZAGHI, K., 1938. Settlement of Structures in Europe and Methods of Observations. Trans. ASCE Vol. 103 p. 1432-1448.
- TERZAGHI, K., 1955. Evaluation of Coefficients of Subgrade Reaction. Géotechnique Vol. 5 No. 4 p. 297-326.
- TERZAGHI, K. & Peck, R.B., 1948. Soil Mechanics in Engineering Practice. New York.

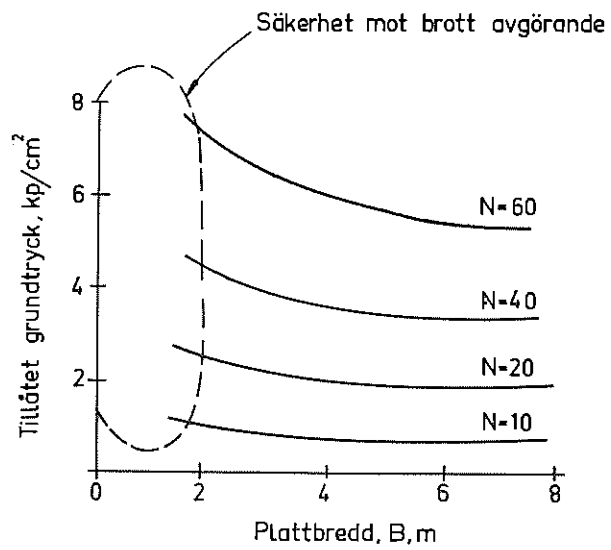


Fig. 1. Samband mellan plattbredd, N-tal och tillåtet grundtryck (efter Peck, Hanson & Thornburn, 1953) (BB IV:7)

SEKTION IV

DYNAMISK SONDERING

Diskussion

DISKUSSION (referat)

R. Lundström, Sverige. Det vore önskvärt om ett större utbyte av praktiska erfarenheter kunde ske. Enligt våra erfarenheter erhålles normalt pålstopp i relativt grovkorniga material (sandig eller grusig morän) vid det djup där neddrivningsmotståndet för hejarsonden är 150-200 slag/20 cm sjunkning. Vid finkorniga moräner däremot kan pålstopp erhållas på ett djup där sonderingsmotståndet är endast 75-100 slag/20 cm.

Vid små hejarsonderingsmotstånd (10-20 slag/20 cm), som kan erhållas på kanten av en grusås, har man funnit att pålars spetsbärighet är i det närmaste obefintlig, vilket sannolikt beror på att jordmaterialet är kontraktant. Vid sådana förhållanden har man funnit att en påles bär-förmåga kan beräknas enligt formeln:

$$\int_0^H \operatorname{tg} \phi \cdot 0,6 \cdot \gamma \cdot h \cdot O_h \cdot dh$$

där  $\phi$  = jordens inre friktionsvinkel ( $28^\circ$ - $32^\circ$ )

$\gamma$  = jordens volymvikt

$h$  = djupet under markytan

$H$  = pålens längd under markytan

$O_h$  = pålens omkrets på djupet  $h$

E. Järviö, Finland. Den lätta hejarsonden har en begränsad nedträngningsförmåga varför det vore önskvärt att ej ta upp den bland våra övriga metoder.

T. Kallstenius, Sverige menade att alla sonderingsmetoder har sin begränsning men man bör därför ej avstå från att använda dem.

U. Bergdahl, Sverige. Här visas resultaten från hejarsonderingar i Duvåker där man utfört borrhningen på tre olika sätt, nämligen:

Borrhål	Fallhöjd (cm)	Hejarvikt (kg)
1	60	63,5
2	60	140
3	76	63,5

På figuren har uppritats hur stor den sammanlagda slagenergin i tm är för att sondspetsen skall nå visst djup med respektive nedslagningssätt. Det framgår härav att det ej enbart är den till sondstången överförda slagenergin som är avgörande för stångens nedträngning, utan hänsyn måste tas till hur denna slagenergi åstadkommes. Man kan t ex observera, att en ökad fallhöjd relativt sett har större inverkan på stångens nedträngning än en ökning av hejarvikten.

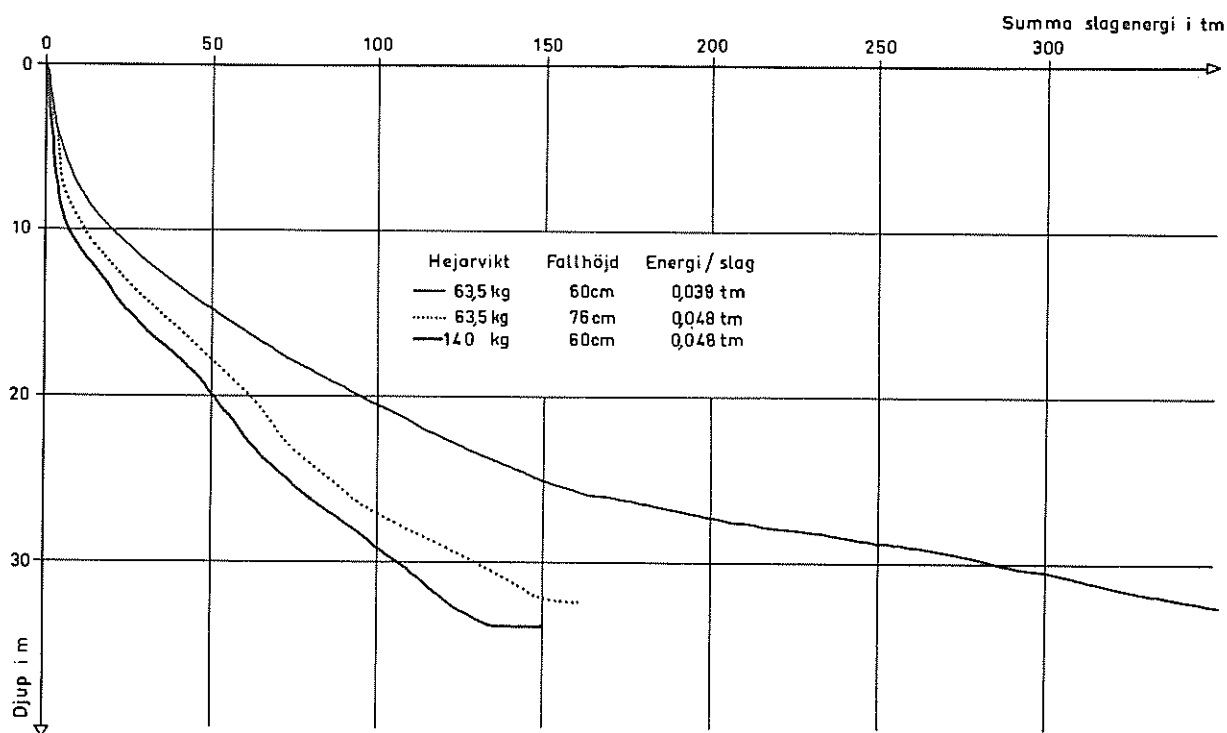


Fig. 1. Hejarsondering i Duvåker, olika energi per slag (UB IV:Disk.)

A. Hellgren, Sverige. På en plats där hejarsonderingen visade ett motstånd på 25-35 slag/20 cm sjunkning erhöll tre av fyra pålar stoppslag då spetsen var ca 20 m under markytan, trots att fast botten ligger betydligt djupare. Trots att man utfört fyra viktsonderingar, en hejarborring och en provtagning har block ej påträffats. En förklaring till detta något överraskande resultat kan vara att sondutrustningarna har liten volym jämfört med pålar.

H. Hartmark, Norge. I följe Norsk geoteknisk forenings forslag til retningslinjer er det følgende avhengighet mellom dreiebormotstand og klasifisering:

	hv/20 cm
Meget stor motstand	> 50
Stor motstand	25-50
Middels stor motstand	7-25
Liten motstand	< 7
Meget liten motstand	Last $\leq$ 100 kg

Inlegg i forbindelse med Dir. B. Broms redegjørelse.

A. Ruoppa, Finland. Det är svårt att upptäcka grövre lager med hejarsond. De kan passeras spårlöst vid sonderingen och sedan bereda överraskningar vid sponkning. Samma svårighet kan även uppträda vid maskinvriden viktsondering med högt varvtal.

Bergsvar kan konstateras genom studium av stängernas fjädring.

U. Bergdahl, Sverige. Det kan i detta sammanhang vara på sin plats att framföra att relationstalet (kvoten mellan spetsmotståndet i  $\text{kg}/\text{cm}^2$  och antal slag per 30 cm sjunkning) mellan statisk sondering och SPT är beroende av i vilken jordart som sonderingen utförs. Allmänt kan sägas att relationen tycks växa med kornstorleken. Meigh och Nixon (1961) redovi-

sar värdet 4 för grovmo (som tidigare Meyerhof, 1956, fått för sand), 8 för sand, 12 för grusig sand samt 12-16 för sandigt grus. Vid de tidigare omnämnda undersökningarna i Duvåker jämfördes resultaten från maskinsondering med resultaten från SPT varvid relationstalet 1 erhöles i mjäla - finmo och 2 i grovmo.

Det är därför viktigt att detta jordartsberoende beaktas vid eventuell "översättning" av försöksresultat från en sonderingsmetod till en annan.

B. Broms, Sverige. Erfarenheter från slagning av pålar med vibrationshejare visar att man får mycket små neddrivningsmotstånd vilket kan bero på att kontakttrycken mellan kornen minskar vid vibrering. Liknande effekter kan erhållas vid dynamisk sondering.

M. Tammerinne, Finland. Vi har använt den lätta hejarsonden ganska lite och bara för att jämföra dess resultat med resultaten från viktsondering. Syftet har varit att utreda dess användbarhet vid grundundersökningar för småhus. Vi har kommit till den uppfattningen att lätta hejarsondens användningsområde är ganska begränsat. Detta beror främst på dess dåliga nedträngningsförmåga. Hejarens vikt är ju bara 10 kg och fallhöjden 50 cm. Spetsen är konisk med tvärsnittsarean  $5 \text{ cm}^2$ .

Vid vissa jordlagerföljder får man en ganska god uppfattning av lagergränser också med lätt hejarsond, men detta är inte alltid fallet, som vi kan se i figurerna. (Fig. 1.) Jordart: mo med torvskikt. Viktsondmotståndet minskar i torvskiktet medan den lätta hejarsondens motstånd ökar. I början är båda ganska lika. Fig. 2. Jordart: mo och mjäla, tjock torrskorpa. I viktsonderingsresultatet märker man tydligt det mjukare skiktet under torrskorpan vilket inte alls är fallet i resultaten från den lätta hejarsonderingen. Fig. 3. Jordart: lera. Sonderingsresultaten liknar varandra ganska mycket.



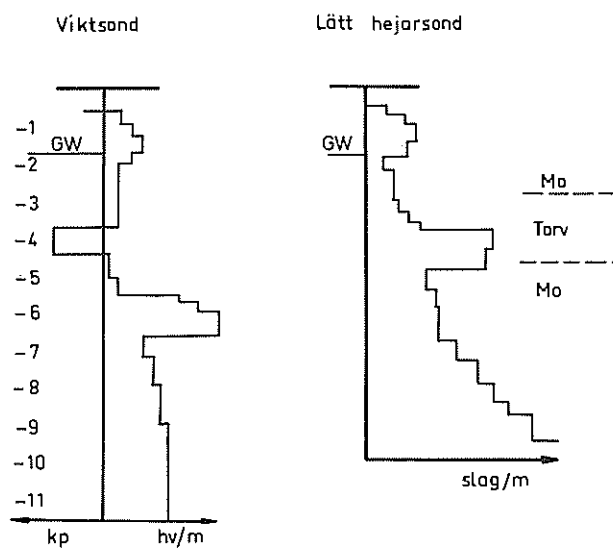


Fig. 1. Jämförelse mellan viktsöndering och lätt hejaröndering i mo och torv (MT IV:Disk.)

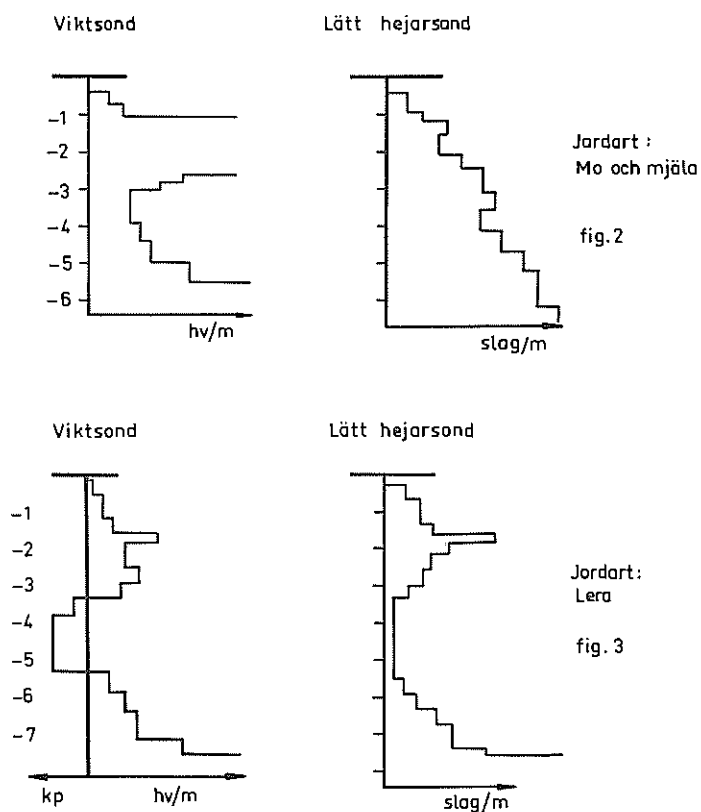


Fig. 2. Viktsöndering och lätt hejaröndering i mo och mjåla (MT IV:Disk.)

Fig. 3. Viktsöndering och lätt hejaröndering i lera (MT IV:Disk.)

SEKTION V

DISKUSSION OM ÖKAT NORDISKT SAMARBETE

DISKUSSION OM ÖKAT NORDISKT SAMARBETE (referat)

Vid diskussionen framkom att det finns ett stort intresse för ett ökat nordiskt samarbete på sonderingsområdet. Formerna för samarbetet diskuterades och vidare framfördes vissa allmänna synpunkter på sondering. Nedan lämnas ett antal avkortade referat.

E. Sandegren, Sverige. Det är orimligt att här bestämma formerna för ett samarbete. Vi bör endast utse en representant per land och en sammankallande.

De svenska sonderingsnormerna överensstämmer i vissa fall med den motsvarande europeiska normen.

G. Aas, Norge. En standardiseringskommitté på det geotekniska området är verksam i Norge.

T. Kallstenius, Sverige. Ett beslut om ett nästa möte liknande detta kan stimulera forskningen. Ansluter mig vidare till Sandegrens förslag.

H. Hartmark, Norge. Tackade Svenska geotekniska föreningen för initiativet till detta möte, som bör resultera i ett samarbete eventuellt i form av en eller flera kommittéer. Sonderingen har anknytning till jordartsklassificering, nomenklatur och provtagning bl a. Det är önskvärt med enhetlighet inom Norden beträffande grundundersökningar.

C.T. Winkel, Danmark. Det är svårt att utse parter i eventuella kommittéer nu här på mötet ty det tillkommer de geotekniska föreningarna i respektive land.

B. Jakobson, Sverige. Vi kan utse en kontaktman från varje land.

E. Järviö, Finland. Den finska sonderingskommittén har rekommenderats av sin förening att utse kontaktmän. Det vore önskvärt med fortlöpande möten med 1 à 2 års intervall.

B. Broms, Sverige. Det är angeläget att använda standardiserade sonderingsmetoder i hela Norden i samband med påprovningar och plattförsök etc.

E. Järviö, Finland. K-H. Korhonen har utsetts till Finlands kontaktman.

T. Kallstenius, Sverige. Normering är en viktig del av samarbetet. Vi bör till att börja med samla ihop de punkter, som vi är eniga om.

Å. Hansen, Danmark. Innan några normer fastställs skall man kanske ta kontakt med de stora länderna, internationellt sett.

T. Kallstenius, Sverige. De stora länderna har ej erfarenhet av våra metoder och grundförhållanden.

U. Bergdahl, Sverige. Vi måste sträva mot att få mer objektiva sonderingsmetoder, ty de erfarna borrningsledarna håller på att försvinna.

#### Mötet beslöt

att rekommendera respektive föreningar att utse en kontaktman i sonderingsfrågor jämte suppleant.

att den svenska kontaktmannen skulle vara sammankallande vid det första mötet mellan kontaktmännen.

att flera möten av detta slag bör hållas och att kontaktmännen tar initiativ till detta.

B. Jakobson, Sverige avslutade med en sammanfattning och tackade deltagarna för visat intresse för sonderingsfrågor och för de värdefulla anföranden och diskussionsinlägg, som framförts under mötet.

DELTA GARE VID NORDISKA SONDERINGSMÖTET  
I STOCKHOLM DEN 5--6 OKTOBER 1967

FÖRTECKNING ÖVER  
DELTAGARE VID NORDISKA SONDERINGSMÖTET  
I STOCKHOLM DEN 5-6 OKTOBER 1967

DANMARK

Fjellerup, Fritz	Civilingenjör	Chr. Ostenfelt & W. Jönason	Skjoldsgade 10	Köbenhavn
Hansen, Aage	Civilingenjör	Geoteknisk institut	Øster Voldgade 10	Köbenhavn
Mogensen, Alfred	Civilingenjör	Dansk geoteknik A/S	Vestergade 17	Köbenhavn
Skov-Schmidt, Arne	Afdelnings- ingenjör	Dansk geoteknik A/S	Sdr. Boulevard 52	Odense
Winkel, Carl Tage	Civilingenjör	A/S C.T. Winkel	Helleruplund Allé 21	Hellerup

FINLAND

Hailikari, Tauno	Överingenjör	Väg- och vattenbyggnads- styrelsen	Södra Esplanadgatan 4	Helsingfors 10
Järviö, Eero	Diplomingenjör	AB Grundundersökning	Drunsvägen 48	Helsingfors 20
Korhonen, Kalle-Heikki	Professor	Statens Tekniska Forsknings- anstalt		Otnäs
Natukka, Antti	Diplomingenjör	Ingenjörbyrå Jord och Vatten AB	Mörtnäsvägen 3	Helsingfors 21
Ruoppa, Aarne	Diplomingenjör Byråchef	Helsingfors stads geotek- niska byrå	Georgsgatan 21 b	Helsingfors 10
Tammirinne, Markku	Diplomingenjör	Statens Tekniska Forsknings- anstalt, geotekniska labora- toriet		Otnäs

NORGE

Aas, Gunnar	Civilingenjör	Norges geotekniske institutt	Forskningsveien 1	Oslo 3
Andresen, Arild	Avdelningsleder	Norges geotekniske institutt	Forskningsveien 1	Oslo 3
Hartmark, Håkon	Överingenjör	Norges Statsbaner	Storgaten 33	Oslo
Rogstad, Bjørn	Avdelnings- ingenjör	Norsk Teknisk Byggekontroll A/S	Thv. Meyersgt. 9	Oslo
Rygg, Nils	Avdelnings- ingenjör	Veglaboratoriet	Gaustadalleen 25 Blindern	Oslo

SVERIGE

Bergdahl, Ulf	Civilingenjör	Statens geotekniska institut	Banérgatan 16	Stockholm No
Broms, Bengt	Överdirektör	Statens geotekniska institut	Banérgatan 16	Stockholm No
Hellgren, Arne	Överingenjör	Stockholms stads gatukontor	Fleminggatan 4	Stockholm
Jakobson, Berndt	Överinspektör	Statens Vägverk	Fack	Stockholm 12
Kallstenius, Torsten	Teknologie dr	Kommunernas Konsulthyrå LBF	Sihyllegatan 17	Stockholm
Lundström, Rune	Civilingenjör	Orrje & Co.	Kapellgränd 7	Stockholm
Sandegren, Erik	Överingenjör	Statens Järnvägars Central- förvaltning, geotekniska kontoret	Vasagatan 1	Stockholm C
Wennerstrand, Jan	Civilingenjör	Kungl. Tekniska Högskolan	Teknikringen 76	Stockholm 70



Deltagare fr.v. Fjellerup, Winkel, Skov-Schmidt,  
Mogesen och Hansen



Deltagare fr.v. Mogesen, Hansen, Andresen, Aas,  
Hartmark, Rogstad och Rygg

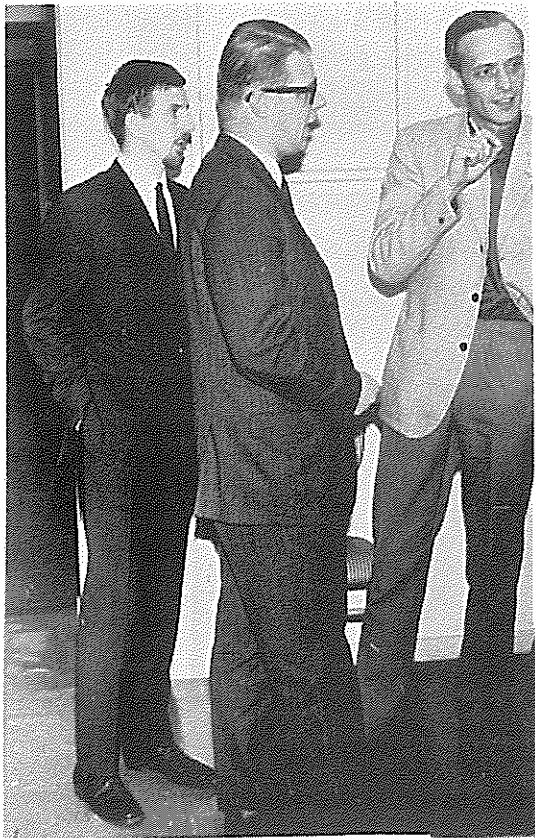




Deltagare fr.v. Hailikari, Hellgren, Kallstenius, Lundström,  
Sandegren, Broms, Jakobson och Bergdahl



Deltagare fr.v. Tamminne, Ruoppa, Korhonen, Järviö,  
Hailikari, Hellgren och Kallstenius



PAUSDISKUSSIONER

Från vänster hrr Wemnerstrand,  
Bergdahl och Hansen

Från höger hrr Ja-  
kobson och Hartmark



Från vänster hrr  
Kallstenius, Jakobson,  
Hellgren, Winkel,  
Sandegren och Broms



Fr.v. hrr Rygg, Rogstad, Aas, Andresen och Hartmark



Fr.v. hrr Winkel Ruoppa och Hellgren

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT  
Swedish Geotechnical Institute

**SÄRTRYCK OCH PRELIMINÄRA RAPPORTER**  
Reprints and preliminary reports

No.		Pris kr. (Sw. crs.)
1.	Views on the Stability of Clay Slopes. <i>J. Osterman</i>	1960 Out of print
2.	Aspects on Some Problems of Geotechnical Chemistry. <i>R. Söderblom</i>	1960 »
3.	Contributions to the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris 1961. Part I.	1961 »
	1. Research on the Texture of Granular Masses. <i>T. Kallstenius &amp; W. Bergau</i>	
	2. Relationship between Apparent Angle of Friction — with Effective Stresses as Parameters — in Drained and in Consolidated-Undrained Triaxial Tests on Saturated Clay. Normally-Consolidated Clay. <i>S. Odenstad</i>	
	3. Development of two Modern Continuous Sounding Methods. <i>T. Kallstenius</i>	
	4. In Situ Determination of Horizontal Ground Movements. <i>T. Kallstenius &amp; W. Bergau</i>	
4.	Contributions to the Fifth International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Paris 1961. Part II.	1961 5:—
	Suggested Improvements in the Liquid Limit Test, with Reference to Flow Properties of Remoulded Clays. <i>R. Karlsson</i>	
5.	On Cohesive Soils and Their Flow Properties. <i>R. Karlsson</i>	1963 10:—
6.	Erosion Problems from Different Aspects.	1964 10:—
	1. Unorthodox Thoughts about Filter Criteria. <i>W. Kjellman</i>	
	2. Filters as Protection against Erosion. <i>P. A. Hedar</i>	
	3. Stability of Armour Layer of Uniform Stones in Running Water. <i>S. Andersson</i>	
	4. Some Laboratory Experiments on the Dispersion and Erosion of Clay Materials. <i>R. Söderblom</i>	
7.	Settlement Studies of Clay.	1964 10:—
	1. Influence of Lateral Movement in Clay Upon Settlements in Some Test Areas. <i>J. Osterman &amp; G. Lindskog</i>	
	2. Consolidation Tests on Clay Subjected to Freezing and Thawing. <i>J. G. Stuart</i>	
8.	Studies on the Properties and Formation of Quick Clays. <i>J. Osterman</i>	1965 5:—
9.	Beräkning av pålar vid olika belastningsförhållanden. <i>B. Broms</i>	1965 30:—
	1. Beräkningsmetoder för sidobelastade pålar.	
	2. Brottlast för snett belastade pålar.	
	3. Beräkning av vertikala pålars bärförmåga.	
10.	Triaxial Tests on Thin-Walled Tubular Samples.	1965 5:—
	1. Effects of Rotation of the Principal Stress Axes and of the Intermediate Principal Stress on the Shear Strength. <i>B. Broms &amp; A. O. Casbarian</i>	
	2. Analysis of the Triaxial Test—Cohesionless Soils. <i>B. Broms &amp; A. K. Jamal</i>	
11.	Något om svensk geoteknisk forskning. <i>B. Broms</i>	1966 5:—
12.	Bärförmåga hos pålar slagna mot släntberg. <i>B. Broms</i>	1966 15:—
13.	Förankring av ledningar i jord. <i>B. Broms &amp; O. Orrje</i>	1966 5:—
14.	Ultrasonic Dispersion of Clay Suspensions. <i>R. Pusch</i>	1966 5:—
15.	Investigation of Clay Microstructure by Using Ultra-Thin Sections. <i>R. Pusch</i>	1966 10:—
16.	Stability of Clay at Vertical Openings. <i>B. Broms &amp; H. Bennermark</i>	1967 10:—

No.		1967	Pris kr. (Sw. crs.)
17.	Om påslagning och påbärighet.	1967	5:—
	1. Dragsprickor i armerade betongpålar. <i>S. Sahlin</i>		
	2. Sprickbildning och utmattning vid slagning av armerade modellpålar av betong. <i>B-G. Hellers</i>		
	3. Bärighet hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat av modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i>		
	4. Negativ mantelfriktion. <i>B. H. Fellenius</i>		
	5. Grundläggning på korta pålar. Redogörelse för en försöks-serie på NABO-pålar. <i>G. Fjellkner</i>		
	6. Krokiga pålars bärförmåga. <i>B. Broms</i>		
18.	Pålgruppers bärförmåga. <i>B. Broms</i>	1967	10:—
19.	Om stoppslagning av stödpålar. <i>L. Hellman</i>	1967	5:—
20.	Contributions to the First Congress of the International Society of Rock Mechanics, Lisbon 1966.	1967	5:—
	1. A Note on Strength Properties of Rock. <i>B. Broms</i>		
	2. Tensile Strength of Rock Materials. <i>B. Broms</i>		
21.	Recent Quick-Clay Studies.	1967	10:—
	1. Recent Quick-Clay Studies, an Introduction. <i>R. Pusch</i>		
	2. Chemical Aspects of Quick-Clay Formation. <i>R. Söderblom</i>		
	3. Quick-Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i>		
22.	Jordtryck vid friktionsmaterial.	1967	30:—
	1. Resultat från mätning av jordtryck mot brolandfäste. <i>B. Broms &amp; I. Ingelson</i>		
	2. Jordtryck mot oeffergivliga konstruktioner. <i>B. Broms</i>		
	3. Metod för beräkning av sambandet mellan jordtryck och deformation hos främst stödmurar och förankringsplattor i friktionsmaterial. <i>B. Broms</i>		
	4. Beräkning av stolpfundament. <i>B. Broms</i>		
23.	Contributions to the Geotechnical Conference on Shear Strength Properties of Natural Soils and Rocks, Oslo 1967.	1968	10:—
	1. Effective Angle of Friction for a Normally Consolidated Clay. <i>R. Brink</i>		
	2. Shear Strength Parameters and Microstructure Characteristics of a Quick Clay of Extremely High Water Content. <i>R. Karlsson &amp; R. Pusch</i>		
	3. Ratio $c/p'$ in Relation to Liquid Limit and Plasticity Index, with Special Reference to Swedish Clays. <i>R. Karlsson &amp; L. Viberg</i>		
24.	A Technique for Investigation of Clay Microstructure. <i>R. Pusch</i>	1968	22:—
25.	A New Settlement Gauge, Pile Driving Effects and Pile Resistance Measurements.	1968	10:—
	1. New Method of Measuring in-situ Settlements <i>U. Bergdahl &amp; B. Broms</i>		
	2. Effects of Pile Driving on Soil Properties. <i>O. Orrje &amp; B. Broms</i>		
	3. End Bearing and Skin Friction Resistance of Piles. <i>B. Broms &amp; L. Hellman</i>		
26.	Sättningar vid vägbyggnad	1968	20:—
	Föredrag vid Nordiska Vägtekniska Förbundets konferens i Voksenåsen, Oslo 25—26 mars 1968		
	1. Geotekniska undersökningar vid bedömning av sättningar. <i>B. Broms</i>		
	2. Teknisk-ekonomisk översikt över anläggningsmetoder för reducering av sättningar i vägar. <i>A. Ekström</i>		
	3. Sättning av verkstadsbyggnad i Stenungsund uppförd på normalkonsoliderad lera. <i>B. Broms &amp; O. Orrje</i>		
27.	Bärförmåga hos släntberg vid statisk belastning av bergspets. Resultat från modellförsök. <i>S-E. Rehnman</i>	1968	15:—



No.		1968	Pris kr. (Sw. crs.) 15:—
28.	Bidrag till Nordiska Geoteknikermötet i Göteborg den 5—7 september 1968.		
	1. Nordiskt geotekniskt samarbete och nordiska geoteknikermöten. <i>N. Flodin</i>		
	2. Några resultat av belastningsförsök på lerterräng speciellt med avseende på sekundär konsolidering. <i>G. Lindskog</i>		
	3. Sättningar vid grundläggning med plattor på moränlera i Lund. <i>S. Hansbo, H. Bennermark &amp; U. Kihlblom</i>		
	4. Stabilitetsförbättrande spontkonstruktion för bankfyllningar. <i>O. Wager</i>		
	5. Grundvattenproblem i Stockholms city. <i>G. Lindskog &amp; U. Bergdahl</i>		
	6. Aktuell svensk geoteknisk forskning. <i>B. Broms</i>		
29.	Classification of Soils with Reference to Compaction. <i>B. Broms &amp; L. Forssblad</i>	1968	5:—
30.	Flygbildstolkning som hjälpmedel vid översiktliga grundundersökningar.	1969	10:—
	1. Flygbildstolkning för jordartsbestämning vid samhällsplanering 1—2. <i>U. Kihlblom, L. Viberg &amp; A. Heiner</i>		
	2. Identifiering av berg och bedömning av jorddjup med hjälp av flygbilder. <i>U. Kihlblom</i>		
31.	Nordiskt sonderingsmöte i Stockholm den 5—6 oktober 1967. Föredrag och diskussioner.	1969	30:—