

Contents

7. Fältprovning med sonderingsmetoder	2
7.1 Allmänt	2
7.2 Spetstrycksondering, CPT och CPTU	3
7.3 Jord-Bergsondering	12
7.4 Hejarsondering	20
7.5 Viktsondering	25
7.6 Mekanisk trycksondering	28
7.7 Tung slagsondering	29
7.8 SPT-sondering	31
8. Provtagningsmetoder	35
8.1 Inledning	35
8.2 Hantering av jordprover	35
8.3 Ostörd provtagning	38
8.4 Störd provtagning	57
8.5 Provgropsundersökning	68
9. Fältprovning med in situ-metoder	72
9.1 Inledning	72
9.2 Dilatometerförsök	73
9.3 Pressometerförsök	78
9.4 Volymskontrollerade pressometerförsök	84
9.5 Självborrande pressometer	85
9.6 Fältvingförsök	86
9.7 Vingförsök med dansk utrustning	93
9.8 Lommevingborr	94
9.9 Plattbelastningsförsök	95
9.10 Skruvplatta	99
9.11 Geofysiska metoder	101

7. Fältprovning med sonderingsmetoder

7.1 Allmänt

7.1.1 Definition

Sondering är ett samlingsbegrepp för alla undersökningar där en sondspets med hjälp av sondstänger trycks, vrids eller slås (eller en kombination av dessa) ner genom jordlagren varvid motståndet mot neddrivning mäts. Man skiljer på två huvudgrupper av sondering:

- Statisk sondering där sonden drivas ned huvudsakligen genom statisk belastning. I vissa metoder är det kombinerat med rotation. Genom fasta lager kan också standarderna medge slag.
- Dynamisk sondering där sonden drivas ned med hjälp av något av följande eller kombinationer av slag, rotation, statisk belastning och spolning.

Enheten för sonderingsmotstånd varierar med metod. Exempel på motståndsvärde är halvvarv/0,20m, slag/0,20 m, sekunder/0,20 m och kilonewton (kN).

Sondering används för att klarlägga jordlagrens mäktighet och relativa fasthet samt dess utsträckning i plan och profil. Normalt har en dynamisk sonderingsmetod större nedträngningsförmåga än en statisk men ger samtidigt mindre möjlighet att urskilja fasthetsvariationer i lös jord. Riktlinjer för val av sonderingsmetod med hänsyn jordart, se Kapitel 2.

Vid val av sonderingsmetod bör man i första hand välja en sådan där det går att urskilja stångens mantelfriktion från det totala sonderingsmotståndet.

7.1.2 Gemensamma regler

Nedan anges några gemensamma regler för alla typer av sonderingar.

Sonderingens avslutning beror på ändamålet med undersökningen och bestäms i samband med upprättande av undersökningsprogram och startmöte/fält innan fältarbetet påbörjas. Avslutning av sondering styrs ofta av metodens beskrivning/fältstandard.

Typ av sondstopp skall bedömas och noteras. För redovisning används symboler enligt SGF:s beteckningssystem eller vid användandet av fältdator med koder enligt SGF:s formatstandard.

Eventuell förslutning av borrhål bestäms i samband med upprättande av undersökningsprogram och startmöte/fält före fältarbetets start. Förslutning av borrhål är särskilt viktigt efter undersökningar för undermarksanläggningar där sprängning senare skall göras, där artesiskt vatten finns eller där föroreningar kan tränga upp eller ner genom borrhålet.

7.1.3 Styrande dokument

Utförande av en sondering styrs om inget annan avtalas av europeiskt fältstan-

dard, metodbeskrivning eller andra dokument såsom t.ex. SGF:s metodblad.

Det finns två typer av standarddokument. Den första typen är en fältstandard som också är Svensk Standard (SS) och den andra typen är en teknisk specifikation.

Redovisning av fältarbete utförs i enlighet med IEG-rapport 2:2010 och hela fältarbetet redovisas i en *Fältrapport*, se Kapitel 1.

Digital redovisning i fältdator skall ske enligt SGF:s formatstandard där aktuella koder finns på SGF:s hemsida.

7.2 Spetstrycksondering, CPT och CPTU

7.2.1 Beskrivning

Spetstrycksondering som också i dagligt tal kallas CPT-sondering introducerades runt 1935 men då utfördes mätningarna helt och hållt mekaniskt. Sedan 1950-talet har mätningarna utförts elektriskt och då har också antal mätta parametrar utökats. I slutet av 1980-talet började metoden användas mer frekvent och i samband med att SGF tog fram en metodbeskrivning (SGF SS-EN-ISO 22476-1) i början av 1990-talet och kunskap togs fram om svenska lösa jordar ökade användandet ytterligare. CPT-sondering regleras numera i standarden SS-EN ISO 22476-1.



Figur 7.1 CPT-utrustning.

Vid traditionell spetstrycksondering mäts spetsmotståndet, mantelfriktionen mot en ”friktionshylsa” ovanför spetsen samt det porvattentryck som genereras vid spetsen under neddrivningen. Numera är det också möjligt att mäta spetsens vertikalitet under sondering. Mätningen sker elektriskt och avläsningsfrekvensen skall vara så tät att en detaljerad bild över mätvärdenas variation med djupet erhålls.

Idag utförs i Sverige nästan uteslutande spetstrycksondering med portrycksmätning som benämns CPTU i Europastandarden. Motsvarande me-

tid men utan portrycksmätning benämns CPT i standarden.

En kort beskrivning av seismisk spetstryckssonering och spetstryckssonering med resistivitetens mätning ges i Kapitel 9.

Spetstrycksonering utförs främst i sten- och blockfria jordar av både koheisions- och friktionsjordskaraktär. Huvudsyftet med Spetstrycksonering är som regel att erhålla en god bild av jordens lagerföljd och respektive jordlagers egenskaper och relativ fasthet. Sondering kan också via olika empiriska samband, beroende på jordart, ge härledningar av olika jordparametrar avseende hållfasthets- och deformationsegenskaper etc. Om jorden går att penetrera med spetsen borde spetstryckssonering vara förstahandsvalet vid geotekniska undersökningar då den mäter spetstrycket utan inverkan avstångsfriktion, samt att spetstrycket tillsammans med mätning av mantelfriktion och eventuellt genererat portryck ökar på möjligheterna till utvärdering av lagerföljd, parametrar och egenskaper.

Spetstrycksonering är en metod som kräver god planering, noggrannhet och förståelse för metoden för att kunna utföra den och leverera resultat med hög kvalitet.

7.2.2 Utrustning

Utrustning för spetstrycksonering består av följande huvuddelar:

- Sondspets med kon, friktionshylsa och portrycksfilter. I sondspetsen finns elektriska sensorer inbyggda för mätning av spetstryck, mantelfriktion, portryck samt lutning.
- Utrustning för djupregistrering.
- Datainsamlingssystem med minne för lagring av mätvärden.
- Sondstänger.
- Borrvagn eller annan utrustning för neddrivning av sonden.

Sondspeten ska vara temperaturkompenserad så att temperaturvariationer under sonderingen påverkar resultatet så lite som möjligt. Sondspeten ska ha tillräcklig mätnoggrannhet för att uppfylla kraven som anges i **Tabell 7.4**.

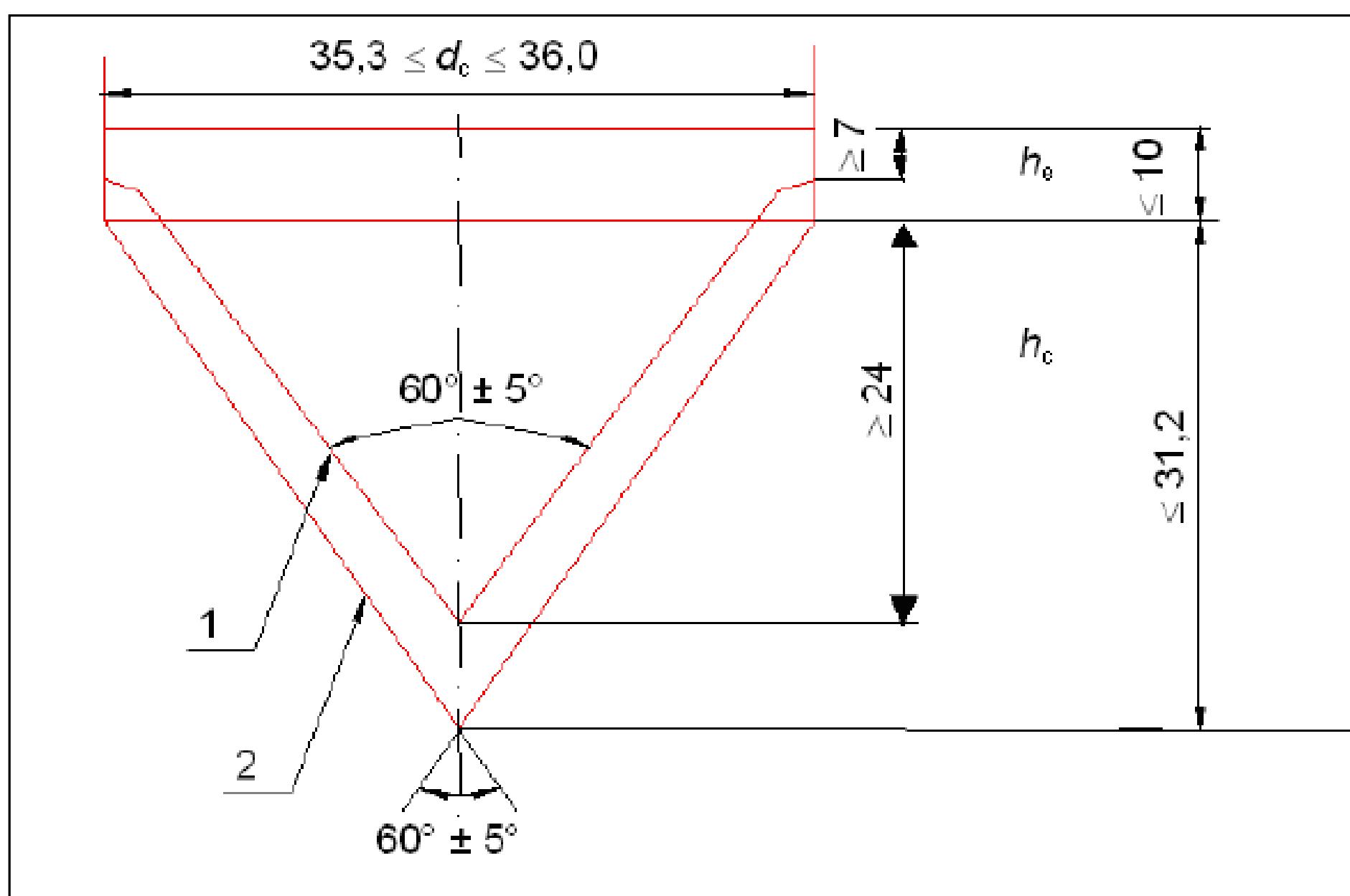
För sondspeten och friktionshylsan finns vissa måttspecifikationer och förlitningstoleranser angivna i SS-EN ISO 22476-1, se **Figur 7.2** och **7.3**.

Portrycket kan mäts i positioner enligt **Figur 7.4**. I Sverige mäts nästan uteslutande portrycket i position u_2 med poröst filter eller spaltfilter, se **Figur 7.5**.

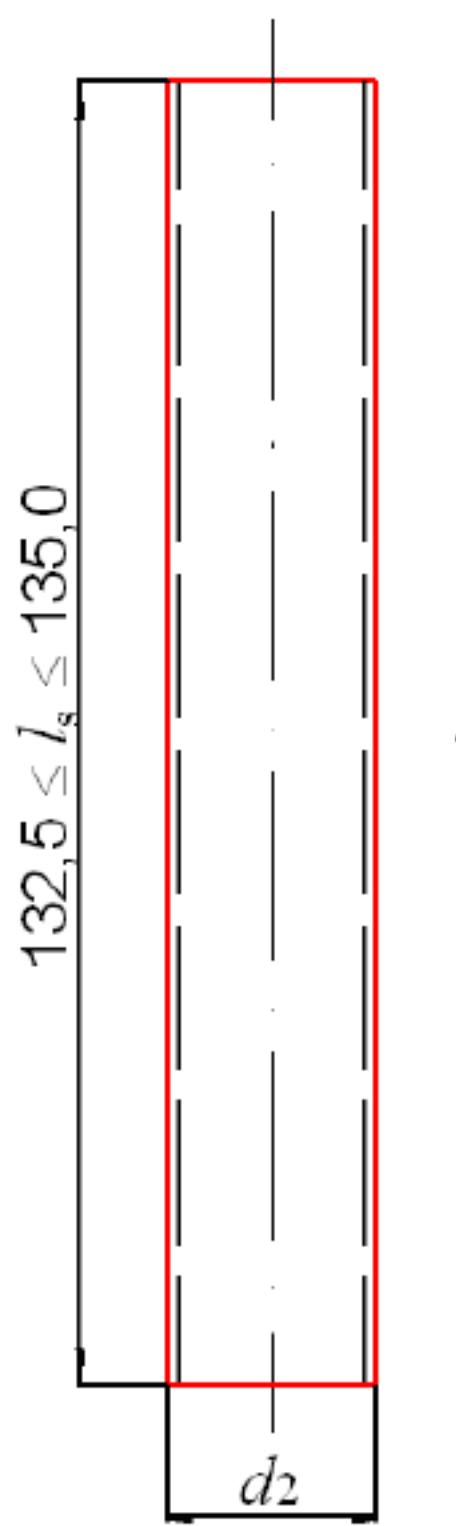
Spaltfilter kan medföra att responstiden påverkas. Däremot minskar risken för utsugning av spaltfilter som är mättade med fett, vilket är en fördel vid sondering genom fasta jordlager.

Mellanrummen mellan sonderingsspetsens delar får inte vara större än 5 mm i höjd och skall vara förseglade så att jordpartiklar inte tränger in och förseglingen skall kunna deformeras.

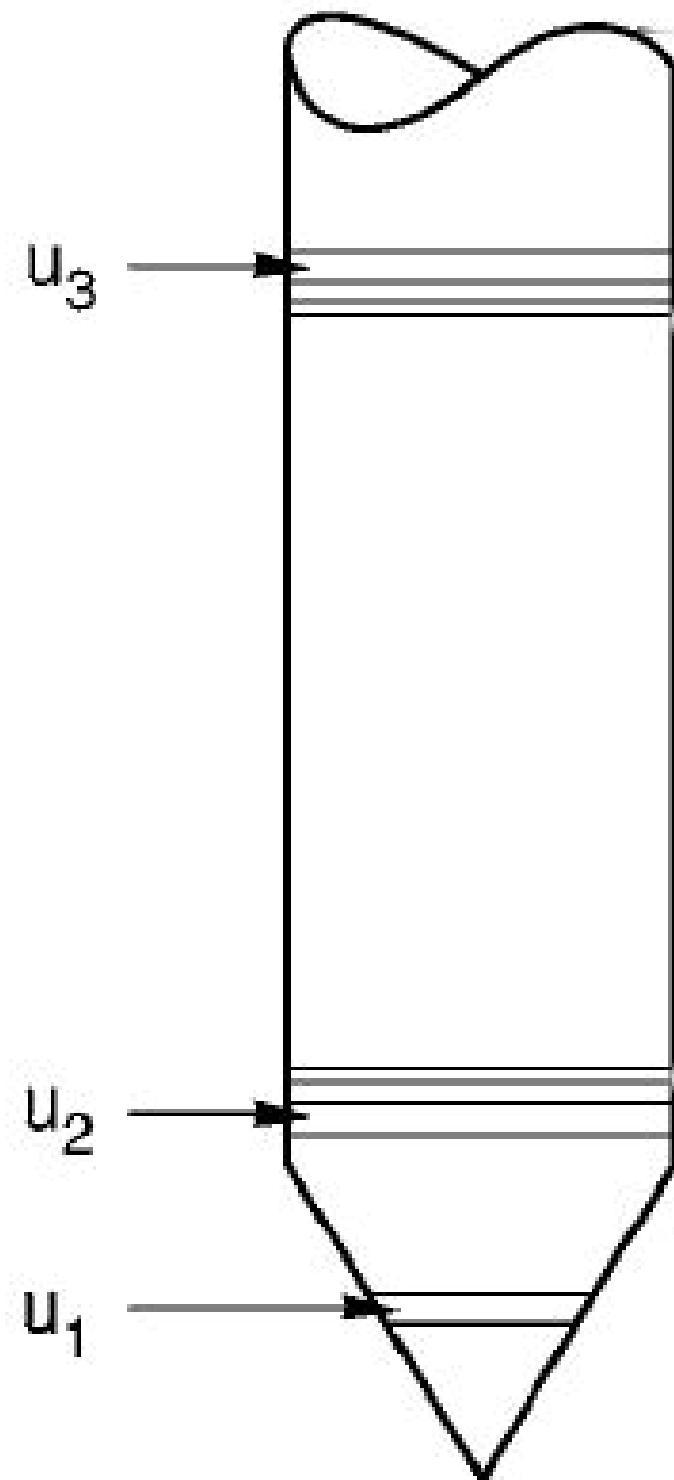
Utrustning för djupregistrering skall kunna kompensera för uppåtgående rörelse av sondstängerna.



Figur 7.2 Geometri och toleranskrab för sondspets med 10cm² area.



Figur 7.3 Geometri och toleranskrav för friktionshylsa när spetsens are är 10 cm².



Figur 7.4 Geometri olika placeringar av filter för portrycksmätning.



Figur 7.5 Poröst filter och spaltfilter.



Datainsamlingssystem ska mäta parametrar med minst den frekvens och noggrannheter som anges i **Tabell 7.4**. Dataöverföring från sensorerna kan ske med kabel, ljudöverföring i sondstängerna eller att i efterhand tömma ett dataminne i sondspetsen. Det senare ställer krav på en synkroniseringsparameter.

Sonden ska ha samma diameter som spetsen upptill 400 mm från spetsen. Vid 10 cm^2 konarea används $\phi 36 \text{ mm}$ minst upp till denna nivå. Stängernas rakhet ska kontrolleras före varje sondering. Vanligen används $\phi 32 \text{ mm}$ sondstänger.

Sondstänger väljs med hänsyn till erforderlig neddrivningskraft och signalöverföringssystemet för mätdata. Signalöverföring med kabel fordrar ihåliga stänger och skarvtappar. Kraven i övrigt är att skarvarna skall vara styva och stängerna raka. För de nedersta 5 metrarna får den maximala utböjningen på mitten av en 1 m lång stång vara 0,5 mm i förhållande till en rät linje genom ändpunkterna. Motsvarande mått för sondstänger högre upp är 1 mm. Motsvarande krav på rakhet gäller också skarvarna.

Utrustning för neddrivning av sonden ska ha en slaglängd på minst 1 m och ha en vikt eller vara förankrad så att utrustningen inte kan röra sig relativt markytan i såväl vertikal- som i horisontalled. Den skall också ha en sådan kraft att den kan pressa ned sonden utan vibrationer och med konstant hastighet oberoende av motståndet. Nedpressningshastigheten vid Spetstrycksondering ska vara $20 \text{ mm/s} \pm 5 \text{ mm/s}$.

Nedpressningsutrustningens vertikalitet ska ha en maximal tillåten avvikelse från lodningen av 20 mm/m .

7.2.3 Sonderingstyp och användningsklass

Standarden har två sonderingstyper nämligen CPT (utan portryckmätning) och CPTU (med portryckmätning). I Sverige utförs nästan uteslutande sonderingar av typ CPTU.

Standarden delar in utförandet i 4 olika användningsklasser beroende på geologi och noggrannhetskrav. Denna standard är avsedd att kunna användas globalt och i alla jordförhållanden. De allmänna noggrannhetskraven är därmed lägre än vi är vana vid men det påpekas att i regioner med mycket lösa jordar, som i Sverige, kan högre krav gälla. Därför har i **Tabell 7.1** lagts till en klass (anvädningsklass 0) som motsvarar tidigare CPT-3 som definieras i SGF:s metod-beskrivning från 1993.

7.2.4 Kontroller Allmänt

Resultaten från Spetstrycksondering kan användas till kvalificerad utvärdering av jordparametrar under förutsättningen att alla krav enligt standarden uppfylls. Det innebär att det är av stor vikt att kontroller av utrustning utförs på ett adekvat och riktigt sätt. I **Tabell 7.2** visas översiktligt de kontroller som erfordras för att resultaten skall bli av hög kvalitet.

Vid planering av spetstrycksondering, speciellt när portrycksmätning utförs,

måste man vara medveten om att förberedelserna inför varje sondering ofta kräver längre tid än själva sonderingen. Undantaget är mycket djupa sonderingar och sonderingar med avbrott för olika specialförsök.

I avsnitten nedan beskrivs kontrollerna mer i detalj.

Före sondering

Avståndet till närliggande sonderingar bör vara minst 2 m. I de fall sonderingen kompletteras med störd provtagning skall sonderingen utföras först och provtagningsdjupen väljas med ledning av sonderingsresultaten. Andra sonderingar med luft- eller vattenspolning bör utföras efter spetstrycksonderingen eller välj ett större inbördes avstånd. Schakter i närheten av sonderingspunkten bör också undvikas.

Förborrning eller prylning genom fyllning och torrskorpa bör utföras för att t.ex. undvika att filtret tappar sin vätskemättnad eller att sensorernas nollpunkter påverkas. Notera alltid i vilken jord förborrningen sker. Notera också om möjligt grundvattennivån i borrhålet.

Sondspetsen får inte utsättas för stora temperaturväxlingar och ska därför förvaras i skugga, i vatten eller i ett sonderingshål före sonderingen så att temperaturen är ungefärlig som jordtemperaturen.

Dessutom ska följande kontrolleras före start av sonderingen:

- Att kalibrering av sondspets är giltig enligt gällande standard.
- Slitaget av sondspetsens delar uppfyller angivna krav och att kvalitén på tätningar mellan sondens olika delar är tillfredsställande.
- Filter är vätskemättade (fettmättade) och luftfria. Dessutom skall inte filtret glappa men väl gå att rotera.
- Sondstänger har erforderlig rakhet.
- Att nedpressningsutrustningens vertikalitet är inom tillåten avvikelse.

En nollavläsning ska utföras före sonderingens början med monterad spets. Före själva avläsningen bör sonden anpassas till jordens temperatur. Om möjligt görs detta bäst om sonden får hänga i borrhålet med elektroniken påslagen. Utförs nollavläsningen under vatten noteras vattendjupet.

Vätskemättnad av filter och sondspets

Ett av de moment i förberedelserna som är tidskrävande, men också avgörande för kvaliteten i sonderingsresultatet, är vätskemättnad av sondspetsen.

Nedan beskrivs vätskemättnad av sondspetsen för poröst filter och för spaltfilter.

Målsättningen vid vätskemättnad av sondspetsen är att alla utrymmen ska vara vätskefyllda och alla eventuella luftbubblor borttagna så att porvattentrycket i jorden mäts direkt i spetsens tryckgivare utan fördröjning och utan tryckförlust.

Vätskemättnad av sintrade filter utförs normalt i förråd eller laboratorium.

Skall sonderingen utföras i jord där negativa portryck kan befaras, t.ex. fast lagrad sand och silt eller överkonsoliderad lera, i icke vatten mättad jord eller utan förborrning genom torrskorpan, väljs glycerin. Vid övrig sondering kan vatten användas som alternativ.

Användningsklass	Försöktyp	Användning
0	CPTU	Används främst i mycket tät till lång jord där bojförståndet är svårt att uppmärksamma. Vid jordar med fuktkonst. där det är en lågare fukt och annars. Metoden levererar goda förhållanden gällande fukt och torrkonst för att uppnå tillräcklig kvalitet på resultaten.
1	CPTU	Används främst i mycket tät till lång jord. Vid jordarter bestenskikt. för klass 2-3 avvärde. Metoden levererar goda förhållanden gällande fukt och torrkonst för att uppnå tillräcklig kvalitet på resultaten.
2	CPT, CPTU	Används i hårdare jordprofiler ned list till fast lagring. Resultaten kan försäkras att användas till legemätning och klassning av jordtyp. I vis sinn kan också resultaten användas till uppsättning av jordparametrar ned undantag för liseringen (t.ex. leva).
3	CPT, CPTU	Används i hårdare jordprofiler ned list till fast lagring. Resultaten kan försäkras att användas till legemätning och klassning av jordtyp. I vis sinn kan också resultaten användas till uppsättning av jordparametrar för fast till mycket fast lagring.
4	CPT	Används för orienterande profilmätning och jordartsklassefiering i hårdare jordprofiler ned list till mycket fast jordlag. Ingen mätning av jordparametrar i nålig lagtäthetsmätning före utvärdering.

Tabell 7.1 Användarklasser 1-4 enligt SS-EN ISO 22476-1.

Kontroll av	Före sondering	Efter sondering	Minst varje månad
Verkighet hos nedpressningsutrustningen	x		
Nedpressningshastighet			x
Sondstänger	x		
Slitage	x	x	
Spalter och förseglingar	x	x	
Nollvärde	x	x	
Kalibrering av spetsens sensorer			x ^a
Filtersättning	x	x	
(Vid beständiga interval vid långa projekt)			

Tabell 7.2 Kontrollschemata.

Vid användning av glycerin läggs de torra filtren i vätskan och behandlas med högvakuum under ett par timmars tid. Därefter placeras filtren i en lufttät behållare med vakuumbehandlad glycerin.

Vid användning av vatten kokas filtren i minst 15 minuter. Filter och kokvatten får svalna under tättslutande lock och förvaras sedan i väl fyllda lufttäta behållare. Dessutom avluftas en större vattenmängd med hjälp av t.ex. vattensug.

En metod för montering av filter med glycerin är att använda en plasttratt, se **Figur 7.6**. Sonden vänds upp och ned och spetsen skruvas av. Därefter träs en plasttratt över sonden. Försiktighet måste sedan iakttas eftersom friktionshylsan inte är låst förrän monteringen är färdig. I tratten fylls nu försiktigt avluftrad glycerin. Med hjälp av en spruta med kolv avlägsnas alla luftbubblor i sondens och spetsens hålrum, kanaler och gängor samt på tätningsar och eventuella andra lösa delar. Filtret överförs försiktigt från sin behållare till tratten och alla

delar monteras under vätskeytan. Efter det att spetsen skruvats fast, kontrolleras filtrets passning på nytt så att det lätt kan roteras med fingertopparna samtidigt som det inte glappar. Sonden överförs sedan direkt till sonderingspunkten.

Sondering från markytan, eller i förborrat men inte vattenfyllt hål, påbörjas sedan utan onödigt dröjsmål. I vattenfyllda hål kan man dock låta sonden anpassa sig till temperaturen en viss tid innan sonderingen startar. I det fall sondering skall utföras från markytan men sonden först behöver temperaturstabiliseras i ett vätskefyllt hål, bör sondens nedre del vara skyddad av en glycerinfyllt plastpåse under stabiliseringen.

Motsvarande procedur kan göras för vatten. Ett tips är att använda en gumimboll som tätar när sondenspetsen förs ned under vattnet, se **Figur 7.7**. Det är viktigt att allt sker under vatten och den färdigmonterade sonden överförs till borrhålet i en vattenfylld påse eller i skydd av en kondom. När sondspetsen är under vattnet slits plastpåsen av.

Vätskemättnad av en spets där det porösa filtret är ersatt med en smal spalt sker genom att spetsen skruvas av. Pipen på en fettub sticks in i hålet i spetsens bakkant och fett pressas in så att det fyller alla hålrum. Pipen dras ut under fortsatt fettuttryckning så att spetsen blir helt fylld. Sonden vänds upp och ned och hålrummet vid portrycksmätaren fylls med avluftat vatten varpå spetsen skruvas fast, **Figur 7.8**.

Efter sonderingen

Sonderingslängden vid sonderingsstopp avläses manuellt och noteras.

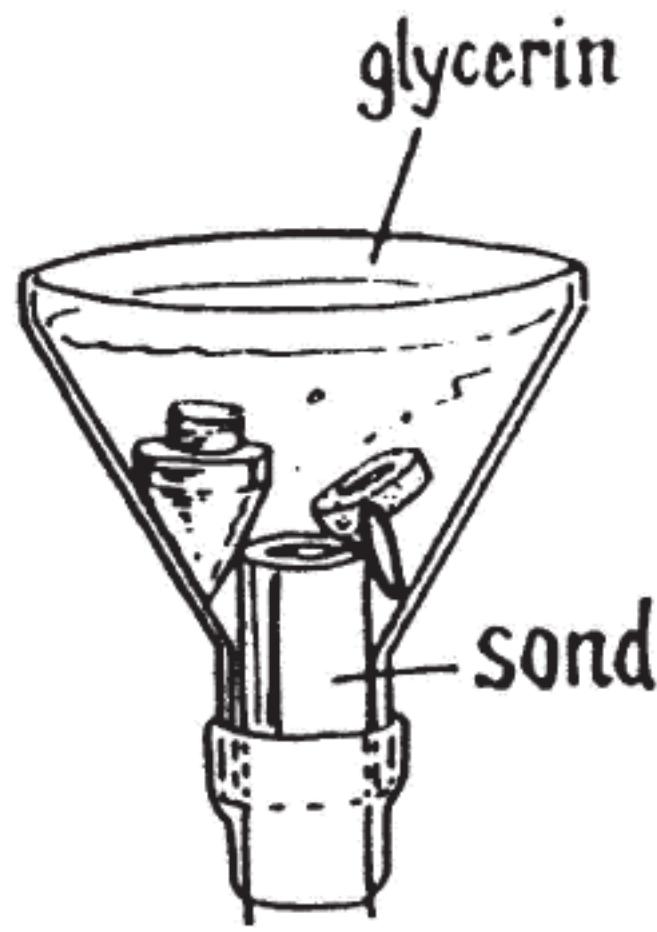
Därefter dras sonden upp. Direkt efter uppdragningen och innan sondens temperatur ändras tas nya nollvärdet. Nollavläsning skall utföras på en obelastad sond, med monterad spets, friktionshylsa och portrycksfilter på samma sätt som innan start av sonderingen.

Eventuell onormal förslitning kontrolleras och noteras. Spalter och tätringar inspekteras och rengörs.

Efter sonderingen studeras vattenytan i borrhålet. Visar det sig att artesiskt vatten strömmar upp ur borrhålet måste detta tättas. Grundvattenytans läge efter stabilisering noteras om hålet inte tätats.

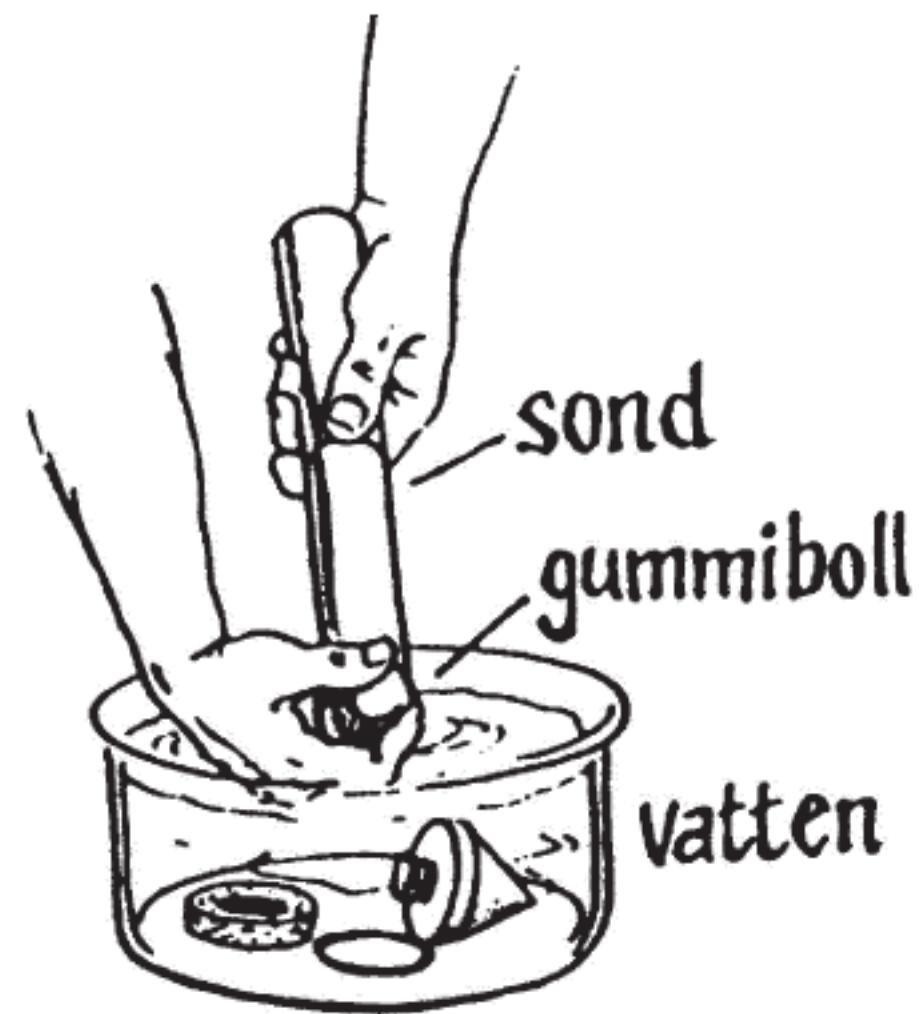
Direkt efter att sonderingen avslutats införs all nödvändig information och gjorda iakttagelser i protokoll, se Kapitel 13.

Efter varje utfört sonderingsprojekt liksom vid slutet av varje arbetsdag ska sonden tas isär och rengöras. O-ringar och tätringar kontrolleras och smörjs in med vaselin och eventuell fukt torkas ut innan sonden åter sätts ihop. Uttorkningen får endast ske vid rumstemperatur och inte genom upphettning.



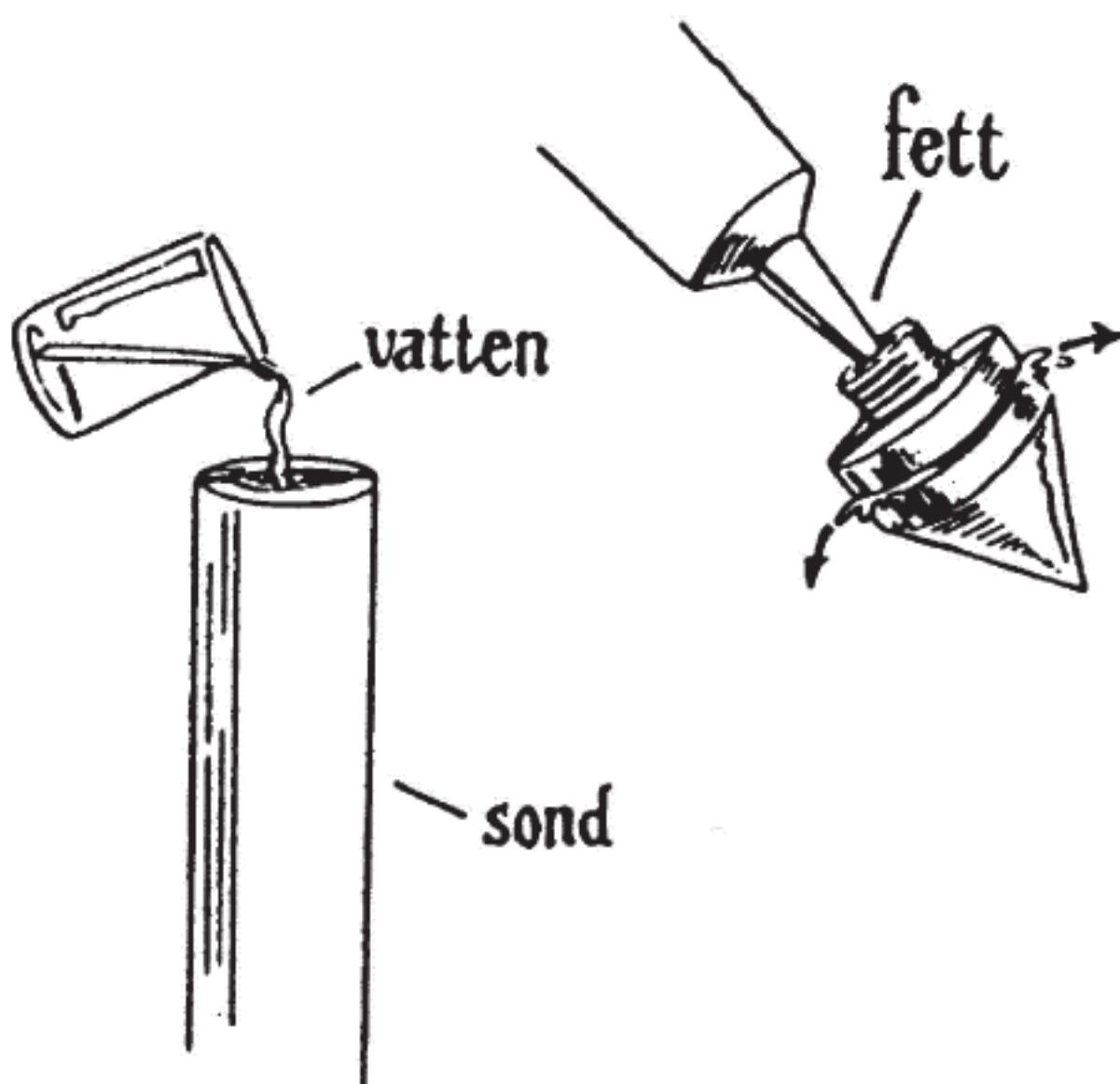
Glycerin

Figur 7.7 Exempel på sätt att vätskemätta sonderingsspets med glycerin.



Vatten

Figur 7.6 Exempel på sätt att vätskemätta sonderingsspets med vatten.



Spaltfilter

Figur 7.8 Exempel på sätt att vätskemätta sonderingsspets med spaltfilter.

7.2.5 Utförande

Före start

- Om nödvändigt förborra genom fyllning eller torrskorpa och om möjligt till grundvattenytan eller vattenmättad jord.
- Förankra borrvagnen vid behov
- Rikta gejdern vertikalt med hjälp av vattenpass. Avvikelsen från lodlinjen får inte vara större än 2 % (2 cm/m).
- Starta datainsamlingsenheten och skriv in aktuell information för projektet och borrhålet.
- Kontrollera med kraftmätare att spetsens kraftgivare visar rätt värden.

Kontroller under utförande

Kontrollera kontinuerligt under sonderingen att mätvärden registreras i datainsamlingsenheten och att rätt neddrivningshastighet används.

Se till att sondstängernas axel sammanfaller med gejderns tryckriktning och

starta neddrivningen. Neddrivningshastigheten ska vara 20 mm/s. Uppehåll i sonderingen görs endast för skarvning av sondstänger och omtagning av grepp. Korta stopp i permeabla lager under grundvattenytan, för mätning av portrycksutjämning, kan dock accepteras. Notera sådana stopp i protokoll.

Jämför kontinuerligt att antalet sondstänger överensstämmer med det sonderingsdjup som registrerats i datainsamlingsenheten.

Kontrollera spetstrycket under sonderingens slutskede för att vara beredd på omedelbart stopp när maximal spetskraft uppnåtts eller lutningen blivit för stor.

Sonderingen avslutas när maximal spetskraft uppnåtts eller när förutbestämt sonderingsdjup åstadkommits.

7.2.6 Redovisning

Redovisning av spetstrycksondering ska utföras enligt **Tabell 7.3** samt Kapitel 1 samt enligt SGF/BGS beteckningssystem samt kontrollera så att metodkoderna är rätt enligt nya dataformatet, ja det stämmer. Spets- och mantelareaafaktor ska också anges i fältprotokoll.

7.2.7 Kalibrering av utrustning och krav på noggrannhet

En ny spetstrycksond ska vid leverans vara kalibrerad med avseende på:

- Areafaktor för såväl spets som friktionshylsa.
- Inverkan av inre friktion
- ”Cross talk” eller interferenseffekter
- Temperatureffekter

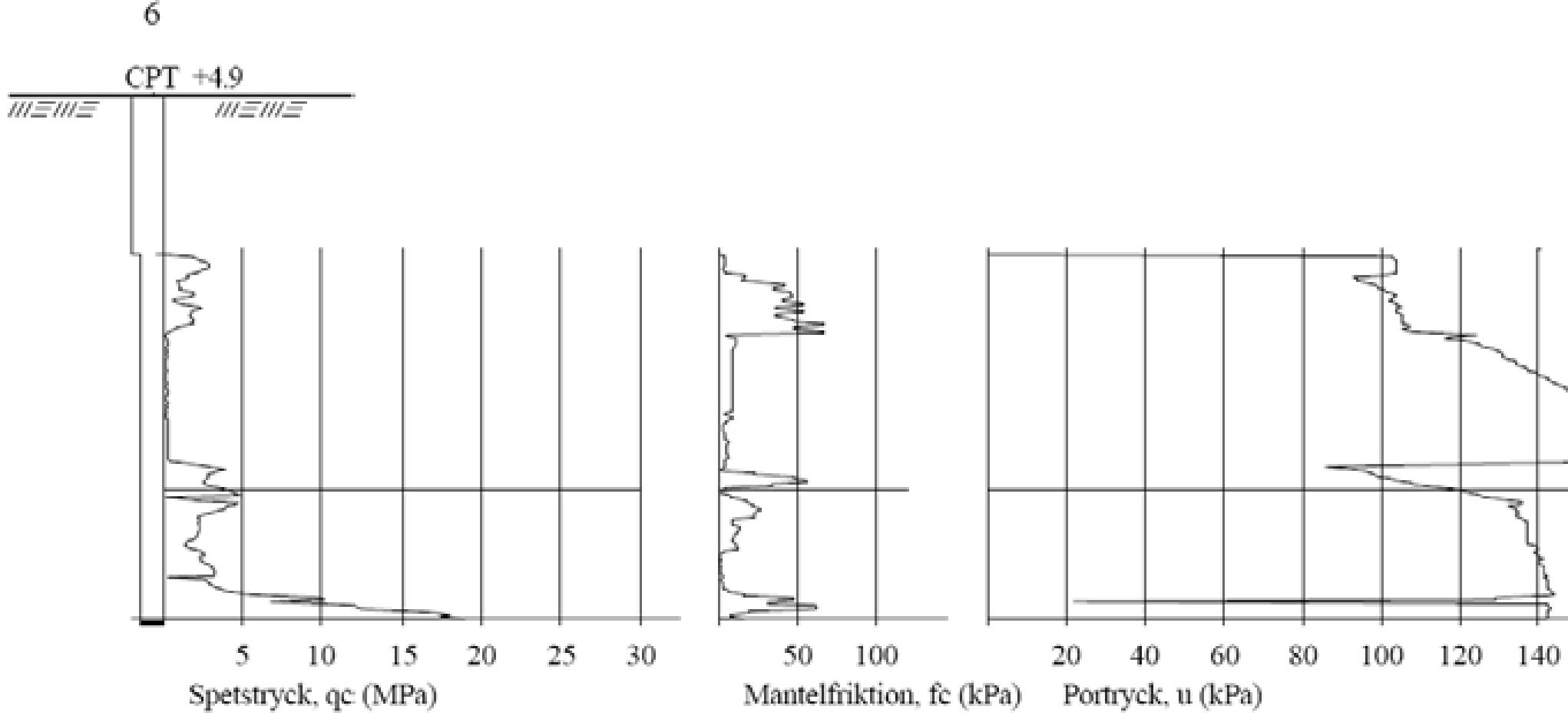
Dessutom ska alla ingående sensorer kalibreras helst tillsammans med aktuell datainsamlingsenhet.

Därefter ska sonden kalibreras minst var 6:e månad eller när större reparationer utförts eller när vitala delar bytts ut. Vid långa projekt bör sonden kalibreras var 3:e månad.

När alla felkällor, såsom t.ex. inre friktion, onoggrannhet i sensorer och datainsamlingsenhet, excentrisk belastning, temperatureffekter och dimensionsfel är adderade ska mätonoggrannheten vara högst de i **Tabell 7.4** angivna.

Den tillåtna maximala onoggrannheten är det längsta av de två som är angivna i **Tabell 7.4**. De procentuella värdena i tabellen ska räknas på det aktuella mätvärdet och således inte på maximalt mätområde.

Funktionskontroll av spetskraft i fält kan enkelt utföras med hjälp av en lastcell. Tryckgivaren kan kontrolleras för små portryck nedsänkt i ett vattenfyllt borrhål.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	107A med portryckmätning 107B utan portryckmätning
Beteckning i plan	
Uppritning i sektion	

Tabell 7.3 Redovisning av spetstrycksondering.

användningsklass	Försöktyp	Parametrar att mäta	mät-onoggrannhet*	Avläsningsintervall mm
0	CPTU	Spetsmotstånd	20 kPa eller 2%	10 för portryck och 20 för övriga parametrar
		Mantelfriktion	2 kPa eller 2%	
		Portryck	1 kPa eller 2%	
		Lutning	?	
		Djup	0,1 m eller 1%	
1	CPTU	Spetsmotstånd	35 kPa eller 5%	20
		Mantelfriktion	5 kPa eller 10%	
		Portryck	10 kPa eller 2%	
		Lutning	?	
		Djup	0,1 m eller 1%	
2	CPT,CPTU	Spetsmotstånd	100 kPa eller 5%	20
		Mantelfriktion	15 kPa eller 15%	
		Portryck	25 kPa eller 5%	
		Lutning	?	
		Djup	0,1 m eller 1%	
3	CPT,CPTU	Spetsmotstånd	200 kPa eller 5%	50
		Mantelfriktion	25 kPa eller 15%	
		Portryck	50 kPa eller 5%	
		Lutning	?	
		Djup	0,2 meller 2%	
4	CPT	Spetsmotstånd	500 kPa eller 5%	50
		Mantelfriktion	50 kPa eller 20%	
		Djup	0,2 meller 2%	
* = maximalt värde				

Tabell 7.4 Tillåtna totala mätonoggranheter.

7.3 Jord-Bergsondering

7.3.1 Beskrivning

Med jord-bergsondering (Jb-sondering) avses normalt sondering i jord och berg med hydrauldrivna borrmaskiner med borrhänger och bergborrkrona. Vid Jb-sondering överförs slagenergi från en slaghammare via ett borrhåll till en borrhrona, som kan vara av olika typ och dimension. Slagenergin används för avverkning av det genomborrade mediet. Borrhålet roteras och tryckbelastas samtidigt som borrhronan slås/pressas mot berget. För att borrhning ska kunna utföras på ett kontrollerat sätt hålls borrhålsbotten ren från lösgjorda fragment med hjälp av spolning genom ett centralt spolhål i borrhålet och spolkanaler i

borrkronan. Vanligtvis används vatten eller luft som spolmedia, men också andra typer som tung borrvätska, skum eller polymerer förekommer.

I SGF Metodbeskrivning Rapport 4:2012 indelas Jb-sondering i fyra klasser som benämns Jb-1, Jb-2, Jb-3 och Jb-tot. Klassificeringen inryms i den rambeskrivande europastandarden ISO/WD 22476-X som för närvarande är under framtagande.



Figur 7.9 Jb-sondering.

Jb-1 är den enklaste klassen och kan utföras med borriggar utan registreringsutrustning. Tiden för 0,2 m sjunkning mäts då manuellt och antecknas i protokoll. Vid borrhning med geoteknisk undersökningsrigg finns det normalt ingen anledning att utföra sonderingsborrningen som Jb-1, utan här används någon av de mer noggrannare sonderingsklasserna.

Jb-2 används för bestämning av bergnivå samt för att grovt bedöma bergets kvalité vid borrhning i kristallint berg inför konventionell platt- och pålgrundläggning samt diverse schaktarbeten. Vid borrhning genom bottenmorän och rösberg kan bergöverytan vara svårdefinierad, både under själva borrhningsarbetet och vid efterföljande tolkning av registrerade borrhparametrar. Normalt borras minst 3 eller 5 m i berg, men både längre och kortare borrlängd kan förekomma beroende på syftet. Är borrlängderna kortare måste risken för att borrhning skett i block beaktas. Vid sondering genom jordlager ges en indikation om jordens sten och blockinnehåll.

Jb-3 genomförs företrädesvis vid sondering i sedimentärt berg samt vid mer komplicerade bergarbeten och grundläggningar. Här krävs det ofta borrhning i berg längre än 5 m. Det rekommenderas att Jb-3 utförs i ett installerat foderrör genom jordtäcket, alternativt från avschaktad yta eller berg i dagen. Då påverkar inte jorden borregistreringen och dessutom ges möjligheten att mäta returvatnet för jämförelse med registrerat spolflöde. Den stora fördelen är emeller-

tid att foderröret ger möjlighet att utföra andra mätningar och loggningar i det utförda sonderingsborrhålet för en kvalificerad bedömning av bergkvalitet och struktur. Jb-3 sonderingen ger stöd vid tolkning och utvärdering. Borrkronans diameter måste dock anpassas till respektive kompletterande metod. För att kunna göra en bedömning av bergets hårdhet och vittringsgrad från borregistreringen krävs att platsspecifik referensborrning genomförs.

Jb-totalsondering (Jb-tot) görs med motsvararande registrering som för Jb-2 med tillägget att man har infört ett vridtryckske, d.v.s. ett statiskt skede med avslagen hammare och spolning samt konstant rotations- och sjunkhastighet (25 rpm respektive 20 mm/s). Vridtryckskedet kan då ofta ersätta kompletterande vikt- och mekanisk trycksondering och man får på så sätt en rationell sonderingsmetod. Metoden är effektiv vid undersökningar där grovkornig jord överlagrar lösare. Särskilt användbar är metoden vid undersökningar i isälvs-material med kombinationen spetstrycksondering med Jb-totalsondering varvid en god bild av hela jordlagerföljden och dess fasthet samt bergläge erhållits. En stor fördel med Jb-tot är att man kan minska antal medhavda typer av sondstänger. Utförs spetstrycksondering med samma stångtyp (ϕ 44 mm geostänger) som Jb-totalsondering täcks de flesta undersökningssituationer endast med en stångtyp och dimension.

7.3.2 Utrustning

Borrugg: skall ha en sådan tyngd att den inte förflyttas varken i vertikal- eller horisontalled under sonderingsborrningen.

Hammare: endast toppslående hydrauliskt driven hammare. I samtliga sonderingsklasser skall hammare väljas så att sjunkningshastigheten i hårt osprucket berg blir 3,3 till 10 mm per sekund (motsvarande 60 till 20 s/0,2 m) med aktuell utrustning och parameterinställning som erhållits vid kalibreringsborrning. Önskas högre upplösning i jord eller mjukt/trasigt berg skall sjunkningshastighet i det lägre intervallet väljas.

Vridmotor: Vridmotorns kapacitet ska vara 40 – 200 rpm. Varvtalet skall väljas så att stiftborrkronans periferihastighet är ca 10 mm per hammarslag och vid val av skärborrkrona skall periferihastigheten vara ca 12,5 mm per hammarslag.

Spolmedia: Vid Jb-1 och Jb-2 kan spolning göras med såväl luft- som vattnespolning (eller annan flytande spolmedia). Vid Jb-3 och Jb-tot skall vattnespolning användas. Dock kan luftspolning användas i undantagsfall vid Jb-tot t.ex. vid sträng kyla eller då vatten inte får tillföras i marken.

Borrstål: Vid Jb-1 kan utvändiga skarvhylsor användas. För övriga klasser (Jb-2, Jb-3, Jb-tot) ska invändiga skarvtappar användas så att stängerna har samma ytterdiameter längs hela sin längd. Maximal tillåten utböjning för sondstång från en rät linje mellan stångens ändpunkter för de nedersta 5 m borrstål är 1,0 mm/m i förhållande till en rät linje genom ändpunktarna. Motsvarande för borrstålen högre upp är 1,5 mm/m. Ovanstående krav gäller också över skarvorna. Borrstål anpassas till borrkronans diameter med undantag för Jb-tot där sondstång skall utgöras av Geostänger med ytterdiameter ϕ 44 mm.

Borrkrona: Vid Jb-1, Jb-2, Jb-3 kan stiftborrkrona som skärborrkrona användas. Typ och diameter anpassas till geologisk formation samt att ovanstående sjunkkriterier uppfylls. Vid Jb-tot skall borrhronan utgöras av 57 mm stiftborrkrona som förses med backventil för att förhindra att lös jord tränger in i borrhållet under den statiska sonderingsfasen. Stiftborrkronan ska slipas när borrhjunkning synbart blir lägre än förväntat, eller när andra skador börjat uppträda på stift eller skär. Stiftborrkrona ska slipas när slitfasen överstiger halva stiftets diameter. Vid periferislitage ska hårdmetallen slipas när släppningen är mindre än 0,5 mm på en stiftkrona. Skärborrkrona ska slipas senast när maximal slitfas är 2,4 mm mätt 5 mm från kronans periferi eller när maximalt periferislitage är 2 mm. Dessa kontroller utförs med en för ändamålet avsedd tolk



Figur 7.10 Borrkronor.

7.3.3 Parametrar

I Tabell 7.5 görs en generell sammanställning av ingående krav på mätta parametrar samt godtagbart utförande för registrering och val av spolmedium.

7.3.4 Kontroller

Fältkontroll utförs dagligen vid borrhning för att kontrollera att sensorernas och manometrarnas värde inte förändras sedan kalibreringen. All fältkontroll dokumenteras och förvaras i anslutning till borrhålet. Inför varje borrhål skall kontrolleras att borrhronan håller föreskrivna toleranser, att stålen är raka enligt föreskrivna toleranser, att inga mekaniska friktioner finns i borrhutrustningen, inställning av aktuellt matningstryck och rotationshastighet. Avvikelse åtgärdas före start av ny sondering eller vid den dagliga kontrollen, före dagens första sondering. Bedöms avvikelsen vara av sådan natur att den påverkar sonderringsresultatet i ringa omfattning kan sondering ändå utföras. Avvikelse måste emellertid alltid protokollföras. I syfte att kontrollera att gällande kalibreringsvärde innehålls utförs var 14:e dag eller när något har inträffat som befaras ha påverkat inställningar eller kalibreringar, kontroller av registreringsutrustning, givare och manometrar.

- Sjunkningshastighet kontrolleras genom att 1,00 m sondering görs i tomt borrhål eller ovanför markytan med konstant hastighet. Tiden mäts och om-

räknas till hastighet som jämförs med det registrerade värdet.

- Rotationshastighet kontrolleras genom att antal varv räknas och jämförs med det antal som registrerats på registreringenheten. Detta kan lämpligen göras med en tachometer som direkt ger rotationshastigheten i rpm.
- Matningskraft kontrolleras genom att lägga ett tryck på stången som antingen avläses på en manometer på borriggen eller med en extern kraftgivare. Erhållt mätvärde jämförs med det registrerade.
- Rotationstryck och hammartryck kontrolleras genom att utslaget på den manometer som är ansluten till hydraulsystemet för vridmotorn avläses och jämförs med registrerat värde.
- Spolvattentryck kontrolleras genom att utslaget på en manometer placerad vid flödesgivaren jämförs med registreringen.
- Spolvattenflöde kontrolleras genom att tiden som åtgår för att fylla ett kärl med känd volym mäts. Det härur beräknade flödet jämförs med det som registrerats. Exempel på utrustning för fältkontroller kan vara:

- o Måttssatt hink
- o Tumstock eller måttband
- o Klocka
- o Skjutmått
- o Elektrisk lastcell med mätenhet

Enhet	Sonderingsklass			
	Jb-1	Jb-2	Jb-3	Jb-tot
Registrering				
Manuell registrering	X	-	-	-
Automatisk registrering	X	X	X	X
Parametrar				
Djup	m	X	X	X
Borrmotstånd	s0,20 m	X	X	X
Spänningshastighet	mm/s	-	X	X
Matningskraft	N	-	X	X
Hammartryck	MPa	-	X	X
Vridmomenttryck på vridmotorn	MPa	-	X	X
Rotationshastighet	pm	-	X	X
Spolvtryck	MPa	-	-	-
Spolvöde	l/min	-	X	-
Spolmedier				
Luftspolning		X	X	(x)
Vattenpolning		X	X	X
X: Inget rekommenderat -: Underlag för rekommendation (x): Inget rekommendation				

Tabell 7.5 Generell sammanställning av Jb-metoden.

7.3.5 Utförande

Borriggen ställs upp stabilt så att den inte kan ändra sitt ursprungliga läge. Lodning och ev. förankring görs av borriggen. Maximal tillåten avvikelse från lodlinjen är 2 % eller 20 mm/m vid vertikala borrhål och motsvarande avvikelse vid lutande hål.

Följande borrparametrar skall hållas konstanta under sonderingens gång:

- Matningskraft
- Rotationshastighet
- Hammartrycket.

Vid Jb-tot ska i vridtrycksledet sjunkhastighet (20 mm/s) samt rotationshastighet (25 rpm) vara konstant. Under hammarborrning i jord hålls matningskraft, rotationshastighet och hammartryck konstanta med parameterinställningar anpassade efter jordförhållanden.

Vid bergborrning används de parameterinställningar som erhållits vid kalibreringsborrning. Avvikelse kan dock uppstå vid t.ex. borrning i trasigt berg eller vid påhugg i släntberg.

Arbetsgång Jb-1, Jb-2 och Jb-3:

1. Kontrollera att masten står lodrätt. Första borrstålet skall hänga centrerat istånglåset
2. Gör nollavläsning antingen utan borrstål, eller med kronan ca 10 cm ovan markytan.
3. När nollavläsning är klar och borrhronan står i marknivå (alternativt vattenyta) starta spolning.
4. Starta registrering på fältdator samtidigt som matning nedåt försiktigt påbörjas.
5. Slå på hammare vid behov, t.ex. vid tjälad eller fast mark eller fyllning.
6. Starta rotation. Det är lättare att få stången att gå rakt om rotation inte startas direkt vid markytan i fastmark.
7. När första stången borrats ned och nästa stång skarvats på, kontrolleras att borrstålet är i lod. Annars flyttas borrhunktens läge något
8. Borrning i jord: sker med efter jordförhållanden anpassad konstant matningskraft, rotationshastighet samt hammartryck. Kontroll görs att det hela tiden finns spolning, men utan att spoltrycket ökas onödigt mycket. I lös jord, ska hammaren, samt i möjligaste mån rotationen vara avslagen. Fältbedömningar och noteringar görs enligt ovan.
9. Borrning i berg: ska i normalfall ske med samma inställningar som användes vid kalibreringsborrningen. Konstant matningskraft, rotationshastighet samt hammartryck. Fältbedömningar och noteringar görs enligt ovan.
10. Borrning i berg genomförs till avtalad längd i berg.

Arbetsgång Jb-tot:

1. Den maximala tryckkraften (15 – 30 kN) som borriggen kan uppnå vid sonderingspunkten anges i protokoll eller till datainsamlingssystem.
2. Förborrning (hammarborrning) genomförs för de inledande 0,5 m för att få en god styrning vid sonderingen.
3. Den statiska vridtrycksonderingen påbörjas med konstant rotationshastighet, 25 rpm, och konstant sjunkhastighet 20 mm/s. Vridningen skall inledas omedelbart när tryckningen startas.

4. Då sondering utförs i jordart som bildar en hård propp i spolhålen, t.ex. vissa siltiga jordar och lermorän, trycks proppen ut med spolning vid varje stångskarvning.
5. När sonderingsmotståndet blir för stort så att den konstanta sjunkhastigheten inte kan upprätthållas påbörjas hammarborrning genom att spolning kopplas på och direkt därefter hammaren med normal vridhastighet och matningskraft enligt principer gällande för Jb 2- sondering.
6. När block, hinder eller fastare jordlager borrats igenom med hammarborrning förs borrkronan upp och ner några gånger med samtidig spolning för att säkerställa att inte inspänningar och friktion erhålls mot sondstången. Därefter återupptas det statiska vridtryckskedet.

Fältbedömningar och noteringar ska genomföras under hela sonderingsförloppet avseende:

- Fälttolkning av jordlager
- Genomborrade block eller annat material
- Förmadad bergyta
- Borrkaxnoteringar
- Nivå för bergsprickor eller krosszoner
- Avvikelse i försöksutförandet

Foderrör ska installeras vid borrning på vatten från flotte eller plattform om strömförhållandena är sådana att sondstångernas utböjning är för stor, eller att vertikaliteten enligt ovan inte kan uppfyllas. Foderrörens utböjning ska tolkas före sondering. Borrstålet ska gå fritt i foderröret. Vidare gäller att foderrör skall sättas då borrstångens fria längd överstiger 3 m.

Avtalad borrlängd i förmodat berg ska vara upprättad för varje borrhål beroende på syftet. Vid sondering inför underjordsanläggningar i berg ska förutbestämda borrhål i berggrunden pluggas med cementinjektering. Tätning av jorddelen utförs i utvalda borrhål med bentonit.

7.3.6 Redovisning

Fälttolkningar skall göras för samtliga sonderingsklasser.

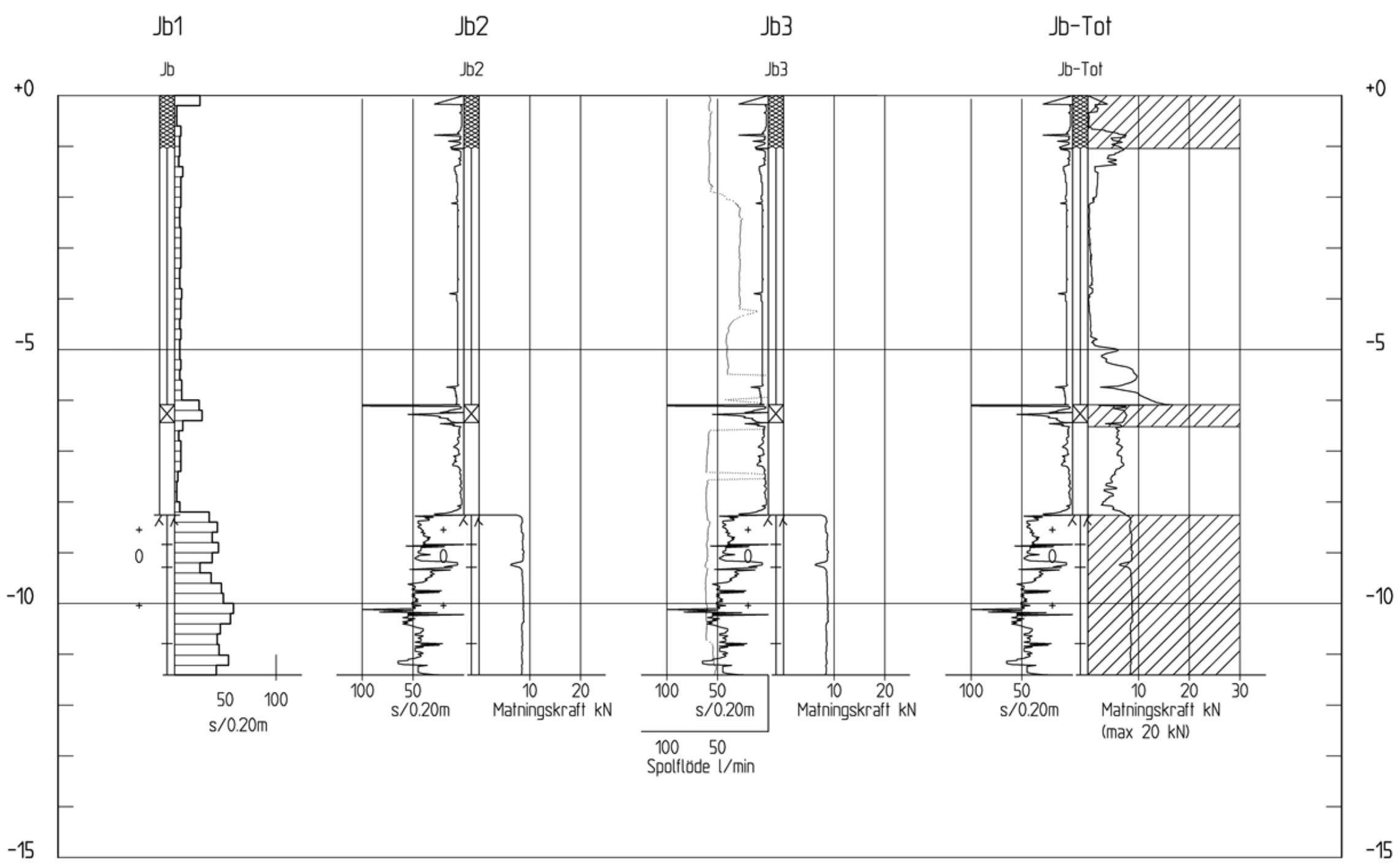
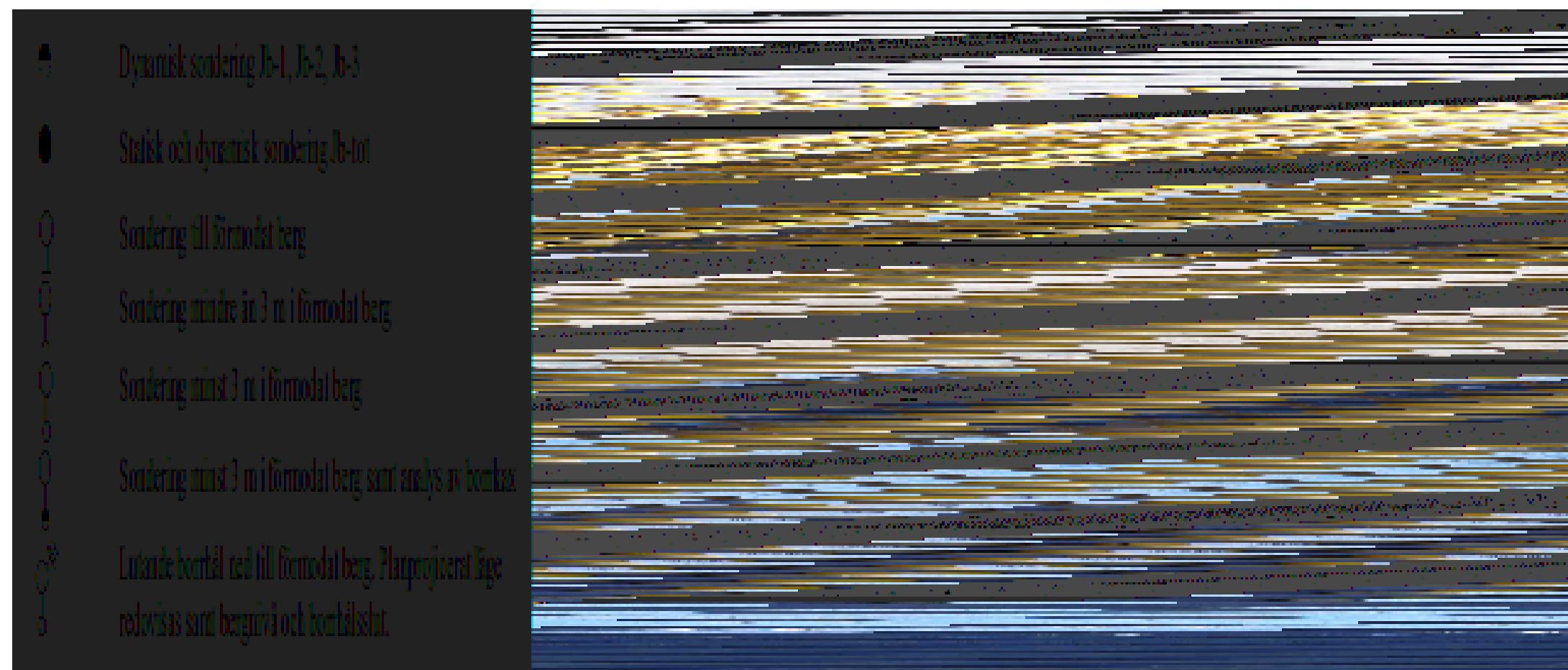
Vid ritningsredovisning i plan redovisas Jb-sondering i plan som dynamisk sondering (d.v.s. med övre cirkelhalvan fylld) med undantag av Jb-tot som redovisas både som en dynamisk och statisk sondering (d.v.s. både den övre och undre halvan fylld). Har borrkax tagits för analys redovisas detta med halvfylld undre cirkel enligt nedan.

Redovisning på sektionsritning för sonderingsklasserna visas i **Figur 7.11**.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard är 12 för Jb-1, 41 för Jb-2, 42 för Jb-3 och slutligen 73 för Jb-tot.

Beteckning	Förklaring	Formatkod (kommentarkod)	
+	Lite märkbara sprickor, jämn sjunkning	42	
0	Sprickigt berg, märkbara sprickor	43	
-	Mycket sprickigt berg, svårigheter att vrida	44	
--	Öppen eller fyllt spricka, fin sjunkning	45	

Tabell 7.6 Symboler för fältbedömning av bergets sprickighet.



Figur 7.11 Redovisning av Jb-sondering enligt SGF Metodbeskrivning Rapport 4:2012.

7.3.7 Kalibrering av utrustning och krav på noggrannhet

Kalibreringsborrning utförs i syfte att ställa in hammare(tryck), matningskraft, krondiameter, varvtal och spolning så att angivna sjunkningskrav kan innehållas. Kalibreringsborrning skall alltid utföras av ny borrrutrustning eller när förändringar har utförts av utrustningen. Det rekommenderas att kalibreringsborrning sker före start av varje större projekt, dock minst var sjätte månad. Kalibreringsborrning ska utföras i homogent kristallint berg med varmkörd maskin i syfte att ställa in matningstryck, rotationshastighet och andra borraparametrar så att borrsjunkningen blir ett konstant värde mellan 3,3 till 10

mm/s motsvarande ett borrmotstånd på mellan 60 respektive 20 s/0,2 m. De inställningar på borrparametrar som erhålls vid kalibreringsborrning ska sedan hållas vid all efterföljande Jb-sondering till dess att en ny kalibreringsborrning utförs.

Kalibrering av sensorer och manometrar ska utföras regelbundet och utföras så att erhållna värden ska vara spårbara till referenssensorer. Sensorer för mätning av de aktuella parametrarna ska regelbundet kalibreras på godkänt sätt.

För sjunkningshastighet och matningskraft gäller att sensorerna skall kalibreras minst var sjätte månad och för övriga sensorer gäller minst 1 gång per år. Manometrar för mätning av matningskraft, vridmoment och spoltryck kalibreras som övriga givare. Vid större avvikelse är angivna toleranser mellan uppmätta och registrerade värden skall givarekonstanter ändras i registreringsenheten. Om detta inte låter sig utföras direkt kan mätvärdena justeras i samband med redovisning. Alla kalibreringsprotokoll ska förvaras i anslutning till borrustrustningen.

Vid soneringsklass Jb-2, Jb-3 och Jb-tot skall automatisk registrering göras minst en gång per 25 mm borrsjunkning av samtliga i klassen ingående parametrar. Vid Jb-1 ska borrmotståndet registreras eller protokollförs minst varje 0,2 m. Borrkronans verkliga nivå skall kunna bestämmas med en absolutnoggrannhet av $\pm 0,05$ m eller bättre relativt markytan eller annat referenssystem. Borrparametrar ska mätas med minst de i **Tabell 7.7** angivna noggrannhet. I Tabellen anges absolutnoggrannhet, d.v.s. maximalt tillåtet fel i varje märvärde för djup, borrmotstånd, sjunkningshastighet, matningskraft(< 10 kN) samt varvtal. För övriga märvärden gäller % av fullt skalutslag d.v.s. sensorns maximala mätområde.

Parametrar	Enhet	Interval	Soneringsklass			
			Jb-1	Jb-2	Jb-3	Jb-TOT
Mätelvens minimum	m	-	0,20	0,025	0,025	0,025
Djup	mm/m	Hela mätområdet	2,5	2,5	2,5	2,5
Borrmotstånd	s	Hela mätområdet	1	-	-	-
Sjunkningshastighet	-	Hela mätområdet	-	1%	1%	1%
Matningskraft	N	0-10 kN	-	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$
		> 10 kN	-	5%	5%	5%
Hamntryck	-	Hela mätområdet	-	2%	2%	2%
Tryck på vridmoment	-	Hela mätområdet	-	2%	2%	2%
Varvtal	ppm	Hela mätområdet	-	1	1	1
Spoltryck	-	Hela mätområdet	-	2%	2%	2%
Spolflöde	-	Hela mätområdet	-	2%	2%	2%

Tabell 7.7 Mätnoggrannhet för parametrar vid olika soneringsklasser.

7.4 Hejarsondering

7.4.1 Beskrivning

Hejarsondering är en gammal soneringsmetod som i Sverige utvecklats från 1935 och framåt. Syftet med hejarborren var då att bestämma fasta bottens läge. Metoden utfördes då helt manuellt men har sedermera också utvecklats för motordriven soneringsutrustning.

Den senaste svenska metodbeskrivning från 1979 är nu helt ersatt av en europeisk fältstandard som innehåller förutom den "svenska" hejarsondering också

flera varianter med både lättare och tyngre slagning.



Figur 7.12 Hejarsondering

Vid hejarsondering slås en konad cylindrisk sondspets ned i jorden med en frifallshejare. Slagenergin överförs till sondstängerna via en slagdyna med mellanlägg. Antalet slag, beroende på metod registreras eller antecknas för varje 0,1 eller 0,2 meters sjunkning.

Gällande standard SS-EN ISO 22476-2 innehåller 5 hejarsonderingsmetoder med olika slagenergi:

- Lätt hejarsondering (DPL)
- Medeltung hejarsondering (DPM)
- Tung hejarsondering (DPH).
- Mycket tung hejarsondering, typ A (DPSH-A)
- Mycket tung hejarsondering, typ B (DPSH-B)

Metoden DPSH-A är nära nog identisk med tidigare svensk hejarsondering,

metod HfA. Det finns en Svensk Nationell Bilaga till Europastandarden som innehåller tilläggsinformation om hur metoden skall utföras i Sverige.

Hejarsondering används huvudsakligen för bestämning av sannolikt stopp för spetsburna betongpålar, samt via empiri för härledning av olika jordparametrar avseende hållfasthets- och deformationsegenskaperi friktionsjordar, moräner och sådan lemröän där andra sonderingsmetoder inte kan drivas ned.

7.4.2 Utrustning

Fakta om de olika hejarsonderingsmetodernas geometriska data framgår av **Tabel 7.8.**

Nedan anges olika krav på utrustningen som gäller för metoden DPSH-A. Kraven gäller också i tillämpliga delar för de övriga metoderna.

Hejarens diameter D_h är för de vanligaste svenska utrustningarna mellan 270 och 320 mm.

Utrustning för hejarsondering består av följande huvuddelar:

- Neddrivningsutrustning, hejare.
- Sondstänger med slagdyna, styrör och mellanlägg.
- Sondspets.

Utrustning för neddrivningen av **hejaren** ska vara så utformat så att inget eller

ringa motstånd (friktion) erhålls under fallet.

Slagdynan ska vara ordentligt fäst vid sondstängerna.

Neddrivning görs med **frifallshejare** monterad i en så kallad hejarbock eller på en borrvagn. För DSPH-A ska hejarens massa vara $63,5 \pm 0,5$ kg och förhållandet mellan längd och diameter ska vara mellan 1 och 2. Hejaren ska löpa på styrröret genom ett axiellt hål vars diameter är 3 – 4 mm större än styrrörets diameter. Fallhöjden ska vara $500 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$.

Utrustning/Metod	Symbol	Enhets	DPL Lätt	DPM Medium	DPH Tung	↓ DPSH (supertung)	
						DPSH-A	DPSH-B
<i>Neddrivningsutrustning</i>							
Hejarens massa, ny fallhöjd	m_h	kg mm	$10 \pm 0,1$ 500 ± 10	$30 \pm 0,3$ 500 ± 10	$50 \pm 0,5$ 500 ± 10	$63,5 \pm 0,5$ 500 ± 10	$63,5 \pm 0,5$ 750 ± 20
<i>Slagdyna</i>							
diameter massa (max.) (styrstång inberäknad)	d_m	mm kg	$50 < d < D_h^a$ 6	$50 < d < D_h^a$ 18	$50 < d < 0,5 D_h^a$ 18	$50 < d < 0,5 D_h^a$ 18	$50 < d < 0,5 D_h^a$ 30
<i>Sondspets</i>							
nominell basyta basdiameter, ny	A_D	cm^2 mm	10 $35,7 \pm 0,3$	15 $43,7 \pm 0,3$	15 $43,7 \pm 0,3$	16 $45,0 \pm 0,3$	20 $50,5 \pm 0,5$
basdiameter, sliten (min)		mm	34	42	42	43	49
mantellängd (mm)	L	mm	$35,7 \pm 1$	$43,7 \pm 1$	$43,7 \pm 1$	$90,0 \pm 2^b$	51 ± 2
längd på konens spets max. tillåten nedslitning av spetsen		mm	$17,9 \pm 0,1$ 3	$21,9 \pm 0,1$ 4	$21,9 \pm 0,1$ 4	$22,5 \pm 0,1$ 5	$25,3 \pm 0,4$ 5
<i>Sondstänger^c</i>							
massa (max)	m	kg/m	3	6	6	6	8
diameter OD (max)	d_t	mm	22	32	32	32	35
stängavvikelse ^d :		%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
nedersta 5 m		%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
återstående							
Specifikt arbete per slag	mgh/A_E_n	kJ/m^2	50	100	167	194	238

a D_h hejarens diameter, vid rektangulär form antas den mindre dimensionen motsvara diametern

b endast förlorbar kon

c maximal stånglängd ska inte överstiga 2 m

Tabell 7.8 Dimensioner och massa för de olika metoderna.

Vid sonderingen används stötutjämnande

mellanlägg som tillsammans med hejare och fallhöjd enligt ovan ger en stötvågskraft på 50 – 60 kN i sondstången. Mellanläggen skall bestå av två st 2 mm uretangummi (Trelleborgs kvalitet 4013) eller motsvarande, 120 mm i ytterdiameter och försett med ett 35 mm hål.

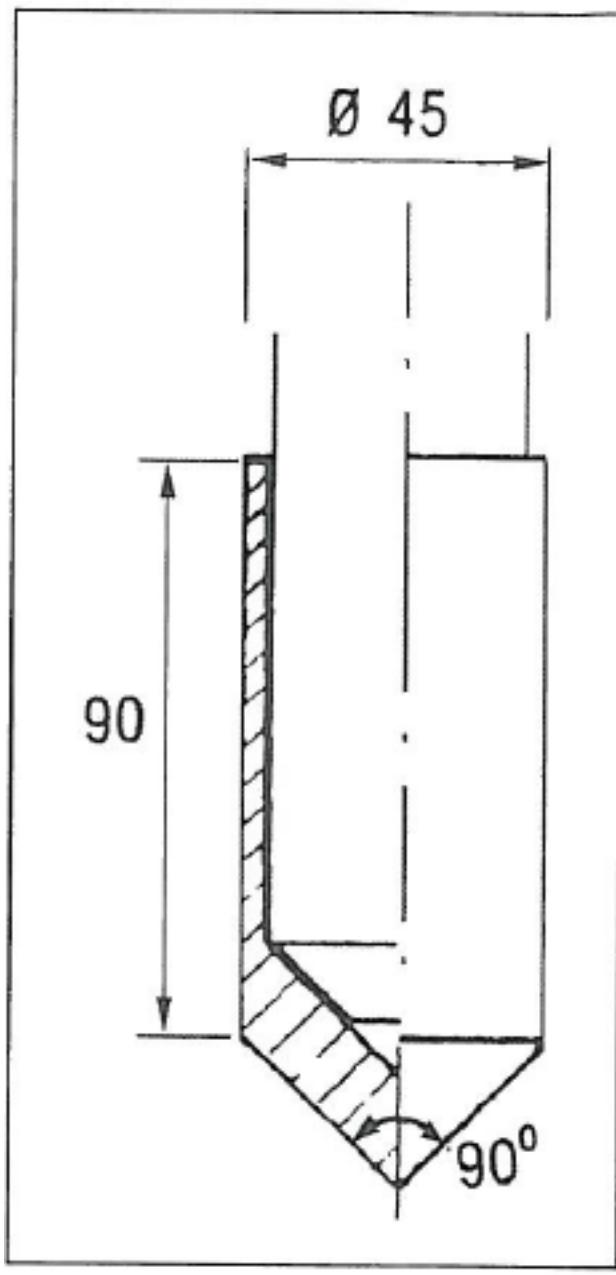
Sondspetsen är cylindrisk med diameter $45 \text{ mm} \pm 0,3$ mm. Spetsen har en konisk nedre ände med spetsvinkeln 90° . Den cylindriska delen är 90 mm lång.

Sondstängerna ska ha 32 mm diameter och vara av höghållfasthetsstål. Krökningen får inte överstiga 1 mm/m närmast spetsen och 2 mm/m på övriga delar.

Antalet slag på sonden mäts med mekaniska eller elektriska mätvärdesgivare, eller räknas manuellt. Sonderingsdjupet mäts med elektriska, eller mekaniska djupgivare, eller läses av mot markeringar på neddrivningsutrustningens gejder eller på sondstängerna.

7.4.3 Kontrollpunkter före utförande

Före varje undersökning ska det kontrolleras att dimensionerna på sondspets och övrig utrustning ligger inom de värden som anges i **Tabell 7.9**. Är sondspetsen nedsliten ska den bytas ut och övriga avvikeler åtgärdas.



Figur 7.13 Sondspets för DPSH-A.

Kontrollera att mellanläggen är hela och att några finns i reserv.

Rakheten hos stängerna ska kontrolleras en gång på varje ny undersökningsplats och åtminstone efter var 20:e sonderingsförsök på platsen. Efter varje undersökning ska en visuell kontroll av stängernas rakhet utföras.

Kontrollera fallhöjden och att slag utförs utan större friktion.



Figur 7.14 Detaljer av hejare och slagdyna med gummimellanlägg.

Kontrollera att giltigt kalibreringsbevis finns.

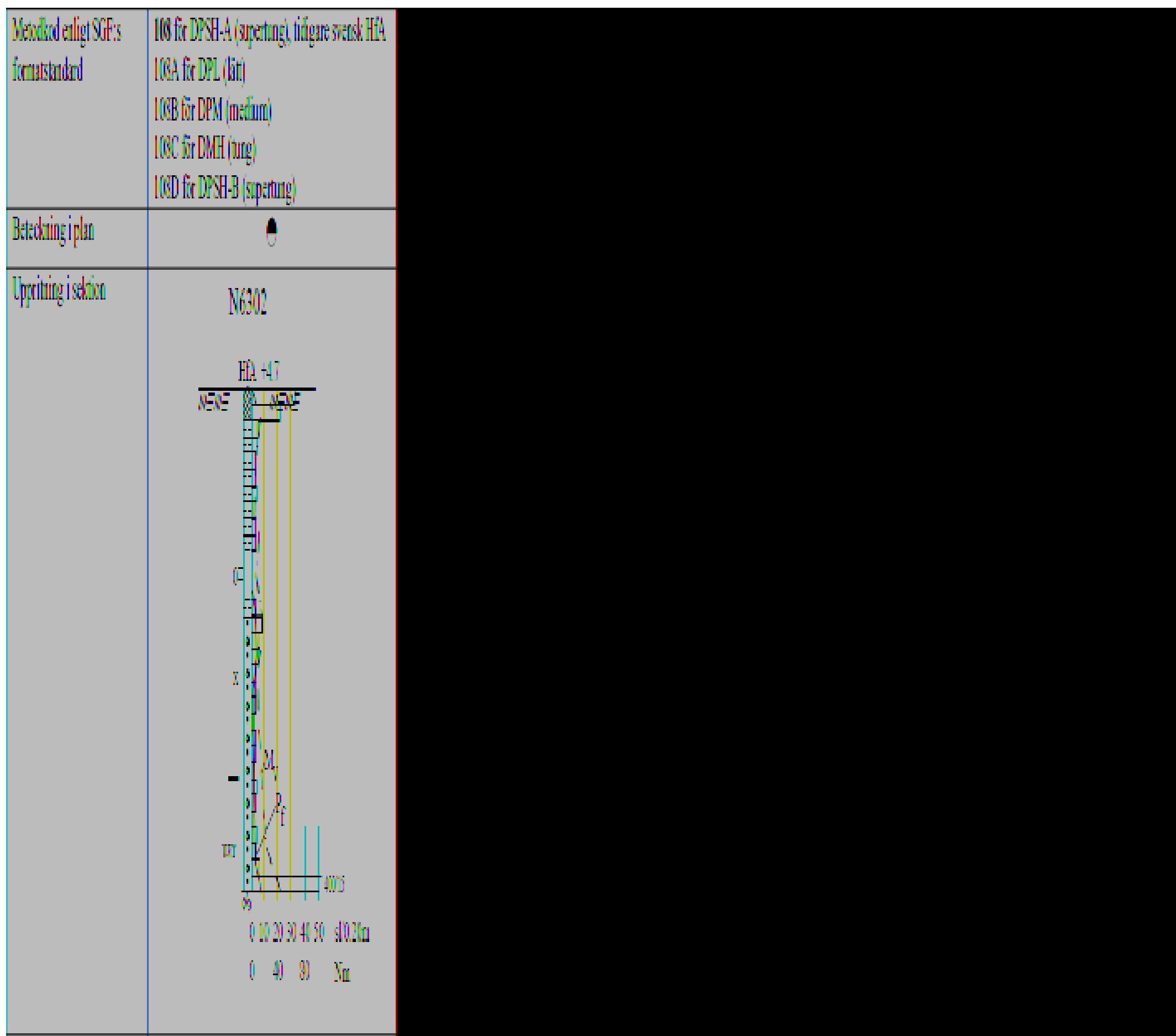
7.4.4 Utförande

Montera neddrivningsutrustning med sondstängerna i lod. Kontrollera att lutningen på utrustningen och hos sondstänger som sticker upp ovan markytan inte avviker mer än 2 % från vertikalen. Om detta inte är fallet ska hejarsonderingen avbrytas. Vid svåra grundförhållanden kan avvikeler på upp till 5 % tillåtas, men ska då noteras i protokoll. Fäst slagdynan med styrrör och två mellanlägg på sondstången.

Vid utförande av hejarsondering där stängerna är fria att röra sig sidledes, till exempel ovan vatten eller i foderrör, ska stängerna styras av stöd med låg friktion med högst 2,0 m inbördes avstånd för att förhindra böjning och utknäckning under neddrivningen.

Starta motorn och lyft hejaren 0,5 m. Slå ner sonden med konstant slagfrekvens som ska vara mellan 15 och 30 slag/minut.

Alla avbrott längre än 5 minuter under sonderingen ska noteras.



Tabell 7.9 Redovisning av hejarsondering.

Under neddrivningen ska sonden vridas 2 varv per 0,2 m sjunkning. Om sonderingsmotståndet är mindre än 5 slag per 0,2 m behöver sonden inte vridas annat än vid påskarvning av ny sondstång. När sonderingsmotståndet är större än 50 slag per 0,2 m, vrids stången 2 varv efter vart 50:e slag. Sondstången får inte vridas i själva slagögonblicket.

För att beräkna mantelfriktionen på stången ska maximalt vridmomentet mäts efter varje meters sondering, samt vid avslut av borrhål.

Sondering utförs till sondstopp eller till förbestämt djup som bestämts i samband med upprättande av undersökningsprogram och startmöte/fält. Sondstopp kan anses nådd vid 200 slag/0,2 m eller när 100 slag/0,2 m upprepats 5 ggr (1,0 m).

7.4.5 Kontrollpunkter under sondering

Kontrollera kontinuerligt under sonderingen att vridmomentet inte ökar drastiskt. Detta är en indikation på att sonden går snett och sonderingen kan behöva avbrytas.

Jämför kontinuerligt att antalet sondstänger överensstämmer med det sonderingsdjup som noterats i protokollet eller som registrerats i fältdatorn.

Studera om hejaren studsar vid stoppslagning. I så fall sker stoppet sannolikt mot berg eller block.

7.4.6 Redovisning

Redovisning av hejarsondering ska utföras enligt **Tabell 7.9** samt Kapitel 1.

7.4.7 Kalibrering av utrustningen

Kontroll av utrustning och mätinstrument ska utföras efter eventuell skada, överbelastning eller reparation och minst en gång varje halvår. Kalibreringsuppgifter ska förvaras tillsammans med utrustning. För krav och utförande av kalibrering hänvisas till standarden SS-EN ISO 22476-2.

Energiförluster inträffar t.ex. genom friktion mot hejare eller när hejaren stöter mot städet. Därför rekommenderas att den verkliga energi som överförs till sondstängerna bestäms för varje ny hejarsonderingsutrustning.

7.5 Viktsondering

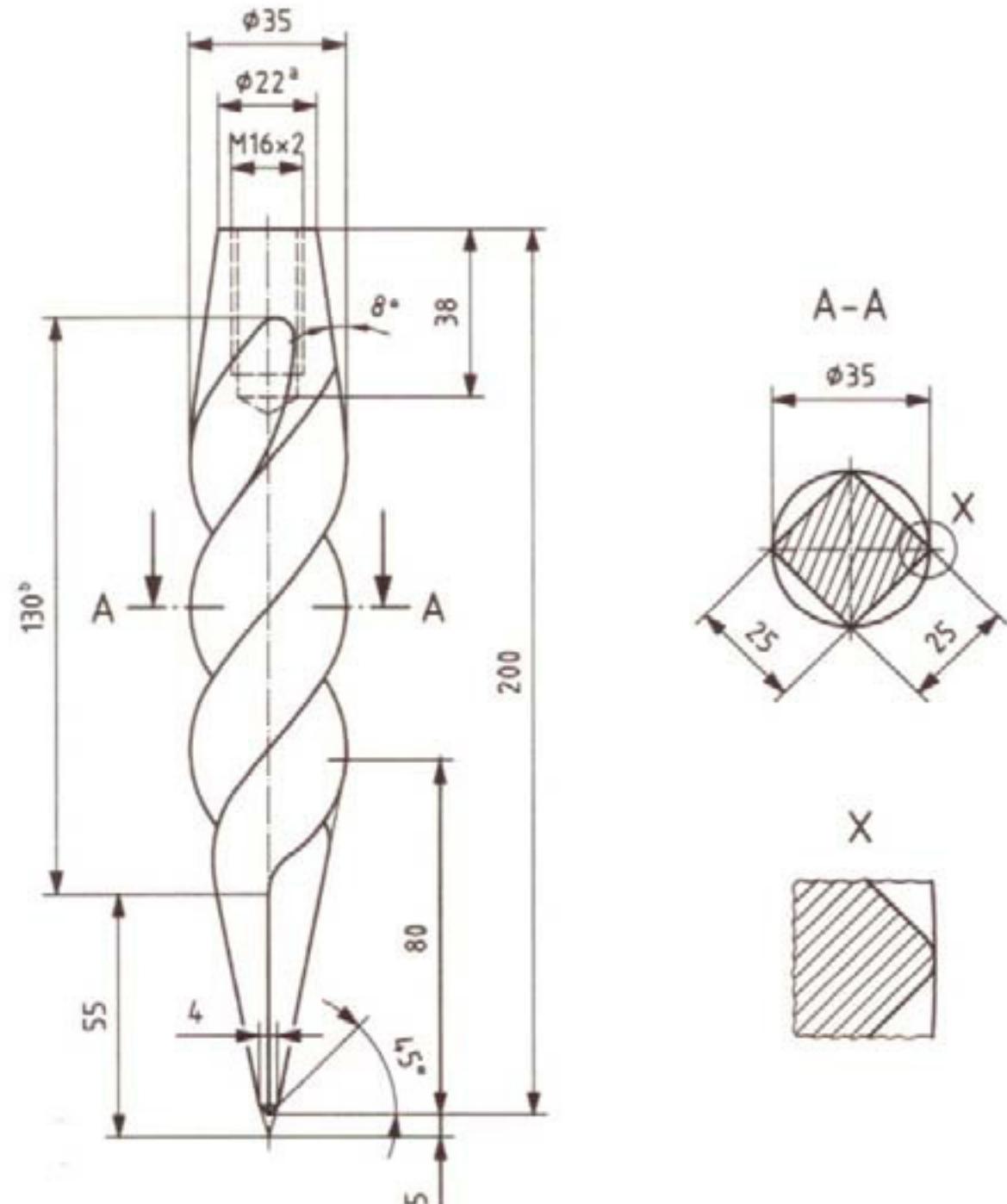
7.5.1 Beskrivning

Viktsondering är den äldsta svenska standardiserade sonderingsmetoden som togs fram 1917 av dåvarande SJ:s Geotekniska kommission. Metoden utfördes då helt manuellt men har sedermera också utvecklats för motordriven sonderingsutrustning.

Sonderingen kan idag enligt gällande standard SS-EN ISO/TS 22476-10:2005 utföras såväl maskinellt som manuellt.

Viktsondering pressas en skruvformad spets, se Figur 7.5, ned i jorden med belastning och vridning. Sondering utförs utan vridning när sonderingsmotståndet är mindre än 1 kN (100 kg). Om sonden inte sjunker för denna belastning vrids den och antal halvvarv registreras för 0,20 m penetration.

Viktsondering används huvudsakligen i lösa till medelfasta sten- och blockfatiga jordarter för bestämning av jordlagerföljd och relativ fasthet. Känsligheten är lägre än för andra sonderingsmetoder därstångfriktionen kan skiljas från det totala sonderingsmotståndet. För att minskastångfriktionen på stängerna genom ett fastare ytskikt kan förborrning eller foderrör användas.



n sondstänger
t varv till vänster: 130 mm

Figur 7.15 Geometrisk utformning av en viktsondspets med måttuppgifter.

7.5.2 Utrustning

Utrustning för viktsondering består av följande huvuddelar:

- Sondspets
- Sondstänger
- Neddrivningsutrustning

Sondspetsen är skruvformad och gjord av 25 mm fyrkantstål, 200 mm lång och spetsad på 80 mm längd samt vriden ett varv åt vänster. Omskrivande diameter för en ny spets ska vara högst 35,0 mm och minst 32,0 mm. Detta kontrolleras med hjälp av en för ändamålet framtagen rörtolk. Den maximala tillåtna förkortningen av sondens längd på grund av förslitning får högst var 15,0 mm.

Sondstänger till såväl manuell som maskinell viktsondering ska ha diameter 22 mm. Avvikelse mellan en stångs båda ändar får inte vara större än 1 mm/m för de nedersta 5 metrarna och 2 mm/m för de följande stängerna vid jämn krökning av stången.

Vid manuell viktsondering används en **viktsats** innehållande 2 st. vikter på 10 kg och 3 st. på 25 kg. Dessutom ska det ingå en klämma och svängel med massan 5 kg i viktsatsen.

Vid maskinell sondering ersätts viktsatsen med en mekaniskt eller hydrauliskt påförd last.

Maximal tillåten avvikelse för mätningskraften är $\pm 5\%$ av maxlasten (1 kN). Maximal tillåten avvikelse för djupregistrering är $\pm 0,1$ m.

7.5.3 Kontrollpunkter före utförande

- Kalibrering av mätvärdesgivare är giltiga enligt metodbeskrivning/standard/företagets kvalitetssystem.
- Kontrollera med tolk att sondspetsen inte är nedsliten. Om så är fallet ska den bytas ut.
- Kontrollera att sondstängerna uppfyller rakhetskravet.

7.5.4 Utförande

Förborra vid behov ett hål genom torrskorpelera, fyllning, eller tjäle. Detta är särskilt viktigt om mantelfriktionen har betydelse för resultatet. Avgörs i samband med uppdragsgenomgång före fältarbetets start.

Montera sondstänger med sondspets lodrätt i neddrivningsutrustningen. Nollställ djupmätare eller notera var på gejdern som sonderingen börjar.

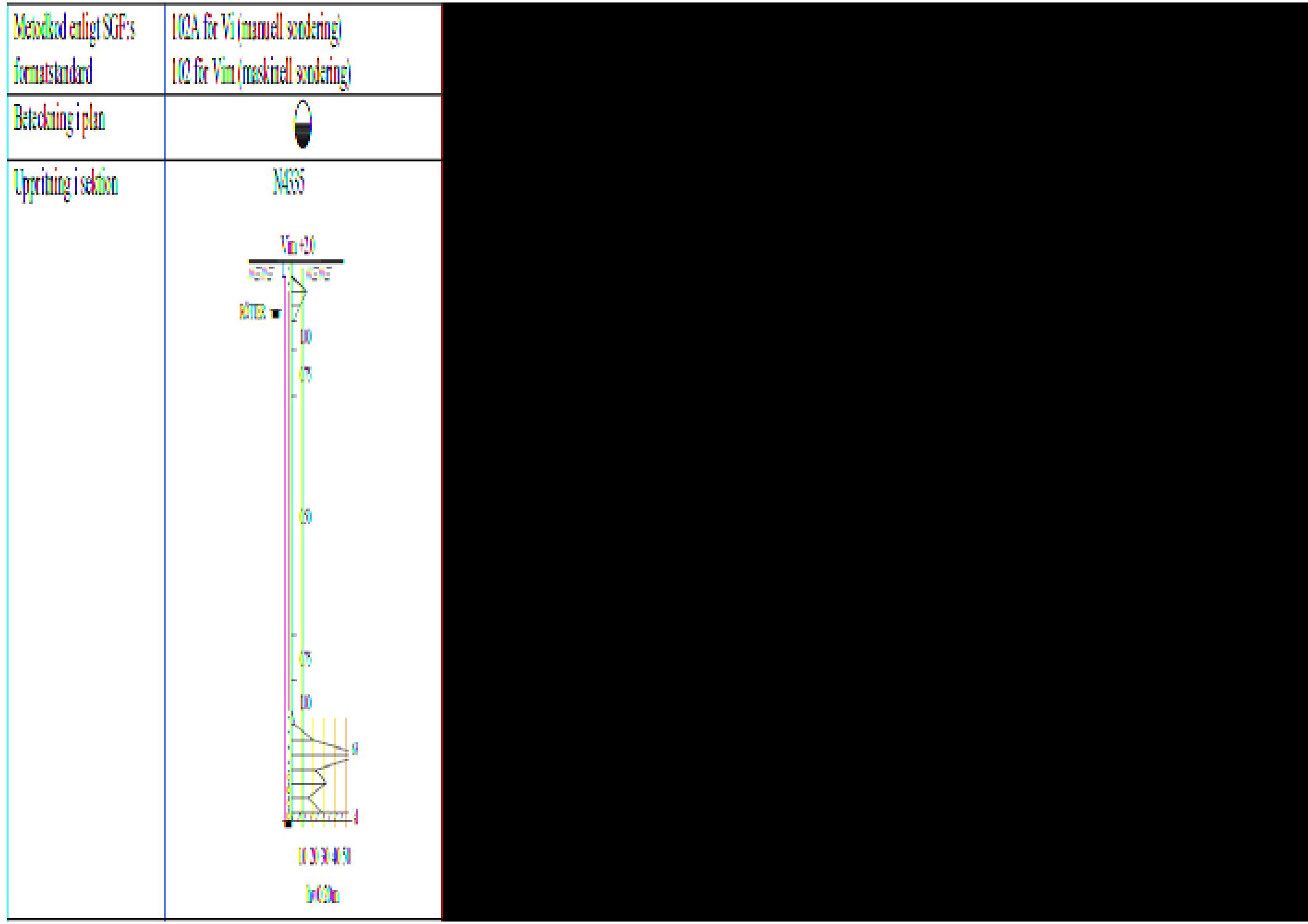
Belasta sonden med den minsta belastningen som behövs för sjunkning utan vridning (självsjunkning). Sjunkningshastigheten hålls inom gränserna 20 – 50 mm/s. Vid hastigheter under 20 mm/s ökas belastningen och vid hastigheter över 50 mm/s avlastas sonden.

Vid manuell sondering, notera belastningen i stegen:

0 - 0,5 - 0,15 - 0,25 - 0,50 - 0,75 - 1,00 kN

Belastningen protokollförs liksom det djup där den ändrats

Om sonderingsmotståndet överskider 1,00 kN vid lägsta sjunkningshastighet roteras sonden. Lasten 1,00 kN bibehålls och antal halvvarv för varje 0,2 m sjunkning antecknas.



Tabell 7.10 Redovisning av viktsondering.

Vid maskinell sondering är rekommenderat varvtal 60 halvvarv/min (30 varv/min). Varvtalet ska hållas mellan 30 och 80 halvvarv/min och får inte överskrida 100 halvvarv/min.

Vid hinder i jorden, där sonden inte sjunker för vridning, kan slagning eller tryckning med större kraft än 1,00 kN tillåtas tillfälligt. De delar där detta gjorts markeras med ”slag” i protokollet.

Sonderingen avbryts vid ett djup eller sonderingsmotstånd som bestämts i förväg i samband med uppdragsgenomgången.

Enligt praxis anses sondstopp nådd när minst 80 halvvarvs vridning erfordras under fem på varandra följande 0,2 meters intervall med tilltagande fasthet eller sjunkning vid 5 kN belastning understiger 5 cm under en halv minuts vridning.

7.5.5 Kontrollpunkter under sondering

Kontrollera kontinuerligt under sonderingen med maskinell utrustning att mätvärden registreras och att belastningen under vridning alltid ligger mellan 0,85 och 1,15 kN.

Jämför kontinuerligt att antalet sondstänger överensstämmer med det sonderingsdjup som noterats i protokollet eller som registrerats på datalogger.

Kontrollera att vibrationer från motorn hålls på så låg nivå att de inte påverkar det mätta neddrivningsmotståndet.

7.5.6 Redovisning

Redovisning av viktondering ska utföras enligt **Tabell 7.10** och Kapitel 1.

7.6 Mekanisk trycksondering

7.6.1 Beskrivning

Tidigare utfördes totaltrycksondering i Sverige med en pyramidformad spets försedd med en glappkoppling och en mekanisk registrering av såväl totalmotståndet som stångfriktion. Denna metod har nästan helt försvunnit från svenska marknaden, utan nu används istället en vriden spets (viktsondspets).

Det finns en europeisk fältstandard, SS-EN ISO 22476-12 (Mechanical Cone Penetration Test (CPTM)), som är en metod där också mantelfriktionen mäts. Denna metod har idag ingen spridning i Sverige och därför beskrivs inte den i detta avsnitt utan nedan följer en beskrivning av mekanisk trycksondering med vriden spets som inte är standardiserad men ändå har SGF gett ut ett Metodblad som ger en översiktlig beskrivning av metoden.

Syftet med metoden är att översiktligt kartera jordens lagergränser. Säkerheten i bestämningarna kan förbättras om kalibrering görs med spetstrycksondering. Utvärdering av jordparametrar görs inte.

7.6.2 Utrustning

Borrugg

Borrugg ska ha en sådan tyngd att den inte förflyttas i vertikal- eller horisontal under sonderingen.

Vridmotor

Vridmotorns kapacitet ska vara 15 till 200 varv/min.

Borrstål

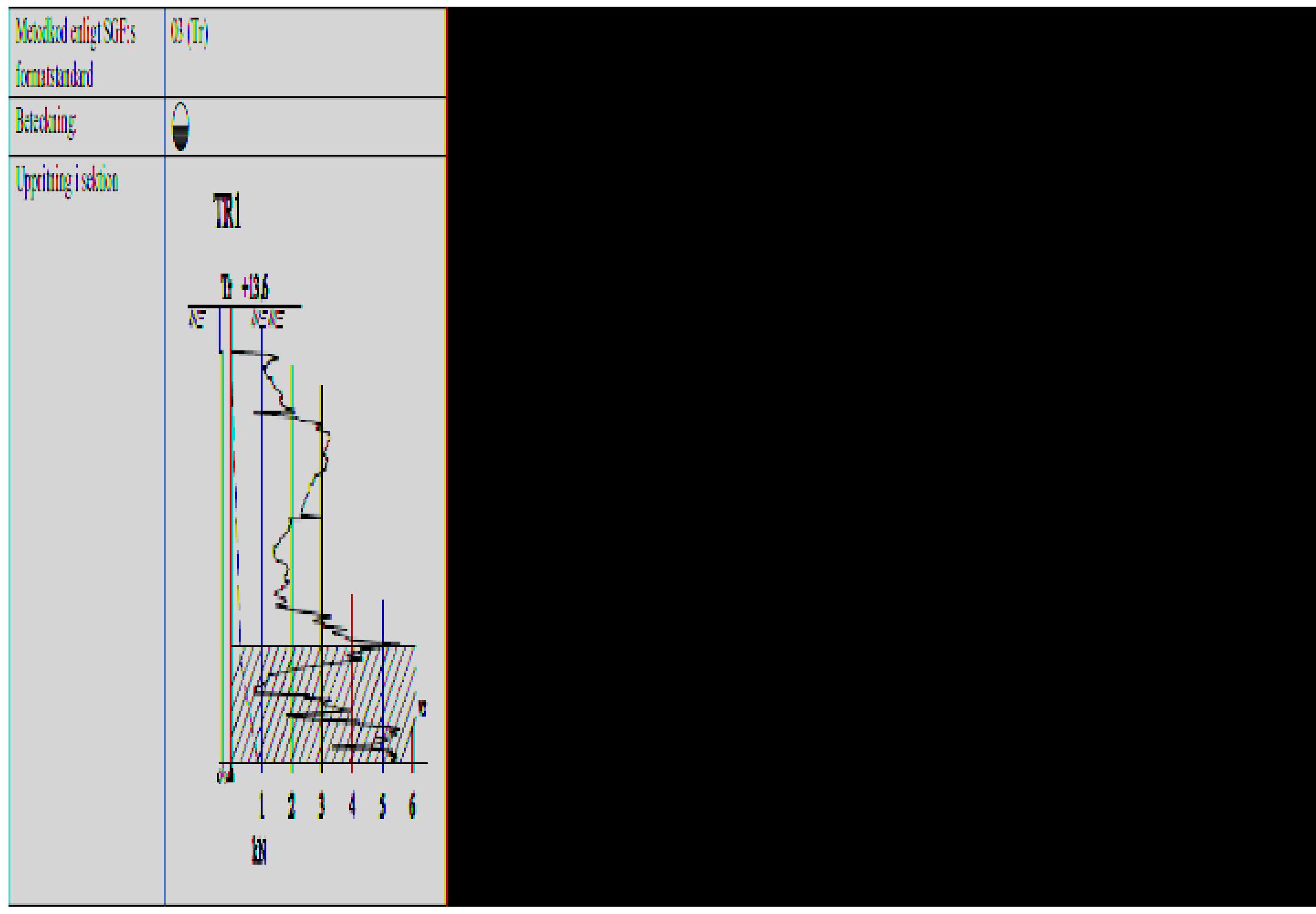
Stångdiametern ska vara 25 eller 32 mm utan utväntiga muffar. Använd stångdiameter ska anges på redovisning.

Maximal tillåten utböjning från en rät linje mellan stängernas ändpunkter för de nedersta 5 m borrstål är 1,0 mm/m i förhållande till en rät linje mellan ändpunkterna. Motsvarande krav för stänger högre upp är 1,5 mm/m. Kravet gäller även över skarvorna.

Spets

Sondspetsen skall utgöras av ett vridet fyrkantstål – viktsondsspets. Spetsens maximala diameter ska vara 35 mm vid stångdiameter 25 mm, respektive 45 mm vid stångdiametern 32 mm.

Kraven på spetsen framgår i tillämpliga delar under avsnitt 7.5 Viktondering.



Tabell 7.11 Redovisning av mekanisk trycksondering.

7.6.3 Utförande

Vid varje ny borrpunkt ställs borriggen upp stabilt så att den inte kan ändra sitt ursprungliga läge. Lodning och eventuell förankring av borriggen utförs. Maximal tillåten avvikelse från lodlinjen är 20 mm/m vid vertikala borrhål och motsvarande avvikelse vid lutande hål.

Sonderingen utförs med konstant sjunkningshastighet och i intervallet 20 – 50 mm/s. Vid skarvning av stänger roteras stängerna minst 2/3-dels varv för att minska risken för avvikelse i sidled. Valet av hastighet ska framgå av redovisningen.

För att få en uppfattning om storleken på mantelfriktion kan stängerna, vid skarvning av stänger, dras uppåt ca 0,5 m varvid uppdragningskraften registreras.

När sonderingen inte kan utföras ytterligare utförs även samtidig rotation. Rekommenderad rotationshastighet under vridningsfasen ligger i intervallet 30 – 60 varv/min.

När sonderingen inte kan drivas ytterligare kan den avslutas med slagning. Slagning kan utföras med eller utan tidsregistrering.

7.6.4 Redovisning

Redovisning av mekanisk trycksondering ska utföras enligt **Tabell 7.11 Kapitel 1.**

7.7 Tung slagsonderring

7.7.1 Beskrivning

Vid slagsonderring drivs sondstänger ner i jorden med en hammare. Under neddrivningen registreras nedslagningsdjupet samt sonderingsmotstånd som kan mätas under sonderringen och protokollförs.

Tung slagsonderring används för att kontrollera så kallat ”bergfritt djup”. Vid

registrering av motståndet erhålls också en relativ uppfattning om jordens fasthet men utvärdering av jordparametrar görs inte. Metoden är ej avsedd att användas för bestämning av bergnivå, då stopp mot bergyta inte kan verifieras.

7.7.2 Utrustning

Borrugg

Borrugg ska ha en sådan tyngd att den inte förflyttas vertikalt eller horisontellt under sonderingen.

Hammare

Beskrivningen omfattar endast toppslående hammare. Hammaren ska ha en slagenergi av minst 200 J med en frekvens av minst 1200 slag/min.

Vridmotor

Vridmotorns kapacitet ska vara 15 – 200 varv/min.

Borrstål

Stångdiametern skall vara 44 mm utan utvärdiga muffar, s.k. geostänger. Maximal tillåten utböjning från en rät linje mellan stängernas ändpunkter för de nedersta 5 m borrstål är 1,0 mm/m. Motsvarande krav för stänger högre upp är 1,5 mm/m. Kravet gäller även över skarvorna.

Spets

Sondspetsen ska vara rund med diametern minst 44 mm. Spetsen kan ha en konisk nedre del. Lämpliga spetsar kan utgöras av uttjänta Jb-kronor (fyrskär/stift). Spetsen bör ha en större diameter än borrstålen för att minska mantelfriktionen.

7.7.3 Kontrollpunkter före utförande

Vid varje ny borrpunkt ställs borriggen upp stabilt så att den inte kan ändra sitt ursprungliga läge. Lodning och eventuell förankring av borriggen utförs. Maximal tillåten avvikelse från lodlinjen är 20 mm/m vid vertikala borrhål och motsvarande avvikelse vid lutande hål.

7.7.4 Utförande

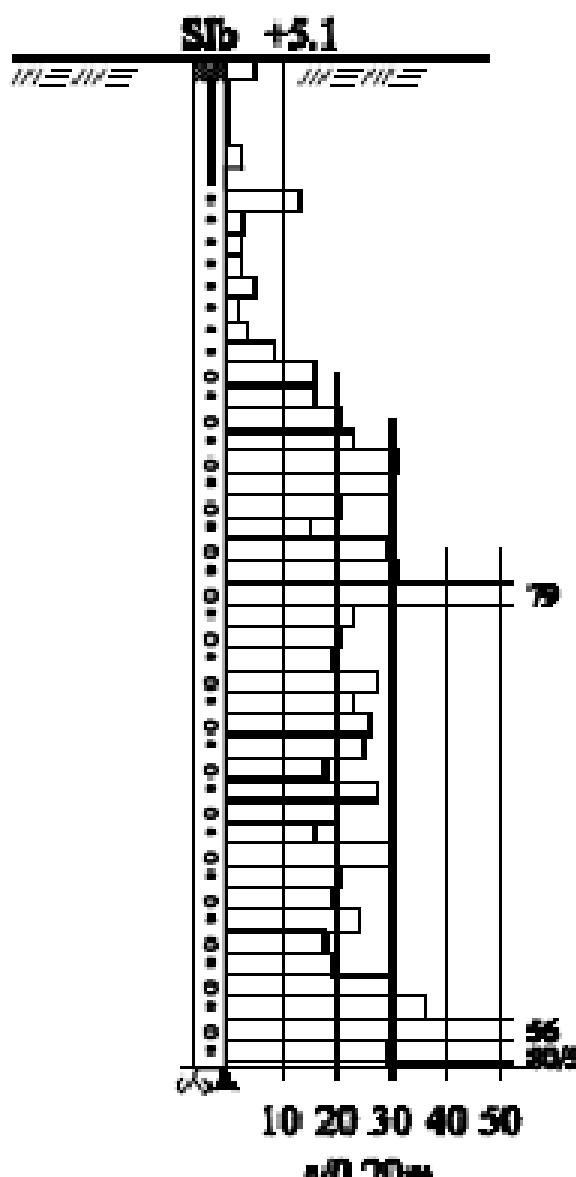
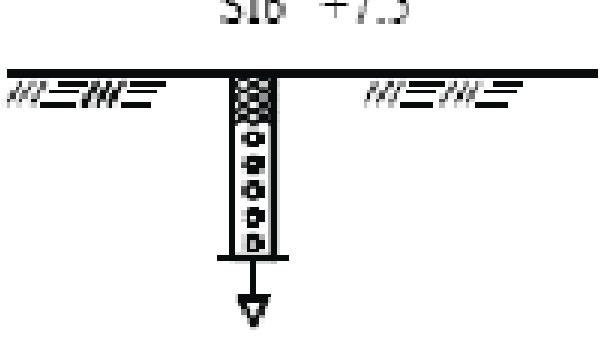
Sonderingen utförs med samtidig rotation och slagning med en minsta statisk last på 500 kg. Rekommenderad rotationshastighet är 15 – 40 varv/min. Slagfrekvensen ska minst uppgå till 1200 slag/min.

Under sonderingens gång rekommenderas det att registrering i fältminne eller protokoll görs av antal sekunder för 0,20 m penetration samt en bedömning av genomborrat jord- eller bergmaterial.

Sonderingen avbryts när avsett djup uppnåtts eller när sonden inte kan drivas vidare.

7.7.5 Redovisning

Redovisning av tung slagsondering ska utföras enligt **Tabell 7.12** och Kapitel 1.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	10 (Slb) med registrering 10A (Slb) utan registrering	
Beteckning:	<input checked="" type="radio"/> SLB (med slagregistrering) <input type="radio"/> SLB (utan slagregistrering)	
Uppritning i sektion	Med slagregistrering 	Utanslagregistrering 

Tabell 7.12 Redovisning av tung slagsondering.

7.8 SPT-sondering

7.8.1 Beskrivning

SPT-sondering har historiskt använts väldigt lite i Sverige, men utomlands används den i stor omfattning. I takt med att branschen blir mer internationell och utländska entreprenörer verkar i Sverige kan metoden bli mer efterfrågad.

Gällande standard för SPT-sondering är SS-EN ISO 22476-3.

SPT-sondering är en kombination av dynamisk sondering och provtagning. Sonderingsmotståndet bestäms punktvis på varje provtagningsnivå, normalt en gång per meter eller varannan meter. Vid sonderingen används en sondspets som är en delbar provtagare. Sondspetsen/provtagaren slås ner med en frifallshjälp i botten av ett förborrat borrhål. Antalet slag för 0,3 meters sjunkning protokollförs. Sondering kan också utföras utan provtagning och då förses spetsen med en massiv kon.

SPT-sondering används huvudsakligen som Hejarsondering med undantag av att slagning inte görs kontinuerligt och att prov kan tas ut från var slagningsnivå.

7.8.2 Utrustning

Utrustning för SPT-sondering består av följande huvuddelar:

- Sondspets (provtagare).
- Sondstänger med slagdyna, styrör och mellanlägg.
- Borrutrustning för håltagning.

- Neddrivningsutrustning.

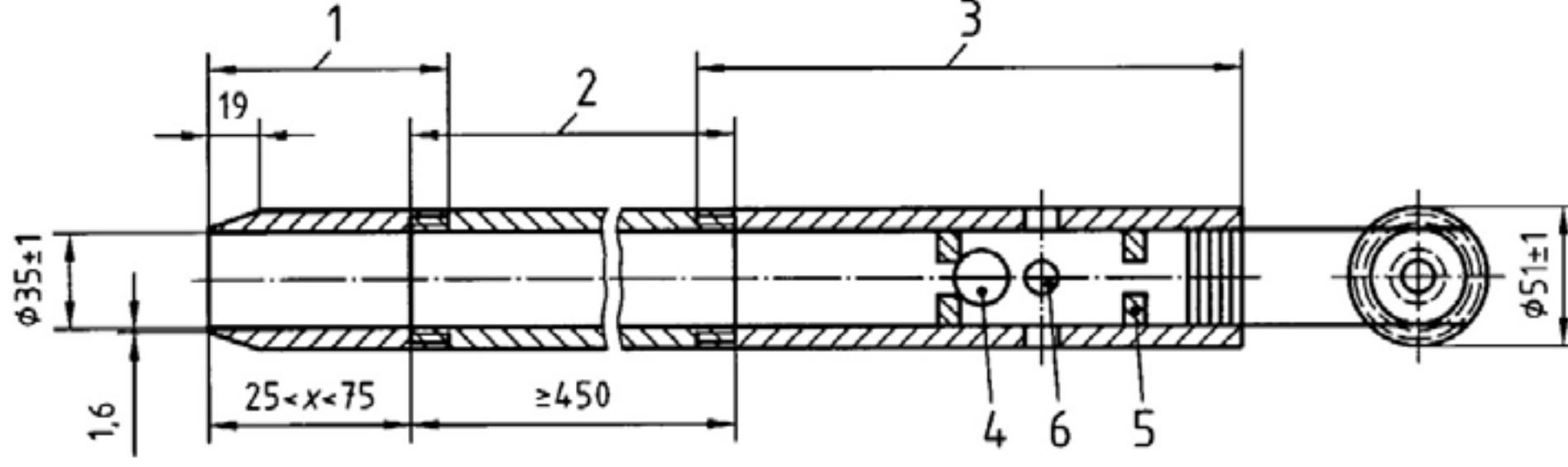
Sondspetsens (provtagarens) egg är av härdat stål med innerdiameter 35 mm ± 1 mm. Eggen får inte vara skadad eller vara större än provtagarens diameter. I mycket fast jord får eggen ersättas med massiv stålkon, 51 mm ± 1 mm och spetsvinkel 60°.

Sondspetsens (provtagarens) mellandel är delbar och har en innerdiameter på 35 mm. I kopplingen mellan spetsen och sondstängerna sitter en backventil som ser till att vatten och luft kan tränga ut under neddrivningen, men stängs då provtagaren dras upp. Detta förhindrar att vattnet eller borrvätskan trycker ut provet.

Sondstängerna ska ha en sådan styvhet att de inte böjer ut under neddrivningen och ha en massa på högst 10 kg/m.

I Sverige används normalt sondstänger med ytterdiameter 42 mm (standard-kolvborrör) eller hejarsondstänger med ytterdiameter 32 mm. Om borrhålet är djupare än 1 m ska borrstängerna stöttas i sidled på var tredje meter.

Neddrivning görs med **frifallshejare** monterad på en rigg. Hejarens massa ska vara $63,5 \pm 0,5$ kg massa och slagen ska överföras till sondstängerna via en fast monterad slagdyna. Fallhöjden ska vara 76 cm ± 3 cm. Friktionen mellan hejare och styranordning får inte reducera slagenergin hos den fritt fallande hejaren.



Figur 7.16 Sondspets med provtagare.

7.8.3 Kontrollpunkter före utförande

Kontrollera att sondspetsen (provtagaren) är ren och kan tas isär samt att eventuella provhylsor är hela och rena.

Före varje undersökning ska kontrolleras att dimensionerna på sondspets och övrig utrustning ligger inom de värden som anges i standarden. Är sondspetsen nedsliten skall den bytas ut och övriga avvikelser åtgärdas.

Rakheten hos stängerna ska kontrolleras en gång på varje ny undersökningsplats och åtminstone för var 20:e sonderingsförsök på platsen. Efter varje undersökning ska en visuell kontroll av stängernas rakhet utföras.

Kontrollera fallhöjden och att slag utförs utan större friktion.

Kontrollera att giltigt kalibreringsbevis finns.

7.8.4 Utförande

1. Förborra ett hål med maximal diameter 150 mm med augerborr eller foderrör ner till provtagningsnivån. Rensa borrhålet noggrant utan att jorden där störs. Vattennivån ska under hela borrningen hållas vid eller helst något över grundvattennivån så att inte uppluckring av jorden vid provtagningsnivån sker. Alternativt kan foderrörsborrning utföras eller så kan tung borrvätska användas för stabilisering av borrhålet.
2. Dra upp borren långsamt så att jorden vid försöksnivån inte luckras upp före neddrivning av provtagaren.
3. Sätt samman sondspetsen (provtagaren) och montera den på sondstången. Sänk ner sonden till borrhålets botten. Gänga fast en slagdyna på sondstången. Sondspetsen slås ned i två steg enligt följande.
 - 4a. **Förslagning.** Slå först ned sondspetsen (provtagaren) 0,15 m (inklusive sjunkning till följd av egenvikt) under borrhålets botten. Om 0,15 m nedträning inte kan åstadkommas efter 50 slag, avbryts slagningen och nedträningen efter 0 slag noteras.
 - 4b. **Sondering.** Slå ned sondspetsen (provtagaren) ytterligare 0,30 m i två serier om 0,15 m nedträngning.
5. Sonderingen avbryts om nedträningen efter 50 slag (eller 100 slag om massiv kon används) är mindre än 0,30 m.
6. Borrstängerna dras upp utan vibrationer i sondstången eftersom dessa kan medföra att provet störs eller tappas.
7. Provtagaren öppnas och provet tas ut och läggs i lufttät behållare. Denna förses med lock och etikett.

7.8.5 Kontrollpunkter under provningen

Kontrollera håltagningen så att jorden under hålbottnen inte störs. Om tendenser till bottenuppluckning märks ska vatten fyllas på i hålet och hållas över grundvattenytans nivå.

Se till att vakuum under borren inte uppstår vid upplyftning.

7.8.6 Redovisning

Redovisning av SPT-sondering ska utföras enligt **Tabell 7.13** och Kapitel 1.

7.8.7 Kalibrering av utrustningen

Maddad enlig SFS herrstandard	I21 för sökning med prototyper (SPT) I21B för sökning utan prototyper (SPT/C)	
Borttagning i plan	Sökning och prototyper	
	Endast sökning	
Upprinningsaktion	Enligt SS-EN ISO 22476-3.	

Tabell 7.13 Redovisning av SPT-sondering.

8. Provtagningsmetoder

8.1 Inledning

I detta kapitel behandlas provtagningsmetoder för geotekniska undersökningar av jord. För provtagning av jord och vatten för miljögeotekniska undersökningar hänvisas till ”SGF Rapport 2:2013 Fälthandbok, undersökningar av förorenade områden”.

Upptagning av jordprover för geotekniska laboratorieundersökningar görs för att bestämma jordlagerföljen och jordens egenskaper. Traditionellt indelas provtagningsmetoderna med hänsyn till provernas kvalitet i:

- **ostörd**, orörd jordlagerföljd och bibehållna mekaniska egenskaper.
- **störd**, orörd jordlagerföljd men förändrade mekaniska egenskaper.
- **omrörd**, förändrad jordlagerföljd och förändrade mekaniska egenskaper.

Vilken kvalitet som skall eftersträvas bestäms av ändamålet med provtagningen och av jord- och grundvattenförhållandena på platsen. För enbart **klassificering** kan störd eller omrörd provtagning användas. För bestämning av **hållfasthets-** och **deformationsegenskaper** på laboratoriet fordras ostörd provtagning. I friktionsjord kan ostörd provtagning normalt inte utföras, varför laboratorieförsök måste göras på störda, omrörda och inpackade prover.

Geoteknisk provtagning och hantering av prover regleras i:

- SS-EN-ISO 22475 Geoteknisk undersökning och provning – Provtagning genom borrhings- och utgrävningsmetoder och grundvattenmätningar – Del 1: Tekniskt utförande.
- SS-EN 1997-2 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Marktekniska undersökningar.

I dessa dokument indelas provtagningsmetoderna i:

- Kategori A i vilken prover av kvalitetsklass 1 till 5 kan erhållas
- Kategori B i vilken prover av kvalitetsklass 3 till 5 kan erhållas
- Kategori C i vilken endast prover av kvalitetsklass 5 kan erhållas

Beroende på kvalitetsklass hos proverna kan följande bestämmas i laboratoriet:

Vilken kvalitetsklass som verkligen uppnåtts i det aktuella fallet visar sig först då proven undersöks i laboratoriet. Slutlig bedömning av kvalitetsklass görs av handläggaren efter samlad information från både fält och lab.

Benämning av jord i samband med provtagning skall göras enligt SS-EN ISO 14688-1 (och eventuellt 2). Berg benämns enligt SS-EN ISO 14689-1.

8.2 Hantering av jordprover

8.2.1 Allmänt

Upptagna prover ska hanteras med försiktighet så att jordens egenskaper och

Egenskap	Kvalitetsklass				
	1	2	3	4	5
Lagerfördjupning	+	+	+	+	+
Skiktjordlek - grov	+	+	+	+	
Skiktjordlek - tunn	+	+			
Konsistens	+	+	+		
Vattenkot	+	+	+		
Densitet, densitetsindex, porositet, permeabilitet	+	+			
Konsistensgränser, komdensitet, organiskt halt	+	+	+	+	
Kompressibilitet, skjutvållfasthet	+				
Provtagningskategori	A	B	C		

Tabell 8.14 Möjliga bestämmningar beroende på provernas kvalitetsklass.

struktur inte förändras efter provtagningen. För att skydda proverna skall de förpackas i vattentäta och lufttäta påsar eller provhylsor. Förpackningen ska göras direkt vid själva provtagningen och proverna ska **märkas**. En **preliminär benämning** av proven ska också göras på plats. Till varje provtagningspunkt ska även ett **provtagningsprotokoll** upprättas. Detta skall innehålla obligatoriska uppgifter enligt kapitel 1 samt metodspecifika uppgifter enligt följande beskrivningar av de olika metoderna. Originalprotokollet skall följa med proverna till laboratoriet. En kopia av protokollet skall lämnas till ansvarig geotekniker vid uppdragsgenomgången och en kopia behålls av fältgeoteknikern.

På arbetsplatsen ska emballerade prover förvaras på skuggigt ställe och vintertid skyddas mot frysning. Om det finns risk för att emballaget inte är tätt bör proverna hållas fuktiga med våta trasor eller liknande. Ostörda prover bör efter arbetsdagen **förvaras svalt men absolut inte under frystemperatur**.

Proverna ska transporteras till laboratorium så snart som möjligt eftersom jordens egenskaper kan förändras med tiden. Transporten ska göras **varsamt** och proverna ska **även då skyddas mot uttorkning och frysning**. De får alltså inte utsättas för vare sig hög värme eller frost, varken på arbetsplatsen eller under transporten.

8.2.2 Ostörda prover

Prover som tagits med kolvprovtagare St I och St II förses omedelbart med mellanlägg av plast i ändarna och **tättslutande lock** sätts på provhylsornas ändar. Proverna placeras i speciella transportlådor som är isolerade och även dämpar vibrationer. Lådorna skall hållas stängda utom då nya prov sätts ned. På provtagningsplatsen skall de förvaras svalt och skyddas från direkt solljus samt vid behov även mot frost. Lådorna får inte ställas eller transporteras på en vibrerande borrvagn.

Proverna placeras i den ordning i lådan som visas på provtagningsprotokollet. Inget tomt utrymme får lämnas i lådorna under transport. Om inte tillräckligt många prover tagits för att fylla en låda skall återstående utrymme fyllas med de tomma provhylsor som levererats med lådan. Eventuella återstående tomrum som gör att provtuberna kan röra sin i lådorna fylls med trassel eller liknande mjukt material.

Proverna ska hanteras med största omsorg och får **inte utsättas för stötar eller vibrationer**. Under transport bör lådorna ställas på vibrationsdämpande underlag, till exempel skumplast. Om jorden bedöms vara högsensitiv eller kvick eller består av löst lagrad silt eller finsand bör proverna inte sändas med allmän

transport utan fraktas i lådan på ett mjukt säte i bil.

Ostörda prover som tagits med andra typer av provtagare hanteras på motsvarande sätt men med den förslutningsteknik som gäller för den aktuella provtagaren.

8.2.3 Störda prover

Störda prover som tagits med en utrustning som ger prover inneslutna i provhylsor eller provtagarrör, men som av olika anledningar inte uppfyller kraven för ostörd provtagning, hanteras som ostörda prover.

8.2.4 Omrörda prover

Omrörda prover som skall sändas till laboratoriet skall paketeras i dubbla plastpåsar med fast etikett. ***Proven från varje provtagningsnivå läggs i separata påsar*** inuti en yttre påse som innehåller delproven från varje provtagningspunkt. För att minska oxidation av proven bör onödig luft pressas ut innan påsarna tillsluts, dock utan att knåda proverna. De inre påsarna läggs i den ordning som visas på provtagningsprotokollet och märks med provpunkt, nummer, nivå och preliminär benämning. Även omrörda prover skall skyddas mot uttorkning och frysning.

8.2.5 Provmängd

Den provmängd som behövs beror av vilken typ av laboratorieundersökning som skall utföras på provet. För ostörda prover av finkornig jord är provmängden reglerad av provtagningsutrustningen och är, förutsatt att provtuberna är fyllda, normalt tillräcklig för de laboratorieundersökningar som kan vara aktuella. I speciella fall, som t.ex. då inblandning av stabiliseringssmedel skall göras på laboratoriet, kan det dock bli aktuellt med flera provtagningar på samma nivå vid samma provtagningspunkt.

Omrörd provtagning med olika provtagningsspetsar och kannprovtagare ger ofta relativt små prover och är ofta inte fyllda, varför en bedömning måste göras av om provet är tillräckligt för den bestämning som ska utföras. Vid provtagning, där materialet ska siktas för bestämning av kornstorleksfördelningen, måste också en bedömning göras så att provmängden räcker med hänsyn till hur grovt materialet är, se **Tabell 8.2**.

Största korndiameter, mm	Minsta materialmängd för siktning, kg
≤2	0,1
2,8	0,15
4	0,2
5,6	0,25
8	0,4
10	0,5
11,2	0,6
16	1,5
20	2
22,4	4
31,5	10
37,5	15
45	25
63	70
75	120

Tabell 8.15 Minsta Materialmängd för en siktning enligt SS-EN 1997-2.

De provmängder som krävs för olika typer av laboratorieförsök regleras i SS-EN 1997-2 Eurokod 7: Dimensionering av geokonstruktioner – Del 2: Mark-tekniska undersökningar.

Dessa provmängder är, bortsett från de allra finaste jordmaterialen, avsevärt större och ibland mer än dubbelt så stora som vad som tidigare krävts för geotekniskt bruk i Sverige. Detta medför mer arbete och större kostnader för transport och hantering. Ett vanligt syfte med kornstorleksanalys av grova material är dock att undersöka om de kan användas som ballastmaterial vid väg- och järnvägsbyggnation och de nya mängderna motsvarar bättre vad som krävs enligt TDOK 2014:0145

- Bestämning av kornstorleksfördelning genom siktningsanalys. Mer praktiska men mindre detaljerade råd för provmängder ges i Vägverkets publikation 2006:59 -Provgrupsundersökning. Överensstämmelserna är dock inte fullständiga och före provtagningen skall vara specificerat vilket regelverk och som skall gälla.

I vissa fall, som t.ex. då packningsförsök skall utföras krävs betydligt större prover och för finkornig jord kan också större prover behövas. Vilka provmängder som behövs vid störd provtagning bör därför alltid vara klart angivna innan provtagningen görs för att provtagningens syfte skall kunna uppnås. Exempel på provmängder som krävs för olika försök enligt SS-EN 1997-2 ges i **Tabell 8.3.**

Provning	Minsta materialmängd
Kornfördelning med sedimentation	100- 250 g (beroende på provningsmetod)
Korndensitet	100 g
Konsistensgränser	500 g (varav 300 g < 0,4 mm)
Packningsförsök	25 – 80 kg (beroende på provningsmetod)

Tabell 8.16 Exempel på minsta provmängd vid laboratorieprovning av störda prover enligt SS-EN 1997-2.

8.3 Ostörd provtagning

8.3.1 Kolprovtagare

Allmänt

Kolprovtagning med standardkolprovtagare är beskrivet i detalj i SGF Rapport 1:2009 – ”Metodbeskrivning för provtagning med standardkolprovtagare”. Nedanstående text är en mer allmän och starkt förkortad version av denna.

Vid kolprovtagning stansas ett *ostört jordprov* ut genom att en cylindrisk provtagare med en vass egg pressas ned i jorden. Det utstansade provet får en diameter på 50 mm och totala stanslängden är 700 mm.

Under neddrivning av cylindern till provtagningsnivån är öppningen till cylindern täppt av en inre kolv. Vid provtagningen låses kolven och hålls kvar på samma nivå medan cylindern och eggen pressas vidare och stansar ut jordprovet som fyller tre provhylsor inuti cylindern.

Kolprovtagning skall normalt inledas utan att någon slutare monteras i kolprovtagaren. I vissa fall, speciellt i siltig jord och kvickleror, kan det dock bli

nödvändigt att använda slutare för att hålla kvar provet i cylindern. Användningen av slutare skall begränsas till de fall då det är nödvändigt eftersom det medför ökad störning av provet.

Kolvprovtagning används framförallt för provtagning i lera och gyttja, men prover med god kvalitet kan även fås i silt och löst lagrad finsand, speciellt om dessa innehåller lera eller organisk jord. Vid provtagning i ren finsand krävs ofta speciell provtagningsteknik med förborrade stabiliseraade borrhål ned till provtagningsnivån.

Två typer av kolvprovtagare används i Sverige, **St I** och **St II**. De är oftast likvärdiga beträffande provkvalitet. Provtagare St II är dock ofta bättre för fast lera och vid provtagning från t.ex. flotte, eftersom den inte nödvändigtvis måste fixeras vid borriggen. Genom dess konstruktion underlättas också en jämn utstansning av provet, vilket är till fördel för provkvalitén. Om den finkorniga jorden överlagras av grövre fyllningar eller lager av grövre jord krävs att dessa förborras med foderrör eller eventuellt stabiliseras med en bentonitblandning. Vid provtagning under vatten fordras ofta foderrör genom vattnet. Provtagare St II kräver grövre foderrör än St I.

Utrustning

Kolvprovtagaren är nertill försedd med en egg (ett skär) som skall vara vass och oskadad samt vara ren och fri från rost. Inuti provtagaren finns tre stycken provhylsor, i vilka jordprovet förs in vid utstansningen, samt två korta ändhylsor. Provhyllorna är normalt av armerad plast och numrerade vid ena änden. Ändhylsorna kan vara av armerad plast eller mässing. Den undre ändhylsan kan bytas mot en hylsa av mässing som är konstruerad för att innehålla ett slutarbleck.

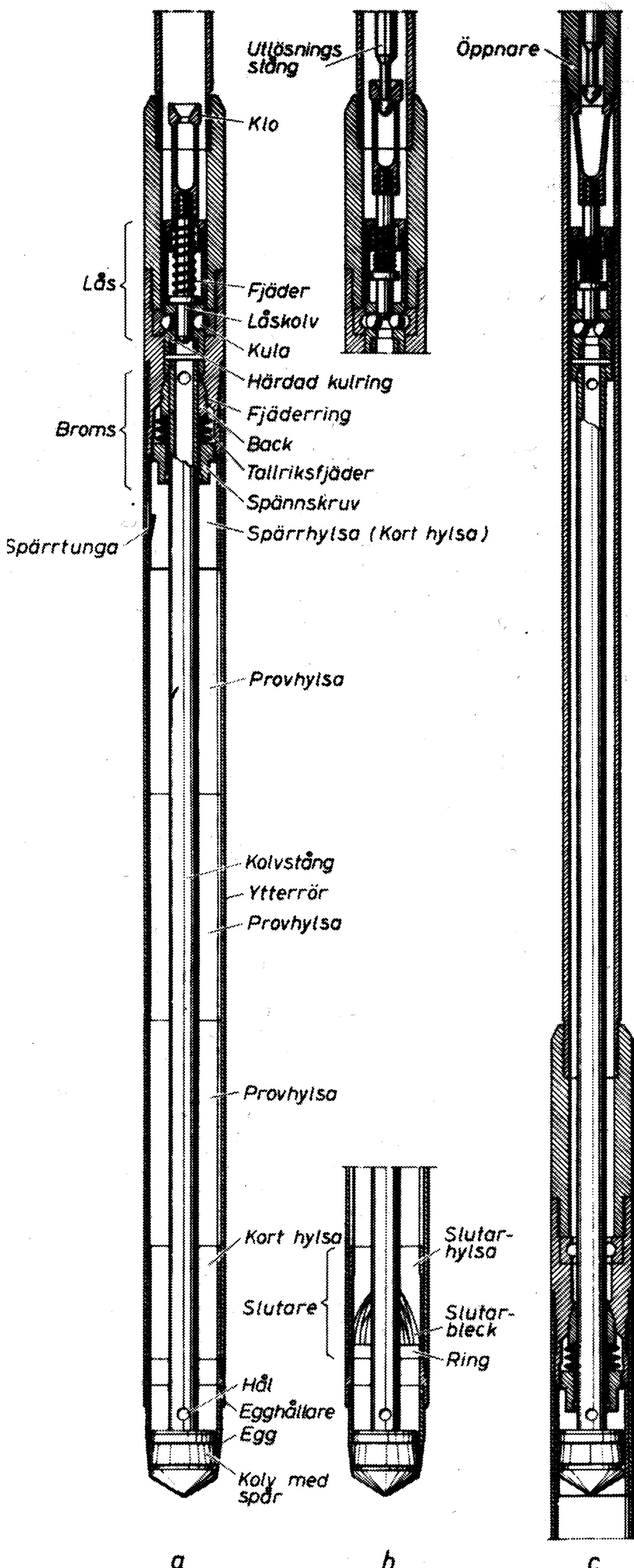
St I

Kolven är fastsatt i en kolvstång i form av ett rör med radiella hål i rörväggen så att luft och vatten ovanför kolven kan avgå uppåt genom kolvstången, **Figur 8.1.**

Den övre korta hylsan kan vara försedd med spärrtunga och är då tillverkad av stål. Spärrtungans funktion är att hålla fast hylsan vid kolven under uttryckningen av provhyllorna efter provtagningen. På detta vis förhindras att kolven trycker på jordprovet och uttryckningskraften överförs via hylsorna.

Det lås som fixerar kolven inuti och strax framför eggen under neddrivningen består av fyra härdade stålkulor som trycks in i ett spår i en härdad kulring av en låskolv. Låskolven pressas nedåt av en fjäder och hindrar låset att öppna sig. När låskolven dras upp kan kulorna röra sig inåt varvid kolvstången frigörs.

Kolvstången löper sedan inte fritt utan bromsas, främst för att den inte skall sugas ned eller trycka på proven vid uppdragningen efter provtagningen. Bromsen består av fyra bromsbackar, en fjäderring, sex tallriksfjädrar och en spännumutter. Backarna pressas mot kolvstången med hjälp av spännumuttern och tallriksfjädrarna. Bromskraften kan ställas in mellan några tiotal N och ca 2 kN (200 kp) och skall ökas efter behov och djup. En alltför hög bromskraft eller ojämn yta på kolvstången medför risk för en ojämnn utstansning.

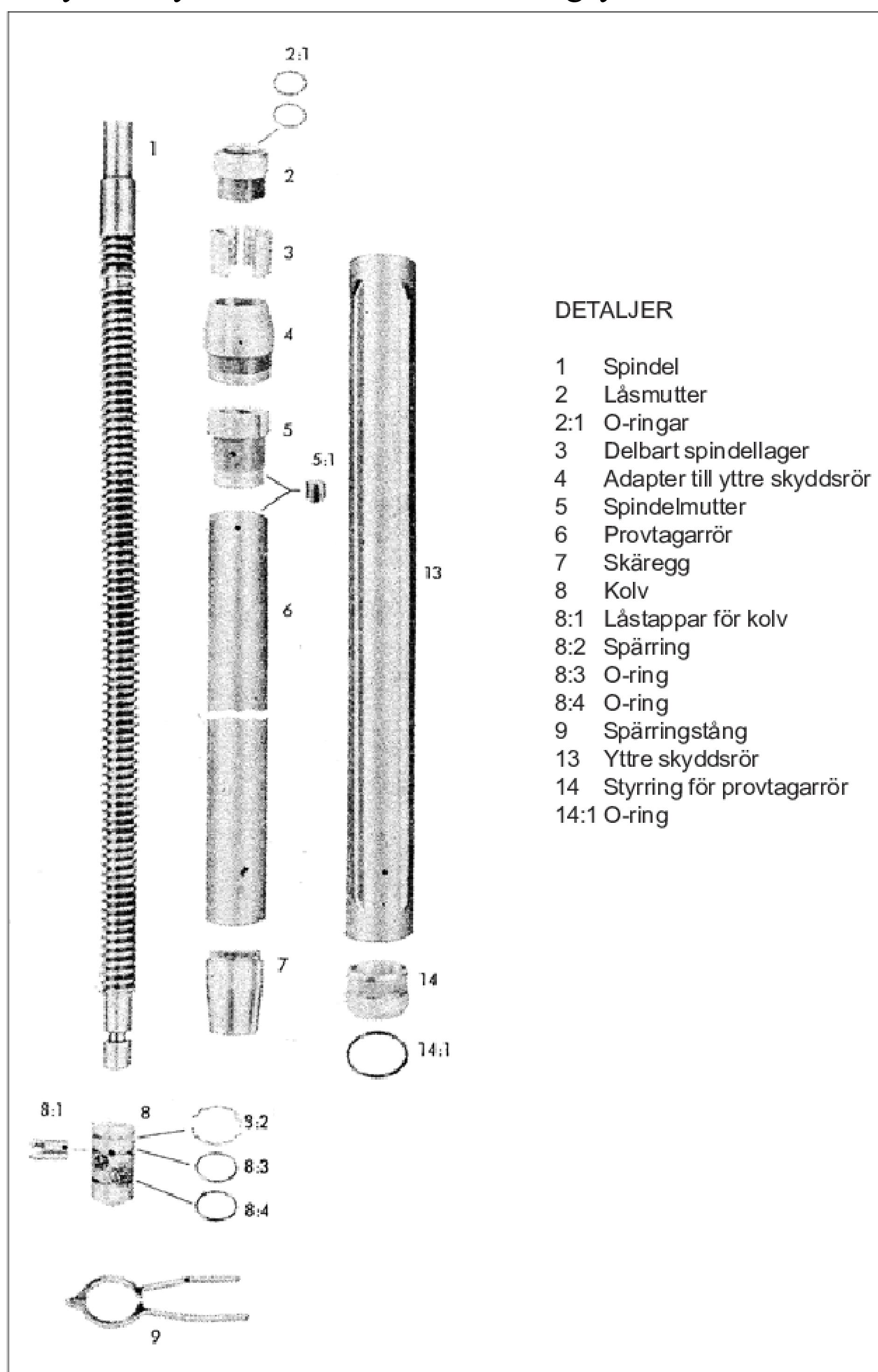


Figur 8.17 Konstruktion av provtagare St I.

De förlängningsrör och kopplingar som normalt används till St I har en utvändig diameter på 42 mm. Även andra rör kan användas men innerdiametern måste överallt vara tillräckligt stor för att släppa igenom utlösningsstången.

St II

St II skiljer sig från St I genom att provtagarröret (ytterröret) löper inuti ett utanpåliggande skyddsrör, **Figur 8.2**. Provtagnarröret är styrt så att det inte kan rotera i förhållande till det yttre skyddsröret utan bara skjutas in och ut ur detta.. Kolven sätts fast på en stång i form av en trapetsgängad spindel och provtagarrörets övre del är fastsatt i en mutter för denna stång. Luft och vatten ovanför kolven kan avgå genom ett hål i spindelmuttern. På provtagningsnivån fixeras det yttre skyddsröret av den omgivande jorden. Utstansningen av provet görs genom att stångsystemet och därmed spindeln roteras 70 varv, vilket medför att provtagarröret och eggen skjuts ut med stanslängden 700 mm. Vid provtagning i mycket lös jord kan en vinge monteras på provtagaren för att förhindra att det yttre skyddsröret roterar med stångsystemet.



Figur 8.18 Delar till provtagare typ St II.

Kolvborr St II är konstruerad för förlängningsstänger med utvändig diameter 32 mm.

Kontrollpunkter före utförande

- Kontrollera att utrustningen och hylsor är hela och rena samt att dimensionerna ligger inom godkänd tolerans (enligt SGF Rapport 1:2009).
- Kontrollera att eggen inte är skadad eller rostig.
- Kontrollera att kolven kan lösgöras med normal kraft (St I).
- Kontrollera att luftningshålet i provtagarrörets överdel är öppet (St II).

Utförande Förberedelser St I

Kontrollera bromsen och sätt i provhylsorna innan provtagningen startas enligt följande:

1. Skruva av egg och provtagarrör (ytterrör). För därför in utlösningstången, så att den grips av klon och dra växelvis i kolven och stången för att kontrollera att bromsbackarna börjar göra motstånd på kolvstången. Normalt behövs sedan ytterligare ett halvt varvs ansättning av skruven för att få lämplig bromsverkan.
2. Lösgör utlösningstången genom att dra upp kolven i sitt översta läge och kontrollera att låskolvarna fallit in i sina spår genom att försöka trycka kolven tillbaka. Se till att kolvpackningen är tät så att inte vatten kan rinna in och spola ur provet (gäller speciellt vid provtagning under vatten).
3. Sätt ihop utrustningen genom att skruva på provtagarröret och övergångsröret till förlängningsrören. Kontrollera att öppnaren för klon till utlösningstången ligger rättvänd i övergångsröret (om den inte är permanent fastsatt). Övergångsröret dras fast med rörtång medan provtagarröret dras fast med bandnyckel, **inte rörtång!** Sätt in hylsorna i ytterröret, först en övre korthylsa, därför tre provhylsor samt slutligen en nedre korthylsa. Provhylsorna förs in i stigande nummerordning (lägst nummer först) och med den numrera-

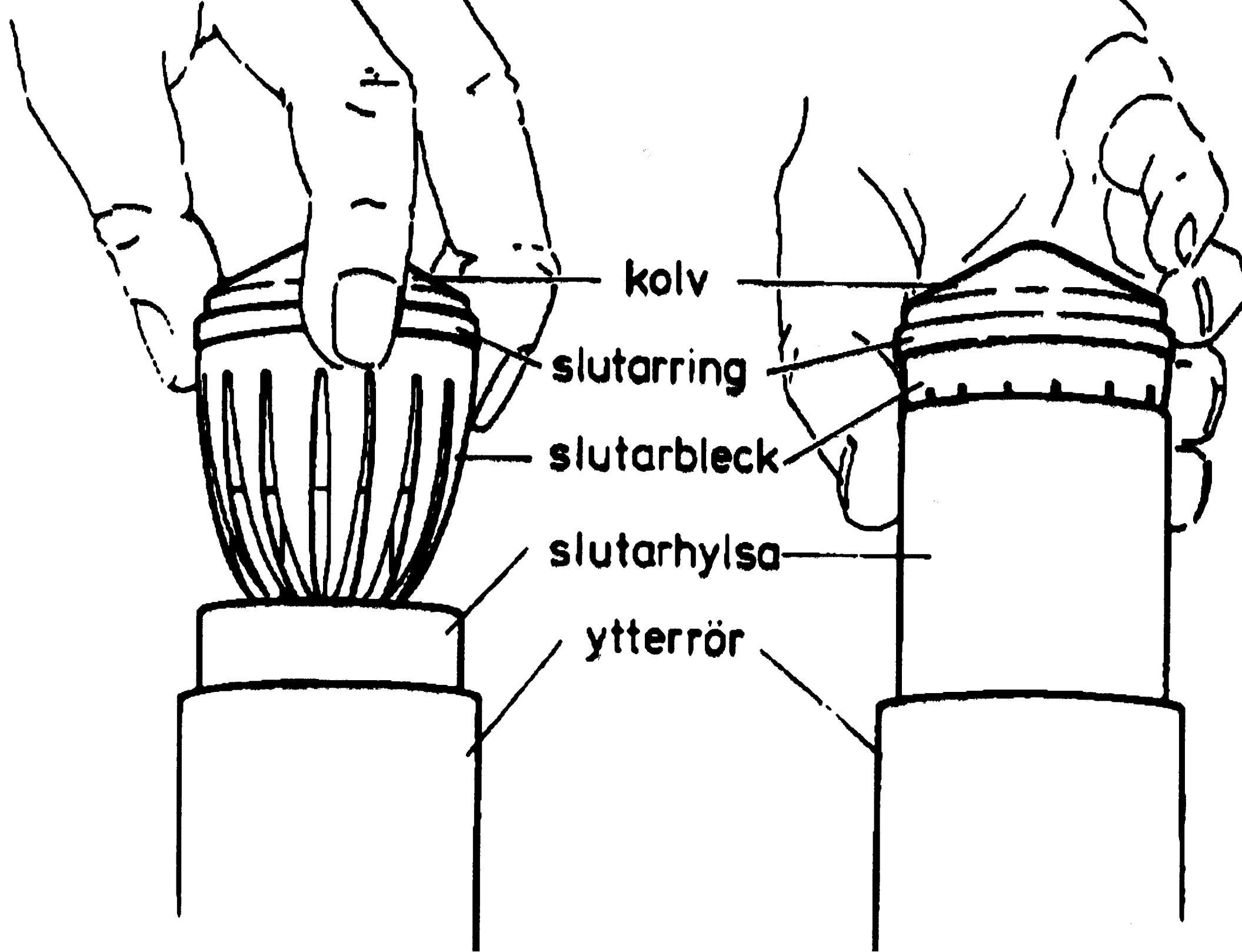


Figur 8.19 Provhylsorna placeras i provtagarröret med numren uppåt och i stigande nummerordning.

re änden först, **Figur 8:3.** Hylsnumren förs in i protokollet. Skruva på eggen för hand. Om detta inte är möjligt skall bandnyckel användas, ***inte rörtång!***

4. Om slutare skall användas (obs, prova först utan) monteras en speciell slutarhylsa istället för den nedre korta hylsan. Skjut in slutarhylsan i provtagarröret så att 1 à 2 cm sticker ut och trä slutarringen över kolven. Lägg därefter ett slutarbleck runt ringen med tungorna inåt provtagarröret. För slutarhylsan tillbaka så att blecket kläms fast mellan ringen och hylsan och sätt slutligen in slutaren i provtagarröret, **Figur 8:4.** (Observera att det finns två typer av slutare med tillhörande slutarhylsa, slutarring och slutarbleck: en med tjocka slutarbleck och en med tunnare. I första hand skall den för tunna slutarbleck användas. Delarna får inte blandas.)

5. Skruva fast eggen.



Figur 8.20 Montering av slutare i provtagare St I vid behov.

Förberedelser St II

Vridstångssystemet tills provtagarröret skruvas in till sitt ändläge i det yttre skyddsröret.

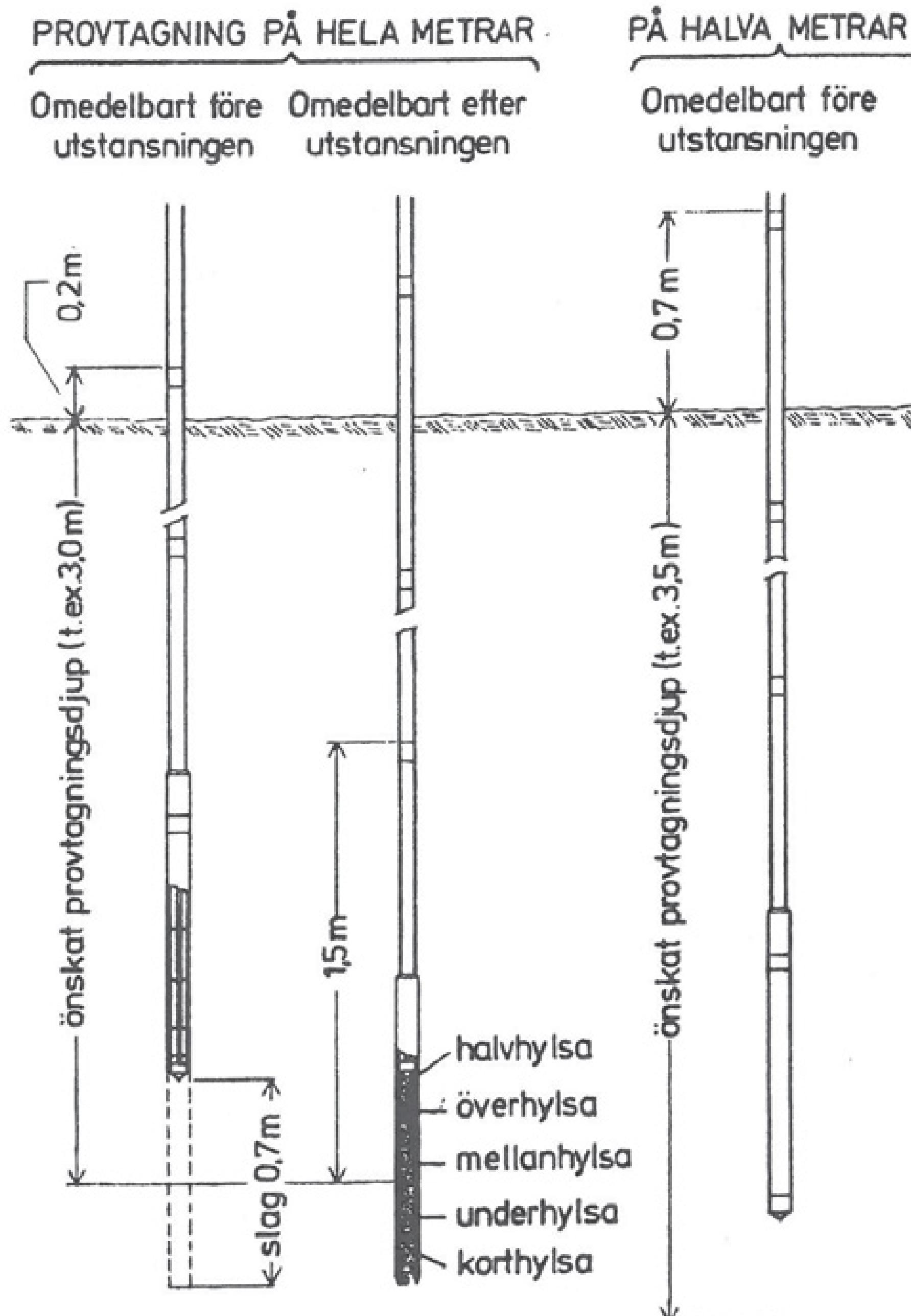
1. Skruva av skäreggen. Kontrollera att kolven och dess O-ringar sitter rätt och spärringen sitter rättvänd i sitt spår. Trä en korthylsa över kolven och trä den över spärringen med hjälp av specialtången för nedpressning av ringen i spåret. Skjut in halva hylslängden över denna ring.
2. Tryck in provhylsorna pressade mot varandra så att spärringen förblir nedpressad och kan passeras av de tre provhylsorna och den nedre korta hylsan (och senare eggen). Provhylsorna förs in i stigande nummerordning (lägst nummer först) och med den numrerare änden först. Hylsnumren förs in i protokollet. Montera skäreggen.
3. Om slutare skall användas (obs, prova först utan) monteras en speciell slutarhylsa istället för den nedre korta hylsan. I detta fall tas kolven bort innan hylsorna förs in och en montagehylsa används för att den monterade slutaren skall kunna passera kolvstångens nedre del utan att blecket hakar i. Efter att alla hylsor förts in monteras kolven igen. Skäreggen träs sedan över kolven och dess spärring med hjälp av specialtången för nedpressning av den senare.

Därefter skruvas eggen fast. (Observera att det finns två typer av slutare med tillhörande slutarhylsa, slutarring och slutarbleck; en med tjocka slutarbleck och en med tunnare. I första hand skall tunna slutarbleck användas. Delarna får inte blandas.)

Neddrivning

Neddrivning utförs normalt med borrvagn. Neddrivning skall, de närmaste 1,5 metrarna över provtagningsnivån, (dvs. den sista metern innan utstansningen påbörjas), göras långsamt. Maximal hastighet är där 20 mm/sekund. ***Vid neddrivning av St II fårstångssystemet inte roteras.***

Provtagningsdjupet räknas från markytan eller annan referensnivå till skarven mellan den nedersta och mellersta hela provhylsan i läget efter utstansning. Vid provtagning på jämnad meterdjup påbörjas utstansningen med provtagare St I då överänden av en skarv på förlängningsrören befinner sig 0,2 m över referensnivån, **Figur 8.5.** Önskas prov på jämnad halvmetrar skall skarven befina sig 0,7 m över referensnivån (om ordinarie stångsystem med 1 m långa förlängningsrör och stänger används). Vid provtagning med provtagare St II är



Figur 8.21 Start av provtagning på hela och halva metrar med provtagare St I.

motsvarande mått att skarven mellan förlängningsstängerna skall vara i nivå med markytan respektive 0,5 m över denna (om vanliga 1 m långa förlängningsstänger används).

Provtagning St I

1. Sänk ner utlösningsstången i förlängningsrören tills den når och fastnar i klon. Sträck därefter kedjan (stängerna eller vajern) till utlösningsstången och dra upp ca 20 mm så att fjädern i låset trycks ihop och låset öppnas. Lås sedan utlösningssystemet med låsanordningen ovanför förlängningsrören.
2. Driv ner förlängningsrören så att provet stansas ut. Utstansning av provet skall ske med jämn och långsam hastighet, ca 10 mm/s. Kontrollera att utrustningen inte fjädrar under utstansningen. Då klon når sin öppnare och börjar pressas isär kan detta ofta observeras som en ökning i dragkraften i utlösningssystemet. När kolven lösgörs skall nedpressningen omedelbart avbrytas så att provet inte komprimeras.
3. Sedan provet stansats ut ska man vänta minst 5 min, varvid vidhäftning mellan prov och hylsa vanligen ökar. I kvicklara krävs längre väntetid och normalt rekommenderas då minst 10 min väntetid.

Provtagning St II

1. Utstansningen görs genom att förlängningsstängerna roteras med noggrann räkning av varven och en hastighet av 1 varv/sek. Efter 70 varv erhålls ett tydligt stopp och utstansningen är klar. Ingen vidare rotation eller nedtryckning får ske därefter.
2. Sedan provet stansats ut bör man vänta cirka 5 min varvid vidhäftning mellan prov och hylsa vanligen ökar. I kvicklara krävs längre väntetid och normalt rekommenderas då 10 min väntetid.

Uppdragning

Uppdragning av kolprovtagaren skall göras långsamt, med jämn hastighet och utan ryck eller vibrationer för att minska risken att störa eller förlora provet. Under den första metern av uppdragningen skall hastigheten inte vara högre än 10 mm/s.

Tillvaratagande av prov

Provtagare St I : Placera provtagaren horisontellt. Lossa eggen och ta bort provtagarröret med iliggande provhylsor med bandnyckel. Placera provtagarröret horisontellt i uttryckningsfixturen och montera avskärningsfixturen på rörets tidigare nedre ände.

Provtagare St II: Placera provtagaren horisontellt på t.ex. en rörbock och spänn fast den. Montera avskärningsfixturen på rörets tidigare nedre ände.

Provhyllorna pressas ut försiktigt. För provtagare St II görs detta genom att förlängningsstången roteras motsols. Var noga med att inga skador uppstår på provet genom vridning eller dragning.

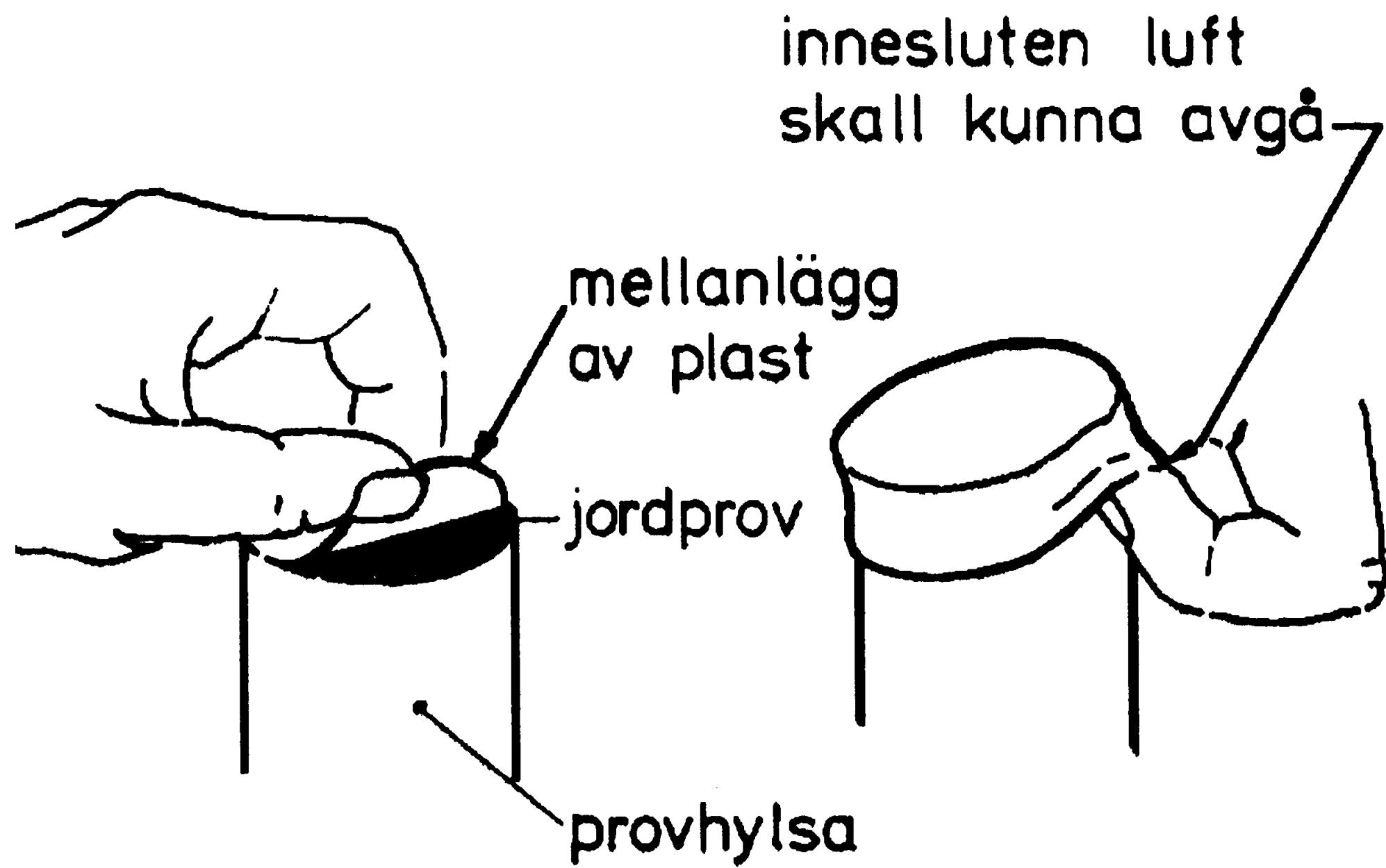
Provet skärs av med trådavskärare i skarvarna mellan hylsorna allteftersom dessa kommer ut ur provtagarröret. Vid avskärningen skall den hylsa som skall skäras loss vila i avskärningsfixturen och efterföljande hylsa ligga i och bara sticka ut en kort bit ur provtagarröret, **Figur 8:6**.

Provets ändytor inspekteras och provhyllorna skall omedelbart förses med

mellanlägg av plast i ändarna och lock, **Figur 8:7**. Innan locken sätts på torkas hylsornas utsida ren så att gummilocken sedan sluter tätt.



Figur 8.22 Uttryckning och avskärning av provhylsor.



Figur 8.23 Förslutning av provhylsor.

Om ett prov inte fyller hylsan läggs ett plastmellanlägg på provets yta, och hylsan fylls sedan med jord. Fyllningsmaterialet tas i första hand från innehållet i eggen eller de korta hylsorna. Om ifyllning görs antecknas detta i protokollet med angivande av vilken ände av provhylsan som fyllts i och över vilken längd från änden som ifyllning gjorts.

Om inget prov kommit upp, eller provmängden är för liten, får provet på nivån tas om i ett parallellt hål på minst 2 m sidovidstånd. Provtagningsmetoden änd-

ras då till att använda längre väntetid mellan utstansning och uppdragning, slutare eller båda dessa åtgärder. Samtidigt bör kolvens tätning med O-ringar ses över.

Om ett prov inte helt fyller provhylsans tvärsnitt antecknas även detta.

En preliminär benämning av jorden i provtuberna görs med ledning av vad som kunde observeras i ändytorna efter avskärningen. Benämningen underlättas om det material som finns kvar i eggen och den nedre korta hylsan snittas upp på längden efter att det tryckts ut. Man kan då t.ex. observera om jorden är varvig.

Om materialet i eggen och/eller den nedre korthylsan skiljer sig från vad som syntes i änden på den undre provhylsan skall även detta material tas till vara i en tydligt märkt plastpåse.



Figur 8.24 Noggrann rengöring av utrustningen är viktig vid kolvprovtagning.

Efter varje provtagningsnivå skall kolven, eggen, korthylsorna och eventuell slutare rengöras noggrant före montering inför provtagning på nästa nivå. Eggen inspekteras så att inga skador uppstått under provtagningen. Även andra delar där kvarvarande jord och annat material kan verka negativt på funktion och provtagning görs rena, **Figur 8.8**.

Protokoll

På protokoll från kolvprovtagning ska följande uppgifter noteras:

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
- Typ av provtagare.
- Dimension, diameter och längd.
- Provtagningsklass.
- Neddrivningssätt.
- Försöksdjup.
- Prov / hylsa nr.
- Preliminär jordartsbedömning.
- Djup till fri vattenyta i provtagninghålet.

Därutöver skall anmärkningar av betydelse för bedömning av provets kvalitet anges med följande kodning:

DProv är påtagligt stört och endast användbart för benämning
Es Eggen skadades vid provtagningen.

HeHejning utförd i samband med utstansningen av provet (Får normalt inte användas, ange antal slag)

Kr Kolvstången har rör sig under utstansning (utlösningsanordningen slaknat, St I).

Ky Provet troligen utsatt för frost.

Sb1 Tunt slutarbleck använt.

Sb2 Tjockt slutarbleck använt.

S1 Provet utsatt för slag eller stötar.

Sp Provet taget i botten av spadborrhål.

Skr Provet taget i botten av skruvborrhål.

Ss Särskilt stor kraft vid stansning.

Ud Ifyllning av hylsans underdel, längd i mm.

Öd Ifyllning av hylsans överdel, längd i mm.

ø Provet fyller inte hylsans diameter.

Provtagningsprotokoll				Ostörd provtagning	
Uppdragsnummer 7178090	HJ Uppdrag Fälthandboken	KP Undersökningspunkt FH-1			
Positionering/innmätning Sekti: — HH Borrigg GM 100		Mäts i annan ordning <input type="checkbox"/> Se separat plan <input type="checkbox"/> Se skiss Sida: — HVHL Z: +10 HZ		Datum 120601	KD
		Utrustning Geomek	Utförande på vatten <input type="checkbox"/> Ja, se separat prot.	Utförd av S.G.F	HQ
Provtagningskategori <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	Ny	Typ av provtagare <input type="checkbox"/> OS-T/W <input type="checkbox"/> OS-TKW2 <input type="checkbox"/> PS-T/W <input type="checkbox"/> PS-TKW <input type="checkbox"/> LS <input type="checkbox"/> Kv(SII) <input checked="" type="checkbox"/> Kv(SIII)			
Foderrör (m) —	Foderrör (φ) —	Aterfyllning (mtrl) —	Djup vattenytan i borrhål HG —		
Förborrning (m) 1 m	HO	Neddrivning <input checked="" type="checkbox"/> Statisk <input type="checkbox"/> Dynamisk <input type="checkbox"/> Rotation <input type="checkbox"/>			
Protokoll					
Djup	Slutare	Prov/hylsa nummer	Preliminär jordartsbedömning	Anmärkning	
2,0	<input type="checkbox"/>	Ø 2567	C1		
	<input type="checkbox"/>	M 2670	C1		
	<input type="checkbox"/>	U 3100	C1		
3,0	<input type="checkbox"/>	Ø 2470	C1		
	<input type="checkbox"/>	M 3210	C1		
	<input type="checkbox"/>	U 3340	C1		
5,0	<input type="checkbox"/>	Ø 1642	Si C1	Öd 15 cm	
	<input type="checkbox"/>	M 2810	Si C1	D	
	<input type="checkbox"/>	U 3040	C1 Si	D	
	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>				
	<input type="checkbox"/>				
Avbrott under arbetet, avvikelse från standard, kommentarer, markskada mm					
Provtagning utförd enligt SS-EN 1997-2 samt metodbeskrivning. NFG 2010		Filnamn - digitalt provtagningsresultat FH 1		GW-rör eller Pp installerat <input type="checkbox"/> Se separat protokoll —	
				Se baksida <input type="checkbox"/>	

Figur 8.25 Exempel på ifyllt protokoll från kolprovtagning.

Ett exempel på ett provtagningsprotokoll visas i **Figur 8:9**. Originalt till provtagningsprotokollet ska medfölja provlådan till laboratoriet tillsammans med en ifylld checklista som tagits fram av SGFs laboratoriekommitté.

Vård av utrustning

Kolvprovtagare St I och St II är tillverkade med mycket små toleranser. För att provhylsorna skall ligga still i provtagarröret är toleransen mellan hylsornas ytterdiameter och rörets innerdiameter liten. Detta medför att rörets insida och hylsorna måste vara rena och röret fritt från rost för att hylsorna skall kunna glida in och ut. Motsvarande är toleransen mellan provtagarröret och det yttre skyddsröret i St II så liten att rörens utsida respektive insida skall vara fria från rost och hanteras så att inga formförändringar uppstår på grund av slag eller klämning. Kolvstången i St I måste vara ren och slät för att bromsen ska fungera med jämn kraft. Luftningshålen ovanför kolven måste vara rena så att luft och vatten kan avgå då kolven passerar genom provtagaren vid utstansningen. Provtagarna har ett antal tätningar med O-ringar som måste vara hela och rena, bortsett från fett, för att fungera. Provhylsorna och eggen måste vara rena och släta invändigt för att provet skall kunna passera med ett minimum av störning m. m.

Allt detta medför att utrustningen måste vårdas, gås igenom och kontrolleras med jämna mellanrum och i görligaste mån hållas ren under användningen. Efter en provtagningsomgång måste den rengöras noggrant, få förslitna eller skadade delar utbytta, oljas och fettas in och rotskyddas under förvaring inför nästa provtagningsomgång. Före start av nästa provtagning torkas egg och provtagarrör rena. Under all hantering skall det undvikas att den utsätts för slag och vid montering, demontering och fixering skall noggrant ses till att den inte utsätts för klämkrafter på fel ställen och att för utrustningen avsedda bandnycklar används för känsliga delar. Rörtänger och skruvstäd får endast användas för mer massiva detaljer där inte heller ytjämnheten har någon betydelse.

8.3.2 Provtagare med öppna rör Torvprovtagare typ SGI

Allmänt

Standardkolvprovtagare har för liten diameter för de relativt stora partiklarna i torv och kolvprovtagare kan inte tryckas ned utan att komprimera en stor del av den underliggande torven. En provtagare för att ta ostörda prover av torv har utvecklats av SGI. Provtagaren är helt öppen och saknar inre provhylsor.

Utrustning

Provtagaren består av ett plaströr av polyeten (vanligt avloppsrör) med en inre diameter av 100 mm och 5 mm godstjocklek. Rörets längd kan varieras, men normal längd är 1 m vilket är mest hanterligt. Ett skär träs på rörets nederända tills röret vilar mot en avfalsning inuti skäret. Skäret fixeras med fyra insexskruvar som är gängade i skäret och skruvas in i förborrade hål i plaströret. Skäret är svarvat i stål och har en innerdiameter på 99 mm nedanför avfalsningen. Skäret kan förses med slutarbleck och dess egg är vågformad med en våghöjd av ca 30 mm mellan vågtopparna, **Figur 8.10**.

På toppen av röret monteras en överdel med ventilationshål och slagnacke på

motsvarande sätt. Provtagaren förs ned i förborrade hål och drivs vidare med slag motsvarande en lätt slagborr, typ Pionjär.



Figur 8.26 Torvprovtagare typ SGI.

Utförande

1. Undersök provtagningsplatsen noga genom att sticksondera runt det tänkta provtagningshålet. Kontrollera om det finns rötter samt djupet till eventuella förekommande friktionsjordlager. Rötter medför onödiga påfrestningar och ger ett stört prov. Nedslagning av provtagaren i friktionsjord medför att eggen kan förstöras.
2. Förbered provtagningen genom att ta bort det översta förnalagret (topplaget med oförmulnat ris, kvistar och döda rötter). Spadborra ett hål ned till den nivå där provtagningen skall startas. Använd en spadborr med diameter 150 – 200 mm.
3. Montera ihop torvprovtagaren. Kontrollera att eggen på skäret är mycket skarp. Sätt in eventuellt slutarbleck i skäret och montera därefter skäret på ett provtagarrör. Skruva åt insekskruvarna ordentligt så att de går in hela vägen i hålen i provtagarrören utan att sticka ut på insidan. Montera överdelen med slagnacke på rörets övre ände. Som förlängningsstänger används massiva förlängningsstål, ø 22 mm.
4. För ned provtagaren till startdjupet för provtagningen.
5. Knacka ned provtagaren den förutbestämda neddrivningslängden med lätt slagning med hjälp av motorslagmaskin eller borrbandvagnens slagutrustning. Vrid därefter provtagaren 4 – 5 varv.
6. Dra upp provtagaren försiktigt. Att provet följer med vid uppdragningen kan kontrolleras med hjälp av ett lätt rör som försiktigt sticks ned genom hålet i provtagarens överdel.
7. Placera provhylsan i liggande läge. Montera försiktigt av skäret och såga av torven jäms med provtagarrörets underkant med hjälp av exempelvis en bågfil. Materialet från skäret stoppas i en plastpåse. Om provröret endast är delvis fyllt med material läggs ett mellanlägg i och torvmaterial fylls på så att röret blir helt fyllt. Försegla provtagningsrörets ändar och plastpåsen så att förslutningarna blir täta. Märk röret och plastpåsen med provtagningshål samt nivå på över- respektive underände. Notera på röret hur mycket material som eventuellt fyllts på.

Protokoll

Protokoll från torvprovtagning förs på samma sätt som vid annan provtagning. Se exempel Figur 8.9.

Hantering av prover

Proverna skall hanteras och transporteras som övriga ostörda prover. Se tidigare avsnitt ”*Ostörda prover*”.

Provtagare för lermorän och annan mycket fast lera

Allmänt

I lermorän och annan mycket fast lera används ofta provtagare med öppna rör. I detta fall kan man som regel inte trycka ned en kolvborrtrustning till provtagningsdjupet med kolven på plats utan provtagningen får göras från bottnen av förborrade hål. Också när kolven lösgörs medför den totala tjockleken hos kompositprovtagare typ standardkolvp provtagare att den neddrivningskraft som krävs även då blir mycket stor. Lermorän innehåller dessutom normalt grövre partiklar som lätt skadar den ömtåliga eggen i standardkolvborren samtidigt som provdiametern är i minsta laget för detta material. I södra Sverige har ”ostörd” provtagning med öppna rör i lermorän har visat fungera bra i s.k. Baltisk lermorän medan funktionen är mer osäker i den fastare och grövre s.k. Nordostmoränen

Förborrning

Provtagning med öppna rör görs från bottnen av förborrade hål. Förborrnings-tekniken varierar beroende på det material som skall förborras. I ren fast lera kan den utföras med skruvborr och hålen står där normalt öppna. Finns lager av friktionsjord kan foderrör behövas för att inte material från dessa skall rasa ned i hålet. I lermorän med ett stort innehåll av grövre partiklar kan förborrning med skruvborr vara besvärlig och där lager eller linser av grövre jord fö-



Figur 8.27 Förborrning med ”hollow stem auger”. Den förberedda provtagaren som är klar att sänkas ned i centrumhålet syns upphängd framför skruven.

rekommer kan foderrörsborrning behöva utföras till provtagningsnivån. Ett alternativ till foderrörsborrning är att använda en ”hollow stem auger”, som är en stor grov jordskruv med ett grovt rör i centrum. Under nedvridning av skruven är centrumhålet täppt av en kolv och då provtagningsnivån nåtts tas kolven upp och provtagaren kan sänkas ned i hålet, **Figur 8.11**.

Utrustning

Provtagaren består av ett tunnväggigt rör vars nedre ände svarvats till en egg. Ofta används rör med en invändig diameter av 70 mm. Rostfria sömlösa ämnesrör är att föredra eftersom dessa är släta in- och utvändigt, jorden inte fastnar på grund av korrosion under lagringen i röret och de kan också användas vid miljögeotekniska undersökningar. Rörets längd kan variera. Ett nytt rör har normalt en längd av omkring 0,6 m, men denna minskar då eggen svarvas om på grund av förslitning eller skador. Provtagarröret monteras på en adapter där rörets överdel fixeras så att det kan tryckas ned och dras upp utan att vicka. I adaptern finns en kulventil eller annan anordning så att luft och vatten inuti röret kan avgå vid nedpressningen och sluter tätt så att ett vakuum skapas över jordprovet vid uppdragningen. På adapterns topp finns en övergång till de förlängningsstänger som används, **Figur 8.12**.



Figur 8.28 Provtagarrör med adapter typ Tyréns.

Utförande

- 1 Förborra ned till den nivå där provtagningen skall påbörjas.
- 2 Montera ihop provtagaren. Kontrollera att eggen på röret är skarp och att ventilen är ren och fungerar. Sätt fast adaptern på rörets övre ände. Mät den fria längden inuti provtagaren från eggen till adapterns underkant. Som förlängningsstänger används grova förlängningsstål, normalt ø 36 mm.
- 3 För ned provtagaren till startdjupet för provtagningen
4. Tryck ned provtagaren tills slaglängden, som motsvarar den uppmätta fria längden minus en marginal på cirka 10 mm, med en hastighet av cirka 10 mm/s. Om det blir stopp eller neddrivningskraften plötsligt ökar markant stannas neddrivningen. Detta tyder på att eggen gått emot en grövre partikel och vidare försök till neddrivning resulterar då endast till större skador på eggen.

5. Dra upp provtagaren försiktigt. Över slaglängden bör hastigheten vara cirka 10 mm/s och när provtagaren därefter går fritt i det förborrade hålet skall uppdragningen vara jämn och utan vibrationer.
6. Montera av provtagarröret från adaptern. Om provrören endast är delvis fyllt med material läggs ett mellanlägg i och jord fylls på så att röret blir helt fyllt. Försegla provtagarrörets ändar så att förslutningen blir tät. Märk röret med provhål samt nivå på över- respektive underände. Notera på hylsan hur mycket material som eventuellt fyllts på.

Protokoll

Protokoll från provtagning med öppna rör förs på samma sätt som vid annan provtagning. Se exempel Figur 8.9. Då provtagningen avbrutits före full slaglängd görs en notering av detta med den aktuella utstansningslängden.

Hantering av prover

Proverna skall hanteras och transporteras som övriga ostörda prover. Se tidigare avsnitt ”*Ostörda prover*”.

Stor Lerprovtagare typ SGI

För speciella ändamål har en stor provtagare utvecklats av SGI. Den är främst avsedd för de högsensitiva leror där det visar sig mycket svårt att få upp prover med god kvalitet samt för undersökningar där proverna skall undergå avancerad provning i laboratoriet. Det senare kan t.ex. medföra behov av stora prover och/eller prover där även egenskaper vid små töjningar inom det elastiska området kan mätas med god noggrannhet.

Provtagaren och dess hantering är beskrivna i detalj i SGI, Göta älvetredningen, GÄU, Delrapport 33: Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter ”blockprovtagare” – Ostörd provtagning i finkornig jord. Nedanstående är en kort orientering om provtagaren.

Provtagaren är av typen öppet rör med ett provtagarrör med 200 mm innerdiameter och en längd av strax över 1 m. Den är försedd med en skarp skäregg motsvarande standardkolvborren. I eggen finns en avskärningsanordning så att provet kan skäras av i underkanten innan uppdragning efter utstansning. Störningen av provet kan vidare reduceras genom att ett luftövertryck förs på i den avskurna snittytan, vilket hjälper till att lyfta provet och förhindrar att något sug uppstår under det.

Provtagningen görs från bottnen av förborrade och stabilisera hål, vilket fordrar speciell förborrnings- och hålrensningsteknik samt inpumpning av bentonitvätska för att stabilisera hålet. Provtagarens överdel består av ett lock med ett stort hål som släpper igenom bentonitvätskan då provtagaren sänks ned i hålet och då provet stansas ut. Provtagarens överdel har en övergång till förlängningsrör, normalt vanliga s.k. kolvborrör. Efter utstansningen kan hålet stängas med hjälp av ett inrestångssystem som löper inuti förlängningsrören, **Figur 8.13.**



Figur 8.29 Stor SGI-provtagare upphängd i neddrivningsutrustning ovanför ett förborrat hål.

Provtagaren trycks ned från bottnen av det förborrade hålet med en hastighet motsvarande den vid kolvprovtagning och motsvarande väntetider används. Efter att fullt utstansningsdjup nåtts stängs hålet i överdelen och efter att väntetiden utgått skärs provet av med avskärningsanordningen. Samtidigt appliceras ett luftövertryck i den avskurna slitsen som motsvarar det totala överlagringstrycket på provtagningsnivån. Provet dras därefter upp med bibehållet luftövertryck under provet tills provtagaren kommit helt upp i det förborrade hålet där vätsketrycket från stabiliseringssvätskan tar över.

Det upptagna provet trycks normalt ut ur provtagarröret på provtagningsplatsen och delas upp i sex delprovet som placeras på speciella provplattor. De täcks och försluts sedan med en blandning av paraffin och vax som armeras med gasväv, **Figur 8.14**.

Märkning av prover och protokollföring görs i princip som för övrig provtagning, men i detta fall med märkpenna på förslutningen.

Hantering och transport av prover görs också i princip som för övriga ostörda prover.

Provtagning med SGIs stora lerprovtagare fordrar en omfattande kringutrustning och stor borrbandvagn. Normalt utförs arbetet av 3 personer .



Figur 8.30 Förslutning av delprover.

Kärnprovtagning

Allmänt

Vid kärnprovtagning kan ett kontinuerligt prov av hela den genomborrade jordprofilen tas. Metoden utvecklades ursprungligen för tagning av prover i fast berg, men med modern utrustning kan prover tas även i andra relativt fasta material som lemmorän och mycket fast lera, löst berg som kalkberg och ler-skiffer samt konstgjort material som kalk-cementstabiliseringad jord och kalk-ce-mentpelare m.m.

Hur lyckad provtagningen är mäts traditionellt i kärnutvinningsgraden, dvs. hur många procent längden av den upptagna kärnan utgör av det genomborrade djupet. Vid provtagning i fast jord tillkommer hur intakt och ostört provet är efter upptagning och hantering inklusive transport.

Kärnprovtagning i fast berg

För kärnprovtagning i berg används huvudsakligen diamantborrning där borrhronan roteras ned med ett visst matningstryck, samtidigt som en spolvätska renar hålbotten och för upp borrkaxet till markytan. Vid borrhningen samlas en kärna av berget kontinuerligt in i ett kärnrör. När kärnröret är fullt lyfts det upp till markytan för att tömmas. Man skiljer här mellan konventionell metod respektive wire-line metoden.

Under borrhningen bör borrhparametrarna sjunkhastighet, matningstryck, rotationshastighet, vridmoment, spoltryck och spolflöde registreras mot djupet. På

denna vis fås tillsammans med den upptagna kärnan en så fullständig bild av det genomborrade materialet som möjligt.

Vid konventionell teknik tas hela systemet upp när kärnan skall tas ut. Detta kräver ett stabilt hål för att det skall vara möjligt att åter få ner kärnröret i hålet. Wire-line tekniken innebär att en fångstanordning skickas ned genom borren. Fångstanordningen kopplas till det inre kärnröret som samtidigt loss görs från ytterröret och sedan vinschas upp till markytan. Metoden innebär att borrkronan och ytterröret står kvar i borrhålet medan kärnröret och kärnan tas upp.

Kärnrör finns i längder från 0,5 m till 6 m och har till uppgift att samla in och hålla kvar den urborrade kärnan. Kärnrören delas in i enkla, dubbla och trippelkärnrör samt wirelinekärnrör. Mest används dubbla kärnrör. Enkla kärnrör används när kärnkvaliteten och kärnutvinningen är mindre viktig. Trippelkärnrör, som har ett foder i innerröret, används i lösa formationer där det är viktigt att kunna ta ur kärnan ur innerröret utan att skada kärnan. Trippelrör har i regel frontspolning dvs. spolvätskan träffar aldrig kärnan direkt utan går genom kanaler i rörväggen fram till fronten.

Kärnan som matas in i kärnröret bryts efter uppnådd kärnlängd och hålls kvar i röret med hjälp av en kärnfångarhylsa. Efter att kärnröret tagits upp kan kärnan tryckas ut och läggas i kärnlådor. Vid inläggning i kärnlådan är det mycket viktigt att kärnbitarna läggs in i **rätt ordning och att de är rättvända** samt att kärnförluster markeras med træklossar eller liknande. Lådan märks med uppgifter om provtagningshål och de olika kärnbitarna i kärnlådan markeras så att det framgår vilka djupintervall de tagits på.

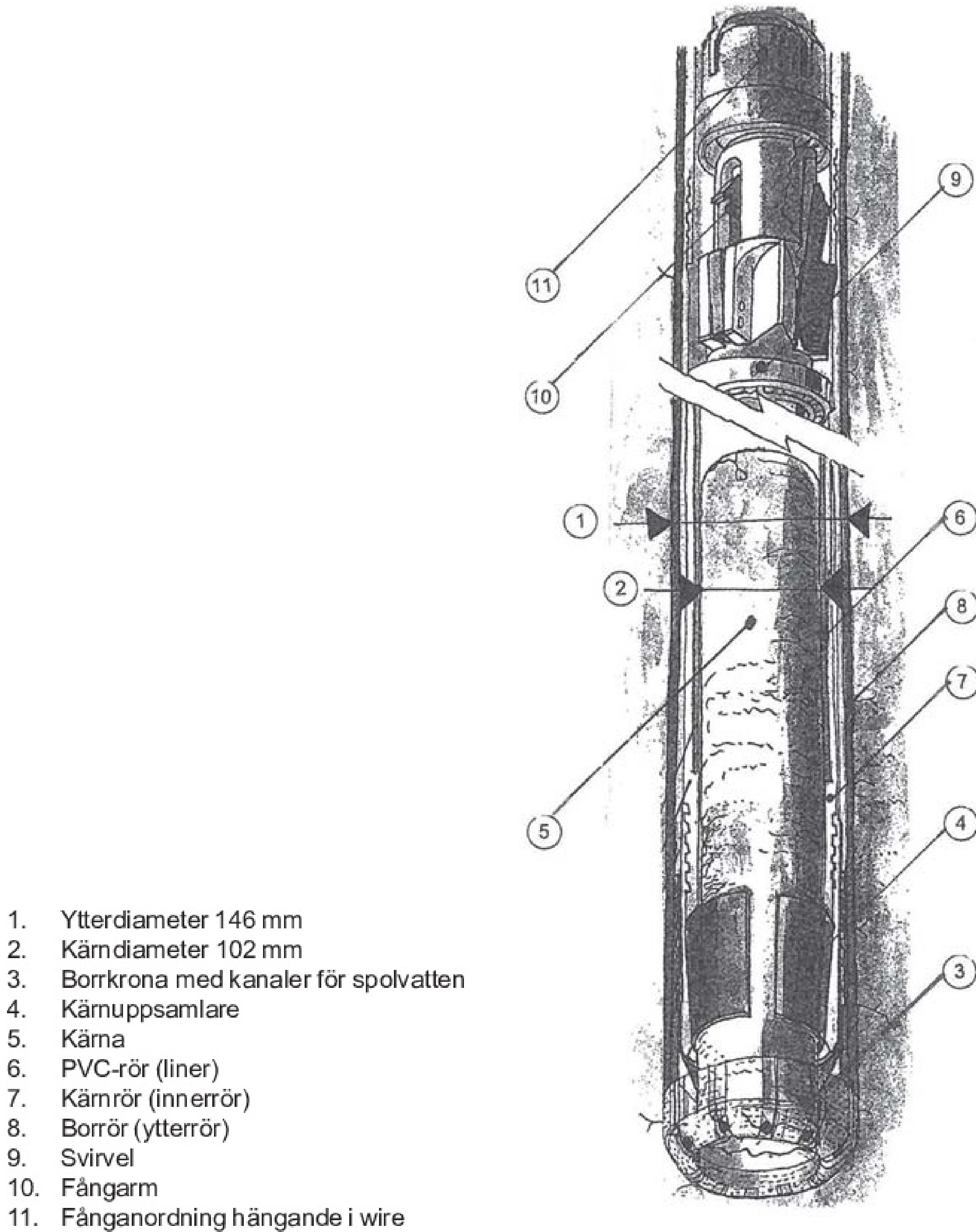
Kärnprovtagning i löst berg och fast jord med Geobor S

För ostörd provtagning i löst berg och fast jord (och även i fast berg) kan kärnprovtagning typ Geobor S utföras. Geobor S är ett modernt wire-line system med trippelkärnrör. Utrustningens ytterdiameter är 146 mm och de upptagna kärnorna har en diameter av 102 mm. Det inre röret, kärnröret, är försedd med ett foder i form av ett 1,5 m långt PVC-rör, **Figur 8.15**. Till utrustningen finns olika borrkronor som kan väljas beroende på vilken typ av jord och/eller berg borrningen skall utföras i.

Borrningen utförs i 1,5 eller 3 m långa intervall. Under borrningen regleras matningskraft, rotationshastighet och spolflöde så att borren skär sig ned i ett jämnt förlopp utan att röra om materialet och utan att finmaterial spolas ur. Operatörens erfarenhet av borrning i den aktuella typen av material är avgörande för vilken kärnutvinningsgrad och provkvalitet som uppnås, liksom för att minimera slitage av de dyrbara borrkronorna. En rätt utförd borrning ger ofta närmare 100 % kärnutvinning. Efter varje intervall förs fångstanordningen ned och kärnröret vinschas upp med wiren.

När kärnröret tagits upp trycks PVC-röret med kärnan ut. Kärnor av berg tas sedan oftast ut på plats och placeras i kärnlådor på motsvarande sätt som övriga bergkärnor. Prover av jord kan tas ut och benämns på plats, men om de skall undersökas i laboratoriet förvaras de normalt inuti PVC-röret vars ändar försegglas tätt innan rören transporteras in till laboratoriet. I detta fall måste extrem varsamhet iakttas eftersom de slanka PVC-rören lätt böjs. Detta gäller så-

väl då rören tas ur kärnröret som under alla moment då de lyfts och läggs ned samt under transport. I annat fall går en ursprungligen mycket hög provkvalitet lätt förlorad. Prover av berg kan hanteras på motsvarande sätt om man t.ex. vill bevara fukthalten.



Figur 8.31 Konstruktion av kärnborrtrustning Geobor S.

För detaljerade beskrivningar av kärnborrning med olika typer av utrustning hänvisas till tillverkarens anvisningar.

Protokoll

Under borningen förs speciella kärnprovtagningsprotokoll. Av speciellt intresse är då noteringar om kärnförluster, dvs. avsnitt där inget prov fåtts. I protokollet skall dessutom finnas obligatoriska uppgifter enligt kapitel 1 och till protokollet skall bifogas en datafil med de registrerade borrhingsparametrarna

8.4 Störd provtagning

8.4.1 Skruvprovtagare

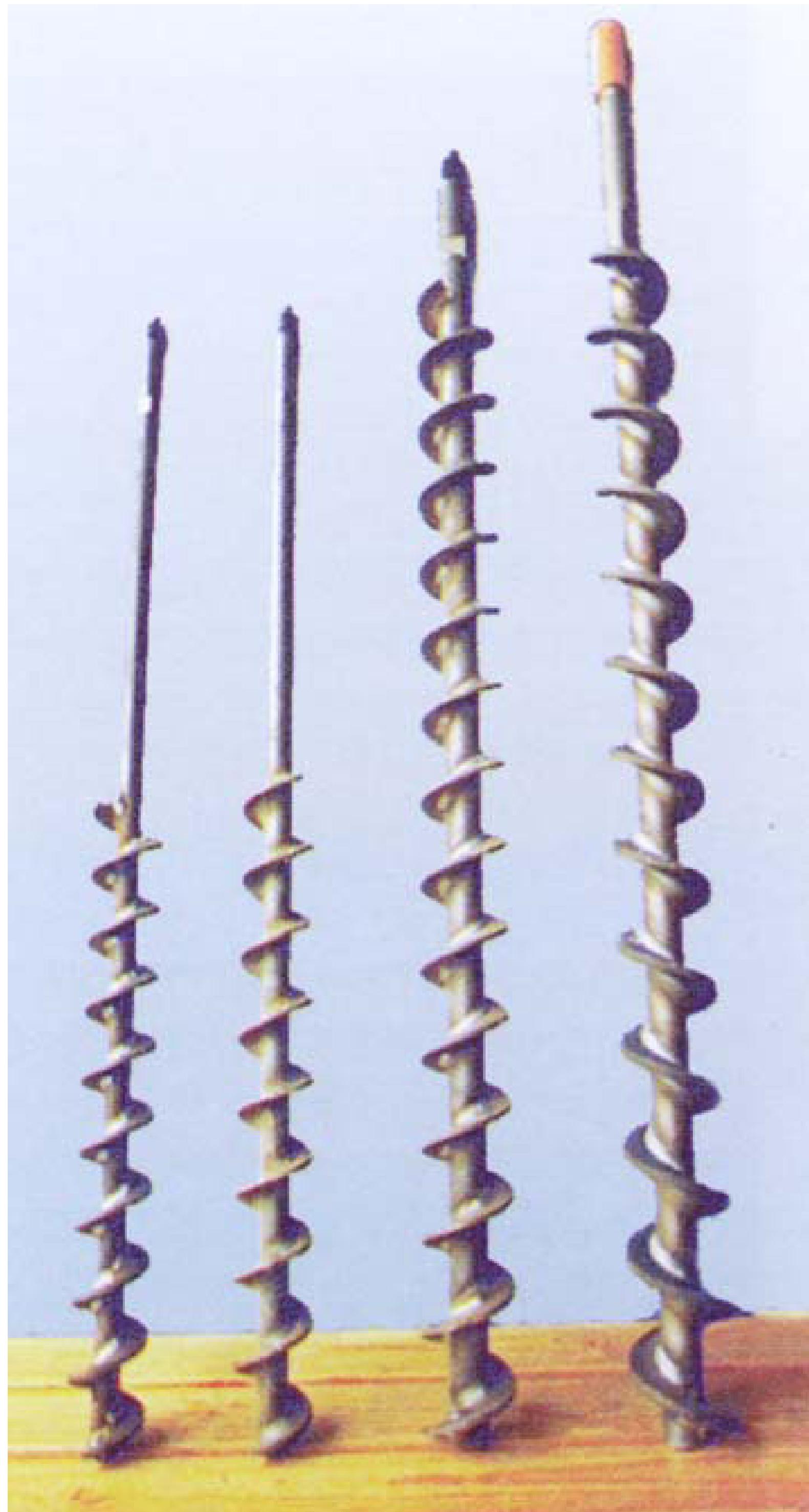
Allmänt

Vid skruvprovtagning tas störda eller omrörda prover kontinuerligt genom

jordprofilen. Kvaliteten beror av jordart, grundvattenförhållanden och hantering av proverna samt den beskrivning och benämning som görs i fält.

Provtagning görs genom att skruvprovtagaren skruvas ned genom vridning av stången till provtagningsdjupet varefter den dras rakt upp. Jord från provtagningsnivån blir då kvar på flänsarna och följer med upp. Skruvprovtagning utförs normalt med borrvagn.

Skruvprovtagning försvaras av stenig jord. Metoden används främst i koheisions- och siltjord men också i sand och fingerus över grundvattenytan. Metoden används normalt ned till ca 5 m djup, men kan tillämpas till 10 – 15 m. Fördelen med skruvprovtagning är att man snabbt kan få en kontinuerlig bild av jordlagerföljden. En nackdel är att vid provtagning i sandig och grusig jord under grundvattenytan sköljs provet lätt av från flänsarna vid uppdragningen. En annan nackdel med skruvprovtagning är att jord från borrhålsväggen kan rasa ner på skruvens övre del samt häftar vid provet under uppdragningen. Detta kan undvikas genom att utföra skruvprovtagning med foderrör.



Figur 8.32 Skruvprovtagare med olika dimensioner och för förlängningsstänger från 22mm diameter till R32.

Utrustning

Skruvprovtagaren är utformad som en skruv och består av en stålstång som försetts med en spiralfläns. Skruvprovtagare finns med diameter från 30 – 200 mm och med längder från 0,25 till 2,0 m. Vanligast är diameter 60 – 100 mm och 1 m längd. Skruvprovtagare skarvas med förlängningsstänger från 22 mm diameter upp till bergborrstål R32, **Figur 8.16.**

Utförande

1. Skruva ned provtagaren. Anpassa rotationen och sjunkningen till skruvens stigning så att jorden rörs om så lite som möjligt.
2. Dra skruvprovtagaren rakt upp utan vibrationer så att provet ligger kvar mellan flänsarna.
3. Tag bort sådant material längs skruvprovtagarens utsida och på och i dess övre fläns som kan antas inte komma från provtagningsnivån. Skrapa provets yta med kniv för att få en färsk jordyta för klassificering. Beskriv provet med dess olika lager och skikt, varvighet m.m. och gör en preliminär jordartsbedömning av de olika lagren. I vissa fall kan ett foto vara till hjälp. Ta ut representativa prover på varje jordlagerskikt, dock minst ett per meter och lägg dessa i väl tillslutna och märkta plastpåsar.
4. Vid märkning – använd blyertspenna eller riktig bläckpenna. Använd inte olika typer av färgpennor, vilket kan leda till att texten försvinner. För att underlätta för laboratoriet bör alla provpåsar från samma hål läggas i en egen plastpåse tillsammans med originalet av provtagningsprotokollet.
5. Rengör skruvborren och driv ned den till det djup där föregående provtagning avslutades och påbörja nästa provtagning.

Protokoll

På provtagningsprotokoll från skruvprovtagning skall följande noteras:

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
- Typ av provtagare.
- Dimension, diametr och längd.
- Provtagningsklass.
- Neddrivningssätt.
- Försöksdjup.
- Prov / hylsa nr.
- Preliminär jordartsbedömning.

Figur 8.33 Exempel på ifyllt protokoll från skruvprovtagning.

8.4.2 Sonicborrning

Allmänt

Vid sonicborrning tas en störd kontinuerlig borrkärna genom jordprofilen. Metoden kan i sin enklare form främst ses som ett alternativ till skruvprovtagning. Provtagning med sonicborrning går fortare och kan drivas djupare, men fordrar å andra sidan speciell neddrivningsutrustning. Fördel med metoden är att vattenförande skikt kan identifieras.

Sonicborrning är ett samlingsnamn för borrning där vibration, enbart eller i kombination med rotation av en borrkrona, används för neddrivning. Vibrationerna med mycket hög frekvens (cirka 200 Hz) skapas av excenterrotation i borrhuvudet i utrustningen på markytan eller i borrkronan. Det finns utrust-

ningar som tar upp kärnor med diametrar av upp till 300 millimeter och som kan gå ned till ca 250 meters djup och ta prover i både jord och berg. De utrustningar som använts i Sverige har dock som regel varit av en betydligt mindre och enklare typ, som är avsedd för provtagning i jord och där neddrivningen görs med enbart vibration från markytan och kärndiametrarna är omkring 50 – 71 mm. Större utrustningar har dock börjat introduceras också i de nordiska länderna.

De mindre och enklare utrustningarna klarar inte att ta prover i alltför grova friktionsmaterial, men har visat sig kunna användas i lera, silt, friktionsjord till och med mellangrus samt finkorniga moräner med begränsad sten och blockhalt. Nedrivningsdjupet begränsas i princip av borriggens lyftkraft och att de vibrationer som alstras vid markytan skall kunna fortplantas ned till provtagaren. De svenska erfarenheterna begränsas i huvudsak till provtagningar ned till ca 35 m djup och dämpning av vibrationen på vägen har då inte medfört något problem.

Utrustning

Provtagningsutrustningen består av en typ av kolvborr med en hydrauliskt driven kolv och där provtagarröret kan förses med speciella skär och bleck för provtagning i olika typer av jord. Hydraulvätskan är vatten. Några inre provhylsor finns inte, men proven kan tryckas ut i plaststrumpor eller olika typer av rör.

Utförande

Vid provtagningen vibreras den stängda provtagaren ned till aktuell provtagningsnivå. Där lösgörs kolven med enstång i förlängningsrören som öppnar en ventil, varpå provtagaren vibreras vidare. Jordprovet (kärnan) går då in i röret samtidigt som kolven stannar på nivån och vattnet ovanför denna går upp i förlängningsrören. Provtagarens slaglängd kan variera mellan ca 2 – 4 m, men 2 m prover är mer hanterliga. Efter att full slaglängd nåtts avslutas nedrivningen. Ventilen till kolven stängs så att kolven hålls kvar och vattentrycket ovanför inte kan trycka ut provet under uppdragningen. När provet tagits upp till markytan fälls borrvagnens mast till lämplig vinkel, varpå ett vattentryck förs på kolven och jordprovet trycks ut och fångas upp i ett halvrör.

Provets yta skrapas med en kniv eller spatel för att få en färsk provyta för klassificering. Prover av lös lera delas lämpligen på längden med en trådavskärare. Jorden beskrivs med sina olika lager och skikt, varvighet m.m. och en preliminär jordartsbedömning av de olika lagren görs. Proven bör dessutom fotodokumenteras. Representativa prover tas ut från varje jordlagerskikt, dock minst ett per meter och dessa läggs i väl tillslutna och märkta provpåsar. Om provet trycks ut inuti en plaststrumpa eller någon typ av rör försluts dessa tätt i båda ändar och provet transporteras i sin helhet till laboratoriet liggande i sitt rör eller halvrör.

Vid provtagningen skall beaktas att när provtagaren dras upp och sedan förs ned till nästa provtagningsnivå kan material rasa ned i hålet, eller hålet gå igen. Det är därför viktigt att kontrollera att den nya provtagningen inte påbörjas på en högre nivå än där den föregående avslutades. Också när detta krav är uppfyllt skall materialet i toppen av den nya kärnan kontrolleras mot materialet i

botten av den föregående. Om dessa inte stämmer överens får en bedömning göras om det översta materialet i det nya provet kommer från den aktuella nivån eller förts ned av kolven från en ovanliggande nivå. Detta bör noteras särskilt i protokollet med angivande av hur stor del av provet som bedömts som inte kommer från den aktuella provtagningsnivån.



Figur 8.34 Uttryckning av prov vid sonicborrning.

Om det kommer upp prover som är betydligt kortare än neddrivningslängden, kan detta bero på att grovt material fastnat i rörspetsen eller inuti röret. Kärförluster skall noteras i fältprotokollet. Eventuellt kan provet på den aktuella nivån tas om i ett parallellt borrhål där provtagaren vibreras ned direkt till nivån ifråga.

För detaljerade beskrivningar av sonicborrning med olika typer av utrustningar hänvisas till tillverkarens anvisningar.

Protokoll

I provtagningsprotokoll från sonicborrning ska följande noteras:

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
- Typ av provtagare.
- Dimension, diameter och längd.
- Provtagningsklass.
- Neddrivningssätt.
- Försöksdjup.
- Jordlagerföld så som den bedömts i fält med indelning efter lagergränser och preliminär bedömning (samt angivande av eventuellt material som bedömts som inte kommande från aktuell nivå och eventuella kärförluster).
- Nummer på prover från representativa nivåer.
- Djupet till fri vattenyta i provtagningshålet.

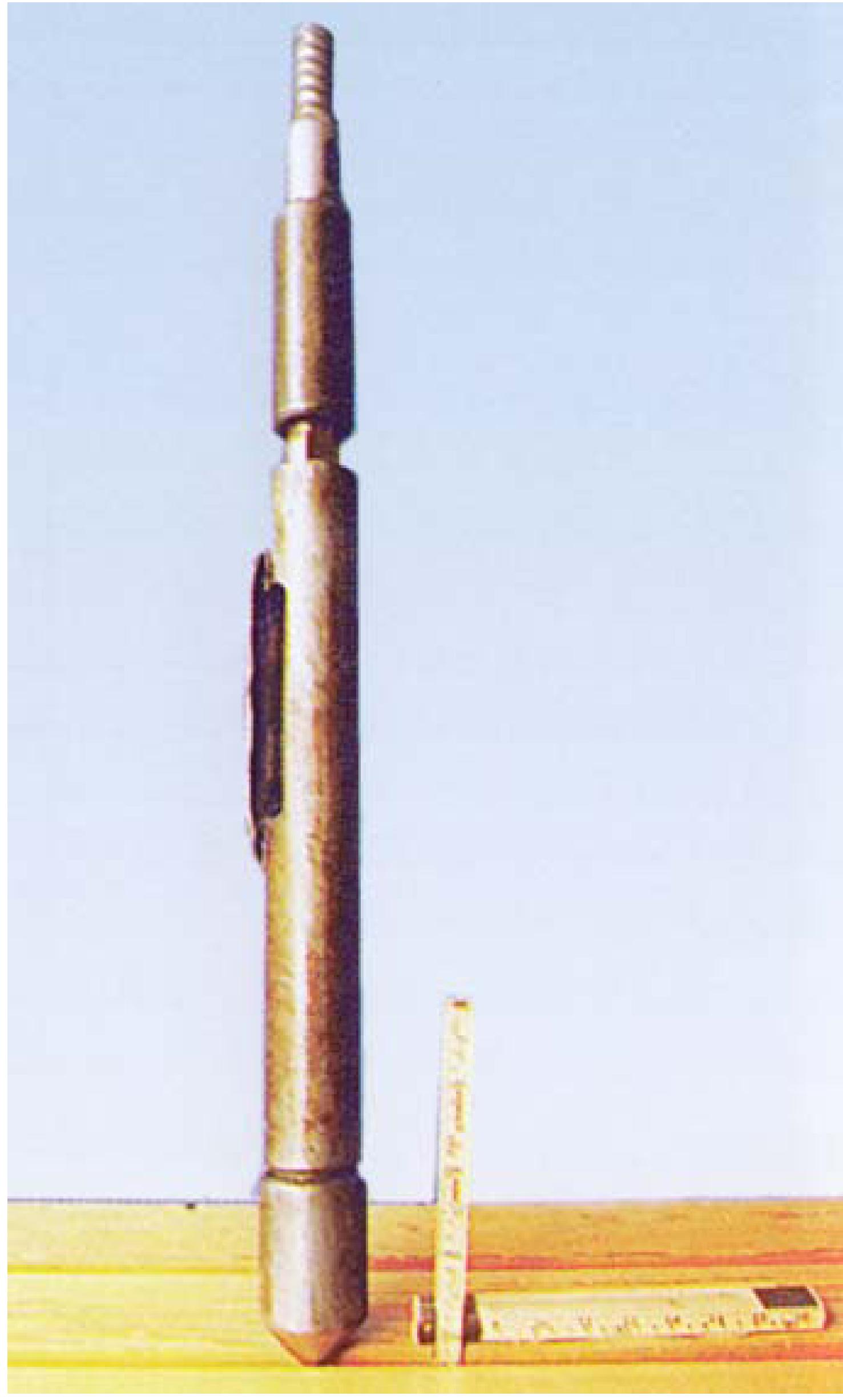
8.4.3 Kannprovtagare

Allmänt

Kannprovtagare används för att ta upp omrörda prover av friktionsjord i enstaka punkter under grundvattenytan. Kannprovtagning kan utföras i olika jordar men grovt grus och sten kommer inte in i provtagaren. Med kannprovtagare får man oftast små omrörda prover som under grundvattenytan är starkt uppbländade med vatten. Vid nedslagning av kannprovtagare kan en viss krossning av jorden närmast provtagaren ske så att kornstorleksfördelningen på det inmata-de provet inte är helt representativ för jordmassan.

Utrustning

Dem vanligaste typen av kannprovtagare består av en robust provtagningsspets där provet matas in i provtagaren från sidan när provtagaren vrids runt. För att skrapa in jord i provtagaren är den utväntigt försedd med en inmatningsläpp. Kannprovtagaren finns i olika storlekar med innerdiametrar från 35 till 70 mm avsedda för skarvstänger från 25 mm diameter upp till 1 ¼ tums bergborrstål, (R32), **Figur 8.19.**



Figur 8.35 Kannprovtagare med anslutning för bergborrstål.

Utförande

1. Se till att kannprovtagaren är rengjord invändigt och stängd.
2. Tryck, slå eller heja ner provtagaren till avsedd provtagningsnivå. Dra åt

förlängningsstängerna ordentligt så att skarvarna inte öppnas då stängerna roteras baklänges efter provtagningen. Se till att stängerna inte vrids under neddrivningen för då öppnas provtagaren.

3. Vrid stänger och provtagare ett antal varv så att provtagaren öppnas och jorden fyller provtagaren. Vrid därefter några varv åt andra hålet så att provtagaren åter stängs.
 4. Ta upp kannan genom att dra stängerna rakt upp och lägg sedan provtagaren på marken. Gör ren provtagarens utsida innan den öppnas. Tag ut provet och gör en preliminär benämning.
 5. Lägg provet i en tydligt märkt och väl försluten plastpåse.

Figur 8.36 Exempel på ifyllt provtagningsprotokoll från kannprovtagning.

Protokoll

På provtagningsprotokoll från provtagning med kannprovtagare skall följande noteras.

- Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.
 - Provtagningsdjup.
 - Typ av provtagare.
 - Dimension, diameter och längd.

- Provtagningsklass.
- Neddrivningssätt.
- Nummer på prover och preliminär benämning av dessa.
- Djupet till fri vattenyta i provtagningshålet.
- Anmärkningar av betydelse för bedömning av provets kvalitet.

8.4.4 Provtagningsspets typ Borro

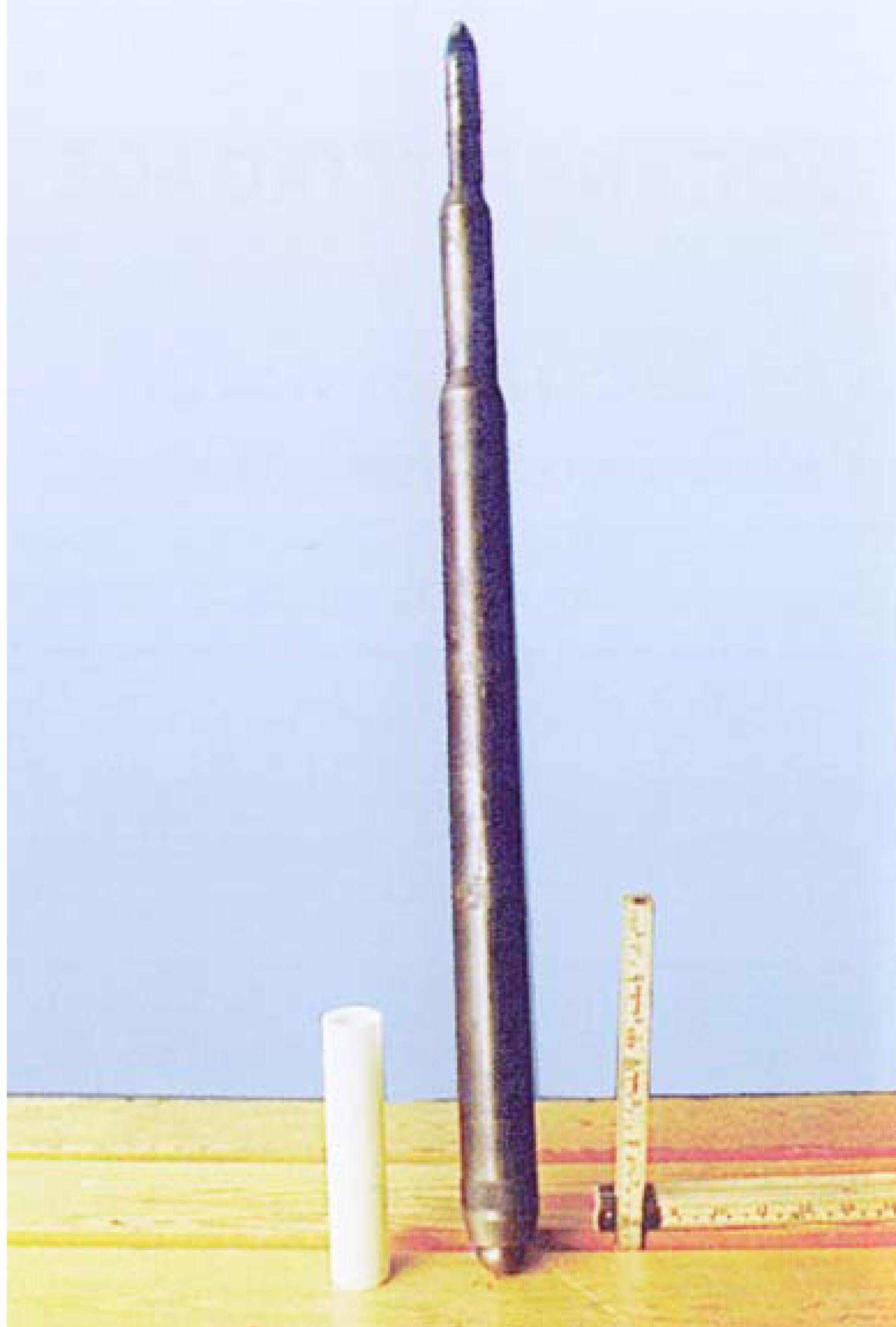
Allmänt

Provtagningsspets används för tagning av störda prover i enskilda punkter av främst friktionsjord som inte innehåller alltför mycket sten och block, men också fast kohesionjord samt vid provtagning på stora djup.

Provtagningsspetsar kan användas oberoende av om hålet står öppet eller inte. De mindre provtagarna ger ofta alltför små jordprover, varför man bör välja en större typ då jorden är grusig eller vid provtagning för mer omfattande laboratorieundersökning.

Utrustning

Provtagningsspets typ Borro består av ett provtagningsrör som är skruvat på en gängad spindel. Denna provtagare finns med 25, 34 resp. 50 mm diameter. Provtagnaren är normalt försedd med en provhylsa för förvaring och transport av proverna. Provtagningsspetsarna drivs ner till avsedd provtagningsnivå med tryck, slaghammare eller hejare, **Figur 8.21**.



Figur 8.37 Provtagningsspets typ Borro med provhylsa.

Utförande

1. Kontrollera att provtagaren är väl rengjord, gängorna infettade och O-ringarna oskadade.
2. Montera ihop provtagaren. Skruva upp provtagaren på spindeln till sitt översta läge. Dra inte åt för hårt. En för hårt dragen spindelmutter medför risk att den nyper och att provtagningsspetsen inte öppnas vid provtagningen.
3. För in provhylsan i det nedre huset efter att provtagarhusen monterats.
4. Montera in en slutare om det finns risk för att provet rinner ut, t.ex. i ensartad sand under grundvattenytan.
5. Skruva på spetsmanteln
6. Driv ned provtagaren till avsedd provtagningsnivå. Se till att stängerna inte vrider under neddrivningen eftersom spetsen öppnas vid vridning (antingen medurs eller moturs beroende på om provtagaren är tillverkad för vänster- eller högergångade förlängningsstänger). Då provtagningen påbörjas skall provtagarens spets befina sig 100 mm över provtagningsnivån.
7. Gör en markering på borrstålen innan provtagningen påbörjas. Vrid därefter stången 30 hela varv (medurs eller moturs). Om provtagaren **inte** stansar ut provet märks detta genom att stängerna rör sig uppåt. Tryck eller slå då försiktigt på stängerna så att markeringen förblir på ursprunglig nivå. Driv för säkerhets skull ned provtagaren ytterligare 100 – 200 mm efter avslutad vridning.
8. Dra upp provtagningsspetsen försiktigt och rakt upp utan vridning. Skruva av spetsmanteln och plocka bort eventuellt slutarbleck. Dra ut provhylsan, förslut den med lock och lägg den i en plastpåse med etikett och förslut. Om hylsan inte är helt fylld ska hålrummet fyllas med trassel eller liknande.
9. Fyll i uppgifterna om provet på etiketten.
10. Om det inte går att dra ut provhylsan får innehållet i hylsan skrapas ut och läggas löst i plastpåsen. Normalt går det sedan lättare att få loss provhylsan.

Provtagaren skall rengöras ofta eftersom finmaterial somtränger in kan skada utrustningen och mekanismens funktion.

Protokoll

Protokoll för provtagning med provtagningsspets förs på samma sätt som vid kannprovtagning. Exempel se **Figur 8.20**.

8.4.5 Moränprovtagare

Genomströmningsprovtagare 45 mm

Genomströmningsprovtagaren är försedd med en ringborrkrona och ett hål i ena väggen, se **Figur 8.22**. Provtagaren borras ner. Vid nedborrningen vandrar det lossborrade materialet in genom eggen och fortsätter ut genom hålet i provtagarens sida.

När önskat provtagningsdjup har nåtts, dras provtagaren upp. Materialet från detta djup stannar i de flesta fall kvar i provtagaren. Svårigheter att få materialet att stanna kvar kan dock uppstå i ensgraderat material under grundvattenytan. Efter uppdragningen töms provtagaren.

Vid stenig jord kan inmatningshålet blockeras och man förlorar då eller får en falsk uppgift om den faktiska provtagningsnivån.



Figur 8.38 Genomströmningsprovtagare med 45 mm diameter.

Provtagare typ Mullvaden

Provtagare för morän, makadam och bergöveryta. Provtagare består av ett ytterrör och innerrör där innerröret är delbart, se **Figur 8.23**. Vid behov monteras ett styvt slutarbleck. Provtagaren finns i dimensionen 72 eller 99 mm (ytterdiameter). På ytterröret är en ringborrkrona monterad. Provtagaren slås eller spolas ned.



Figur 8.39 Provtagare typ Mullvaden.

Provtagare för foderrörsborrning

I fast jord kan foderrörsborrning användas för efterföljande provtagning genom foderröret. Foderrörsborrningen kan göras antingen genom borrning med ringkrona, med centrisk borrkrona eller borrning med excenterkrona, typ ODEX-borrning.

Vid borrning med ringkrona borras ett foderrör försett med ringborrkrona och centrisk borrkrona samtidigt till önskat djup. Den centriska borrkronan dras upp och provtagning kan utföras genom foderröret.

Vid borrning med ODEX följer ett tunnväggigt foderrör av stål en excenterrymmare och borrkrona som borrar ett hål stort som foderrörets yttre diameter. Foderröret roteras inte. Excenterrymmaren kan fallas in genom omvänd rotation och dras upp tillsammans med borrstålen genom foderröret.

När foderröret borrats till avsedd nivå dras borrkronan upp och provhämtaren sätts på. Provhämtaren består av ett öppet rör med en överdel som är utformad så att röret kan slås ned med hjälp av antingen en sänkhammare, som verkar direkt på provhämtarens överdel, eller en topphammare som slår på förlängningsstängerna vid markytan. Vid provtagningen slås provhämtaren ned ca 1 meter under foderrörets botten innan den dras upp och töms.

PG provtagare ϕ 90 mm är ett exempel på en stor provhämtare med slutarbleck, som används på detta sätt.

Protokoll till moränprovtagare förs på samma sätt som till kannprovtagning, se exempel **Figur 8.20**.

8.4.6 Kaxprovtagning i berg

Vid kaxprovtagning tas prov ut på det borrkax som spolas upp ur borrhålet med spolvätskan (vatten eller mud) eller luft. Det kaxförande spolmediet strömmar upp antingen mellan borrör och borrhålsvägg (direktspolning) eller inuti borrören (omvänd spolning). Uppe på markytan avskiljs kaxet från spolvätskan för vidare analys.

Hammarborrning med omvänd spolning är vanligast för kaxprovtagning. Metoden är en kombination av sänkhammare och en högtryckskompressor. Metoden medför att borrkaxet går upp i centrum av borröret, vilket förhindrar en blandning av material från hålets väggar och ger ett mer representativt prov än borrning med direktspolning.

8.5 Provgropsundersökning

8.5.1 Allmänt

En provgropsundersökning är i många fall ett bra komplement till andra geotekniska undersökningar. I vissa fall är metoden dessutom att föredra eftersom den ofta ger direkta svar på praktiska frågeställningar utan att man behöver gå omvägen över bedömningar utifrån olika geotekniska parametrar. Provgropsundersökningar för frågeställningar i samband med vägbyggande är i detalj beskrivna i Vägverkets publikation 2006:59 – Provgropsundersökning.

Provgrävning gör det möjligt att studera jorden och dess beteende i större skala jämfört med provtagning i hål, att undersöka hela jordmaterialet med eventuella stenar och block samt att välja representativa prover. Provgrävning görs för att på plats studera:

- jordlagerföljd, ingående jordarter och eventuellt bergnivån
- deformationsegenskaper för grundläggning av väg eller byggnadsverk
- grundvattenförhållanden
- jordens användbarhet som resurs i byggnadstekniska sammanhang
- schaktbarhet
- stabilitet hos schaktslänter

Provgrävning kan dessutom användas för att lokalisera föroreningar och befintliga konstruktioner i jorden. Metoden används dessutom när man vill ha större provmängder för närmare undersökning av materialets egenskaper i laboratorium.

Provgrävning används vid provtagning i stenig och blockig jord, där det inte går att ta prover med andra metoder. Provgrävningar ned till 5 m djup kan utföras med vanliga grävmaskiner. För större djup krävs speciell utrustning eller att maskinen först schaktar sig ned och kanstå på en nivå under markytan.

Provgrävning vid planerade grundkonstruktioner skall alltid göras utanför den tänkta konstruktionen eftersom grävningen luckrar upp jorden.

8.5.2 Utrustning

Normalt används grävmaskin men i vissa fall måste man gräva för hand. Grävmaskinens storlek anpassas till aktuella grävningsförhållanden och önskat djup.

8.5.3 Utförande

Grävning

Vid provgrävning måste stor försiktighet iakttas för att undvika olyckor. Groparna ska vara så stora att man lätt kan inspektera dem och ta ut prover. Schakten och dess sländer skall stötas eller utformas så att det inte finns någon risk för ras eller annat brott i jorden. Ingen personal får gå ned i gropen om det finns risk för ras. Provgrävningen skall fyllas igen så snart som möjligt efter att aktuella provtagningar och observationer gjorts. En djupare öppen provgrop som lämnas obevakad ska inhägnas och skyttas.

Placering av provgrävningen ska ske så att grundläggningsförhållandena för planerad anläggning inte påverkas negativt.

Provtagning, provning och bedömning

Vid provgrävning kan följande undersökningar utföras. Omfattningen beror dock på ändamålet med provgrävningen.

- **Provtagning och jordartsbestämning.** Provtagning görs under grävningens gång eller i schaktväggen efter avslutads schakt. När jorden bedöms vara ho-

mogen kan prover t.ex. tas varje 0,5 eller 1,0 m och annars i representativa punkter. Proverna benämns preliminärt på plats. Vid störd provtagning i ste- nigt och blockig jord görs en sorteringsmetod så att material < 63 mm separeras från sten och block. Det finare materialet tas in som prover till laboratoriet. Enligt vägverkets publikation 2006:59 skall ett prov lämpligen fylla två murarhinkar (som rymmer 17 liter vardera) vilket ger minst 50 kg material. Om den största kornstorleken understiger 40 mm kan provmängden minskas till cirka 15 kg (vilket motsvara cirka 10 liter). Prover av finkornigare jord, i vilka den natu- liga fuktigheten skall bevaras, läggs i märkta plastpåsar, försluts tätt och han- teras som övriga störda prover.

För speciella undersökningar kan hela blockprover tas av jorden.

- **Bestämning av sten- och blockhalt** kan göras för varje representativt jordla- ger i provgropen med sorteringsmetoden eller gallermetoden eller bedömas okulärt.
- **Stabiliteten i schaktslänter** kan studeras. I detta fall måste dock inverkan av schaktens övriga geometri samt inverkan av nederbörd, uttorkning och andra tidseffekter tas i beaktande.
- **Schaktbarhetsklassificering** kan göras i klasserna 1 till 5 enligt Klassifice- ringssystem -85 i Byggforskningsrådets skrift "Schaktbarhet". (Systemet fungerar bra för relativt lättschaktad jord men är mycket osäkert i finkorniga moräner och jord med högt sten och/eller blockinnehåll.)
- **Bestämning av deformationsegenskaper** vid grundläggning kan göras med plattbelastning på schaktbottnen. Bestämningen kan göras enligt Vägverkets publikation 1993:19 Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbe- lastning.
- **Grundvattenobservationer** av inläckningsnivån samt var och hur mycket vat- ten som rinner till gropen. För att kunna mäta den stabiliserade grundvatten- ytan är det lämpligt att sätta ett perforerat grundvattenrör i gropen innan den fylls igen.
- **Erosionsbenägenheten** kan studeras hos jordlagren i schaktslänterna under inläckningsnivån. Eventuella flytjordsegenskaper och tendenser till botten- uppluckring i schaktbottnen kan också studeras och dokumenteras.
- **Bergytans nivå i schaktbottnen** kan bestämmas om denna påträffas och då också bergart och bergkvalitet samt strykning och stupning på eventuella sprickplan.

I vissa fall kan densitetsbestämning *in situ* göras i provgropen.

Provgropen och det omgivande området bör dokumenteras med foton i stor omfattning. Bilder från provgropen bör innehålla en skalstock. Också det upp- schaktade material som inte tas in till laboratoriet bör fotodokumenteras.

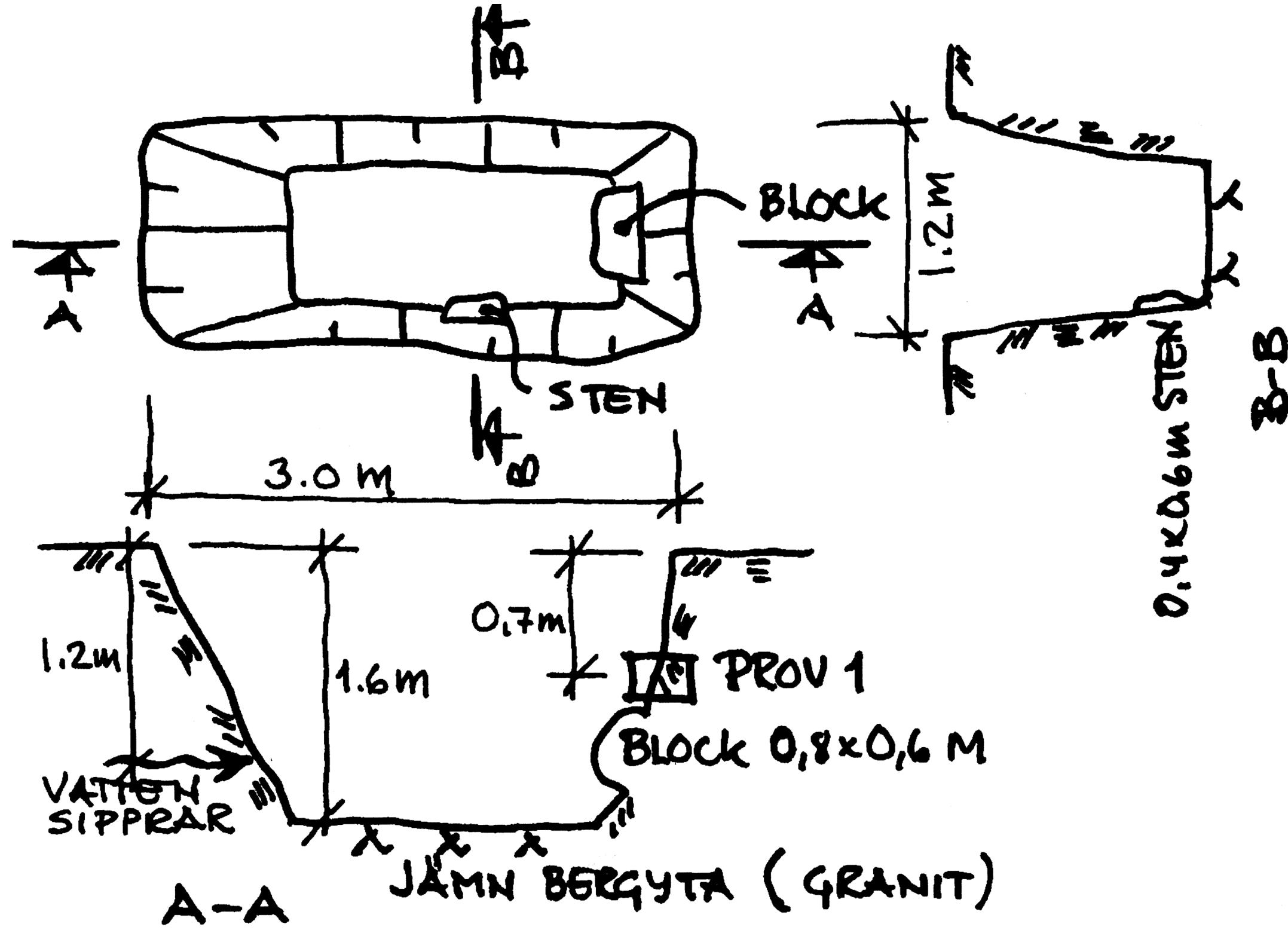
Att videofilma delar av provgrävningen kan också vara en fördel.

8.5.4 Protokoll

Provgropsgrävning ska redovisas i protokoll som förutom obligatoriska upp- gifter enligt Kapitel 1 skall innehålla uppgifter om:

- Väderlek och temperatur
- Använt schaktutrustning
- Typ av mark och topografi
- Markytans nivå

- Eventuellt tjäldjup
- Provropsens geometri
- Fotodokumentation
- Jordlagerföld (jordart samt sten- och blockhalt)
- Ytblockighet
- Beteckning på tagna prover
- Grundvattenobservationer (flöde, inläckningsnivå, stabilisering nivå)
- Övriga observationer (erosion, flytjordsegenskaper, bottenuppluckring)
- Övriga undersökningar och bedömningar (som släntstabilitet, deformationsegenskaper, schaktbarhet, densitet).



Figur 8.40 Exempel på måtsatt skiss över provtagning och observationer vid provgropsundersökning.

Dokumentation av provgropsundersökningen sker i protokoll, se exempel i Kapitel 13. Protokollet ska åtföljas av fotodokumentationen samt bilagor med resultaten från de bedömningar och provningarna som utförts. En måtsatt skiss som utvisar var i gropen olika prover tagits och andra observationer

9. Fältprovning med in situ-metoder

9.1 Inledning

Fältprovning med In situ-metoder är undersökningsmetoder där mätning av en egenskap hos jorden görs direkt på plats (in situ) i jorden, på diskreta punkter eller nivåer. Detta till skillnad från fältprovning med sondering som sker med sammanhängande provningar av jordens egenskaper. Fältprovning med in-situ metoder finns för att mäta:

- densitet (volymvikt)
- spänningstillstånd
- skjuvhållfasthet
- bärighet
- deformationsegenskaper
- permeabilitet (hydraulisk konduktivitet)

I **Tabell 9.1** har de metoder som beskrivs i detta kapitel gråmarkerats, och för övriga metoder ges en hänvisning till andra kapitel i Fälthandboken där mer detaljerad information finns att hämta.

Jordegenskap	Metod	Användbarhet			Mätprincip
		Finjord	Grovjord	Berg	
Densitet, kap 12	Cylindervolymeter	x			Urgrävning – volymbestämning - vägning
	Vattenvolymeter	x	x		
	Sandvolymeter	x	x		
	Isotopmätning		x	(x)	Indirekt mätning
Spänningstillstånd	Tryckdosor	x			Varierande
	Dilatometer	x	x (silt och sand)		Expansion av membran mot jorden
	Pressometer	x	x		
Skjuvhållfasthet	Vingförsök	x			Rotation av vinge
	Spetstrycksondering, kap 7	x	x (silt och sand)		Sondering
	Dilatometer	x			Expansion av membran mot jorden
Bärighet	Pressometer	x	x	(x)	Expansion av membran mot jorden
	Plattbelastningsförsök	x	x	x	Vertikal belastning
Deformations-egenskaper	Pressometer	x	x	(x)	Expansion av membran mot jorden
	Dilatometer	x	x (silt och sand)		
	Plattbelastningsförsök skruvplatta	x	x	(x)	Vertikal belastning
	Geofysik, kap 3	x	x	x	Varierande indirekta mätningar
	Spetstrycksondering, kap 7		x (silt och sand)		Indirekt mätning genom sondering
Permeabilitet (hydraulisk konduktivitet), kap 10	Vattenförlustmätning			x	Mätning i kärnborrhål
	"Slug test"		x		Sjunkande eller stigande nivå i GW-rör
	Portrycksmätare	x			Sjunkande nivå (vattenyta eller tryck) i portrycksmätare

Tabell 9.17 Fältprovning med in situ-metoder.

Standarder och rekommendationer inom området finns i Kapitel 14.

Om en europeisk standard finns gäller denna. Några formella svenska standarder för in situ-metoder har inte funnits tidigare utan s.k. av SGF rekommende-

rade standarder har använts. Dessa ersätts av europeiska standarder alltefter som de senare blir färdiga och antagna.

9.2 Dilatometerförsök

9.2.1 Allmänt

Dilatometer används för att mäta spänningstillstånd, hållfasthet och deformationsegenskaper i lera, silt och sand.

9.2.2 Utrustning

Dilatometerutrustningen består av följande huvuddelar:

- Dilatometer (mätkropp)
- Neddrevningsstänger
- Mät- och regleringsinstrument
- Tryckslangar
- Gastub med reduceringsventil
- Jordkabel
- Vakuum- och tryckpump med manometer för kalibrering av nollvärden

Dilatometern (mätkroppen) består av en stålplatta med tjocklek 15 mm, längd 240 mm och bredd 96 mm. Måtten kan variera något för olika modeller. Mitt på plattans ena bredsida finns ett cirkulärt stålmembran med diametern 60 mm. Bakom membranet finns en tryckkammare och ett kontaktdon som kortsluter en elektrisk krets då membranet är tryckt mot plattan respektive har trycks ut 1,1 mm från denna. Membranet trycks ut med gastryck via en slang till markytan.



Figur 9.41 Dilatometer – Mätkropp och mät- och reglerinstrument.

Neddrevningsstängerna utgörs av kolvborrstänger ϕ 42 mm eller hålade stänger ϕ 32 – 36 mm. För att slangens skall kunna passera inuti stängerna krävs ett fritt hål i skarvtapparna på minst 6 mm.

Mätinstrumentet innehåller två manometrar med olika mätområden som omkopplas automatiskt. Instrumentet innehåller en elektrisk krets med ljud- och visarsignal. Signalen ges när:

- dilatometerns membran är tryckt mot botten av tryckkammaren

- dilatometerns membran har tryckts ut 1,1 mm.

Två tryckslangar behövs för att utföra försöket:

- Tryckslang 1 från gastuben till mäteinstrument
- Tryckslang 2 från mäteinstrument till dilatometern. Denna tryckslang innehåller också elledning för signalkretsen. Fel i tryckslang 2 kan sällan avhjälpas i fält. En extra slang bör därför finnas med i reserv.

Gastuben innehåller kvävgas (nitrogen) eller torr komprimerad luft. Trycket skall vara minst 4 MPa (40 bar).

Jordkabeln används för ”jordning” av instrumentet mot dilatometern så att strömkretsen sluts då kontaktdonet bakom membranet slår till.

Vakuumpumpen används för att för hand suga in dilatometerns membran mot botten av tryckkammaren i dilatometern och att trycka ut det 1,1 mm vid kalibrering av nollvärdet.

Mått och toleranser m.m. redovisas bl.a. i av SGF rekommenderad standard. Där anges att dilatometerplattans tjocklek ska vara 13,5 – 15,0 mm. Spetsvinkel i eggen ska vara 16°. Dilatometern ska vara rak. Även neddrivningsstängerna ska vara raka, maximal utböjning får vara 0,5 mm/m för de nedersta 5 metrarna och 1 mm/m högre upp. Skarvarna ska ha samma rakhet som stänger-na.

Tryckslangen mellan dilatometer och mät- och regleringsinstrument ska vara tät. Avläsningsfelet på instrumentets manometrar får maximalt vara 0,5 % av mätområdet. Instrumentet ska kalibreras minst en gång per år eller efter skada, överbelastning och reparation.

9.2.3 Kontrollpunkter före användning

Kontrollera att:

- Kalibreringen av mäteinstrumentet är giltig enligt företagets kvalitetssystem.
- Membranet är tätt och inte alltför slitet (repigt). Kontrollera också att membranet inte är alltför tjockt och styvt. För lös och medelfast finkornig jord används normalt s.k. EL-membran. Membranet byts vid behov.
- Mäteinstrument, slangar och dilatometer är täta för de tryck som kan tänkas bli aktuella.
- Dilatometer och stänger är raka och uppfyller övriga krav.
- Transportsäkringen på manometerns baksida är borttagen.
- Batterisignalen är stark och batteriet är i god kondition.

9.2.4 Utförande av försök

1. Torrskorpa och fyllning förborras. Det förborrade hålet bör ha en diameter av minst 10 cm.
2. Trä tryckslang 2 genom samtliga neddrivningsstänger och fäst den första stången i neddrivningsanordningen. Skydda kontakter och anslutningar. Anslut dilatometern till tryckslang 2 (vrid dilatometern - inte slangen). Kontrollera att elkabeln ansluts rätt. Anslut dilatometern till stången (vrid stången -

inte dilatometern). Anslut därefter tryckslang 2 och jordkabel till instrumentet.

3. Dilatometerns membran kalibreras före försöksserien i varje punkt samt efter byte av membran. Vid kalibreringen ansluts handpumpen och kalibreringsmanometern till instrumentet och jordkabelns ände ansluts till dilatometern, antingen direkt på mätkroppen eller på stången eller borrbandvagnen så att elektrisk kontakt uppnås med instrumentet.

Vid kalibrering bestäms kalibreringsvärdena ΔA och ΔB . ΔA motsvarar det inre övertryck som fordras för att få det obelastade membranet att precis släppa anliggningen mot plattan, dvs. röra sig 0,05 mm ut från denna, och ΔB är det inre tryck som behövs för att få det obelastade membranet att röra sig 1,10 mm ut från plattan. Med obelastat menas att det bara är det rådande lufttrycket som verkar mot membranets utsida. I verkligheten är ΔA ett negativt värde (membranet får sugas in mot plattan) men detta anges som ett positivt värde.



Figur 9.42 Dilatometer under nedtryckning med borrbandvagn.
Tryckslangen är förträdd genom stängerna och ansluten till instrumentet och gastuben med sin reducerventil är inkopplad.

Vid kalibrering av ett nytt membran sugs membranet först in och trycks ut cirka 20 gånger.

Vid kalibreringen sugs membranet först in så att det blir kortslutning i ellkretsen och signalen kommer. Trycket släpps sedan mycket sakta tills signalen upphör och trycket då detta sker antecknas som ΔA . Trycket ökas sedan tills membranet rört sig 1,1 mm ut från plattan och signalen återkommer. Den sista

delen av denna tryckökning skall också göras mycket långsamt så att trycken i systemet hinner utjämna. Trycket då signalen återkommer antecknas som ΔB . Operationen görs ett antal gånger tills stabila och konstanta värden erhålls vid upprepade kalibreringar.

Efter kalibreringen tas anslutningen till handpumpen och kalibreringsmanometern bort från instrumentet.

Till kalibreringen hör också att nollvärdet på manometerna i instrumentet avläses då endast det rådande lufttrycket verkar i systemet. Dessa antecknas som Z_M för respektive manometer.

De kalibrerade värdena utgör nollvärdet före försök.

4. Tryckslang 1 ansluts till gastuben och reduceringsventilen ställs in på maximalt 80 bar. Därefter ansluts den till dilatometerns mätinstrumentet
5. Dilatometern skall drivas ned med jämn hastighet av 20 ± 10 mm/s till avsedd försöksnivå. Maximal tryckkraft som får läggas på är 100 kN. När neddrivningen sker med en utrustning som är försedd med kraft- och djupgivare skall neddrivningskraften alltid mätas och registreras som funktion av djupet. Slag får användas endast i undantagsfall. Vridning får inte förekomma, vilket skall iakttas vid exempelvis skarvning. I vissa fall, som ibland vid undersökningar i sländer, önskas att mätningarna utförs i en viss riktning. Dilatometern orienteras då med bredsidan i denna riktning och får sedan inte vridas. Om inget annat anges utförs försöken med 0,2 meters djupintervall från angivet startdjup till motsvarande stoppdjup eller annat stoppdjup. Under neddrivningen hörs ljudsignalen då jorden pressar in membranet mot plattan.
6. Efter att en försöksnivån nåtts frikopplas stängerna så att ingen yttre nedpressningskraft verkar på dem. I extremt lös jord kan de dock behöva vara låsta så att de inte sjunker för egentyngden. Ventilationskranen på instrumentet stängs och gastrycksökningen påbörjas inom 15 sekunder efter att nivån nåtts. Trycket ökas försiktigt så att signalen upphör 15–30 sekunder efter tryckökningens startat. Vid denna tidpunkt avläses manometertrycket, A-avläsningen.

Tryckökningen fortsätter tills signalen återkommer, vilket bör ske efter ytterligare 15–30 sekunder. Vid denna signal avläses manometertrycket ännu en gång, B-avläsningen.

Därefter stängs trycktillförseln och ventilationskranen öppnas. Försöket är därmed klart på denna nivå och dilatometern trycks ned till nästa försöksnivå.

7. Efter att försöksserien i en borrpunkt avslutats och dilatometern dragits upp görs en ny kalibrering. De värden på ΔA , ΔB och Z_M som då erhålls utgör nollvärdet efter försök. Om försök skall utföras i en ny punkt direkt därefter kan nollpunktsavsläsningarna inför försöken i detta också vara nollpunktsavsläsningar efter försöken i det föregående.
8. Innan utrustningen transporteras en längre sträcka sätts transportsäkringen

på manometerns baksida fast.

9.2.5 Kontrollpunkter vid försök

Följande skall kontrolleras under försökets utförande:

- Tryckökningshastigheten hålls under kontinuerlig uppsikt och justeras successivt så att angivna tidsgränser för signaler hålls.
- Kontrollera att signal erhålls under nedrivningen. I annat fall kontrolleras först jordkabelns anslutning. Hjälper inte detta måste dilatometern tas upp för kontroll av elledningens, membranets och kontaktdonets funktioner.

FÖRETAG DILATOMETERMÄTNING									
Uppdragsnummer 4652149			Punktnummer 9:14			Datum 951201		Blad	
Uppdragsnamn Fält handbok			Metod Dm		Ref. yta My	Marknivå/Ref.nivå +10.00		Sign. UE	
Punktskiss mot 9:15 9:14 x → o x → 2.0m			Dilatometer Nr 167			Kontrollenhet Nr 10			
			Kalibreringsvärde delta A (bar) Före: 0.06 Efter: 0.06			Kalibreringsdatum 950401			
			Kalibreringsvärde delta B (bar) Före: 0.42 Efter: 0.42			0-värde manometer: Zm (bar) 0.02			
						Vattenyta (m) 1.5			
Djup (m)	A-värde (bar)	B-värde (bar)	Djup (m)	A-värde (bar)	B-värde (bar)	Djup (m)	A-värde (bar)	B-värde (bar)	
.2	0.37	0.97	.2	0.28	0.72	.2	0.89	3.92	
.4	0.46	1.75	.4	0.13	0.52	.4	0.95	4.16	
.6	0.54	2.15	.6	0.17	0.59	.6	1.14	5.12	
.8	0.62	2.30	.8	0.16	0.58	.8	1.15	5.10	
2.0	0.47	2.05	3.0	0.52	1.95	4.0	1.10	5.05	
.2	1.12	5.17	.2			.2			
.4	1.17	6.90	.4			.4			
.6			.6			.6			
.8			.8			.8			
5.0			□.0			□.0			
.2			.2			.2			
.4			.4			.4			
.6			.6			.6			
.8			.8			.8			
□.0			□.0			□.0			
Läkttagelser och anmärkningar Stopp på 5,5 m djup									
Mätu. neddrivn. se fältminne 1625									

Figur 9.43 Exempel på protokoll för ett dilatometerförsök.

9.2.6 Protokoll

Följande skall noteras i protokoll till varje försökpunkt:

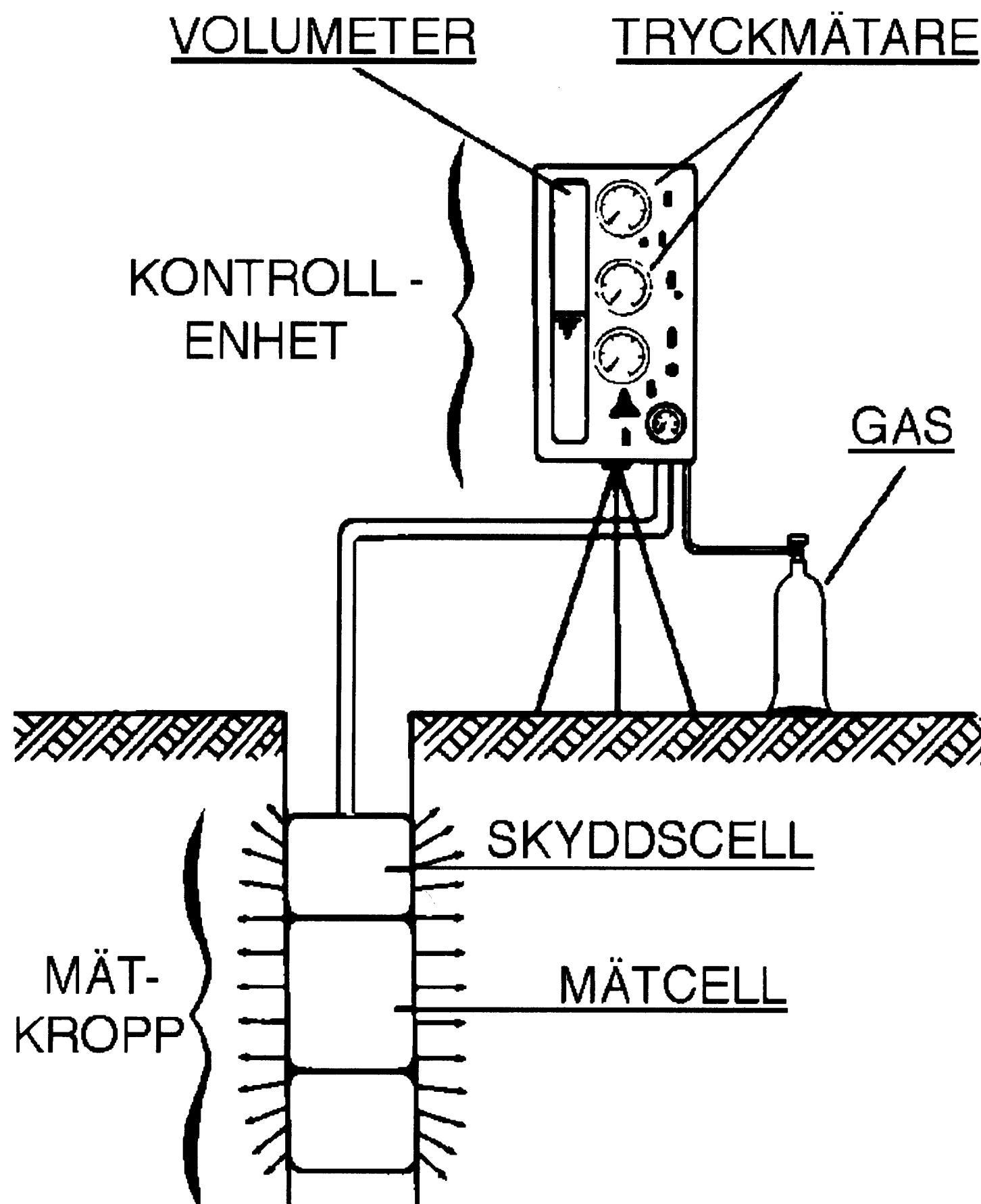
Obligatoriska uppgifter enligt kap. 1.

- Referensnivå.
- Uppmätt grundvattenyta i undersökningspunkten.
- Nollvärde ZM för manometrar.
- Kalibreringsvärdet ΔA och ΔB före försöket.
- Kalibreringsvärdet ΔA och ΔB efter försöket.
- Avläsa värden A, B samt djup för varje försöksnivå. Använd mättenhet skall anges tydligt.
- Nedpressningskraft mot djup från datalogger (om sådan används).
- Anmärkningar av betydelse för tolkning exempelvis om slag har använts vid neddrivningen och i så fall var, skarpljud, variationer i kraft, svårigheter att följa standard (tryckökningshastighet), läckage eller svaga signaler.

9.3 Pressometerförsök

9.3.1 Allmänt

Pressometerförsök används till att mäta deformationsegenskaper och hållfasthet i fast lera, friktionsjord och berg. Den i Sverige historiskt vanligast förekommande typen, "Ménardpressometern", används i förborrade hål och mätningen sker genom att ett membran på provkroppen trycks ut mot hålets väggar med gastryc och belastar jorden horisontellt på mätningens nivå. Pressometerförsök enligt Menard är under standardisering i Europa. Utrustningen finns i olika utföranden och väljs beroende på vilken typ av jord (eller berg) som skall provas. Ett antal utrustningar som bygger på denna mätprincip finns. Liknande utrustningar finns också där membranets expansion är styrt genom volymskontroll. Dessa används för mer avancerade försök där jordens deformationsegenskaper kan mätas mer i detalj. Därutöver finns självborrande pressometrar. De senare kräver specialutbildad personal.



Figur 9.44 Pressometerns huvuddelar.

9.3.2 Utrustning

Den vanligaste typen av pressometer är av typ GC med vatten i mätcellen och gas i skyddscellerna. Nedanstående beskrivning gäller för denna typ.

Den vanliga pressometern består av följande huvuddelar:

- Cylinderformad mätkropp indelad i tre celler som kan tryckas ut i radiell led (ökad diameter). Mätkroppen är innesluten i ett skyddsmembran av gummi. Ytterligare skydd behövs oftast för att förhindra skador på gummimembranet.

- Mätkroppens mittersta cell är den vattenfylda mätcellen som står i förbindelse med både mätröret och ett gastrycksystem. De omgivande cellerna är skyddsceller som är gasfylda och direkt anslutna till gastrycket.
- Mätkroppar finns i olika diametrar. Vanligast är 32, 44 och 60 mm diameter. Till 32 och 44 mm mätkroppar finns slitsrör med ytterdiameter 44 respektive 60 mm. Övriga mått och dimensioner redovisas i nedanstående tabell.

Diameter	Mätcellens längd	Startvolym V_0
32 mm	165 mm	130 cm ³
44 mm	370 mm	535 cm ³
60 mm	210 mm	535 cm ³

När slitsrör används skall slitsrörets ytterdiameter anges. Denna skall senare användas för att räkna ut pressometerns startvolym vid tolkningen av försöksresultaten.

- Gasbehållare med reducerventil för att sätta mät- och skyddsceller under övertryck. Maximalt tryck är 8 MPa (80 bar). Kvävgas (nitrogen) eller torr komprimerad luft kan användas.
- Kontrollenhet, som kontrollerar tryckökningen i mätkroppen och skillnaden i gastryck som läggs på mätcell respektive skyddsceller samt registrerar mätcellens volymökning. Volymen i mätcellen mäts med hjälp av ett graderat mätrör.
- Slangsystem mellan mätkropp och kontrollenhet. Detta kan bestå av en koaxialslang (vattenslang inuti gasslang) eller separata slangar för vatten till mätcellen och gas till skyddscellerna.
- Förlängningsstänger för att sänka ner, fixera och ta upp mätkroppen i det förborrade hålet.
- Utrustning för att förborra och stabilisera provhålet som anpassas till aktuell mätkropp och jordart (eller bergart). Förborrade hål utan slitsrör skall ha en diameter som är 2 - 6 mm större än pressometerns mätkropp. Resultaten av försök i förborrade hål är helt beroende av kvaliteten på hålet och minsta möjliga störning av hålväggar och jorden runt hålet skall eftersträvas. Ett flertal olika verktyg och metoder har tagits fram för förborrning i olika jordar. Huvudprincipen är att hålets väggar skall stå och inte röra sig inåt. Detta medför att metoder där väggarna riskerar att sugas in då borrverktyget tas upp inte kan användas och att hålväggarna ofta får stötta med tung borrvätska.
 - I finkornig jord används normalt fristående hål som kan förborras med en

ihålig jordskruv i kombination med bentonitslurry under grundvattenytan. Vid uppdragningen av jordskruven skall då bentonitslurryn rinna eller pumpas ned genom stängerna så att inget sug uppstår under skruven utan hålväggarna istället stöttas av bentonittrycket. Den sista delen av hålet där försöket skall utföras förborras helst mycket försiktigt, helst för hand, med ett speci-



Figur 9.45 Ihålig jordskruv för pressometerhål med öppningsbar spets för bentonitfyllning av hålet under skruven vid uppdragning.



Figur 9.46 Specialverktyg för försiktig upptagning av pressometerhål.

ellt verktyg som kan beskrivas som ett långt spadborr. Motsvarande håltagningsteknik används också om möjligt i sand. Alternativt kan slagning av foderrör (slitsrör) bli nödvändigt, speciellt under grundvattenytan.

- I grov jord används normalt slagning av foderrör (slitsrör).
- I sedimentärt berg används både slående och roterande borrmetoder i kombination med borrvätskan.

9.3.3 Kontrollpunkter före utförande

- Kalibrering av kontrollenheten är giltig enligt företagets kvalitetssystem
- Mätsystemet, dvs. mätcellen och dess anslutningssläng till mätröret på instrumentet samt mätröret skall vara vattenfyllt och fritt från inneslutna luftbubblor.

lor.

- Kontrollenhet, slangar och mätkroppar är täta för de tryck som skall utnyttjas. Detta kan kontrolleras genom att trycksätta systemet med mätkroppen i ett stålrör med 5 – 7 mm större diameter än mätkroppen. Röret bör vara vattenfyllt så att tätheten hos skyddscellerna kan kontrolleras.
- Mätkroppar med nya gummimembran skall ha expanderats minst 20 ggr före kalibrering
- Mätkroppar och borrmетодer har samhörande dimensioner och att rätt typ av skyddsmembran används. Skyddsmembranet skall väljas så att det ger ett minsta motstånd mot expansion samtidigt som det ger ett tillräckligt skydd mot skador på de innanförliggande gummimembranen.

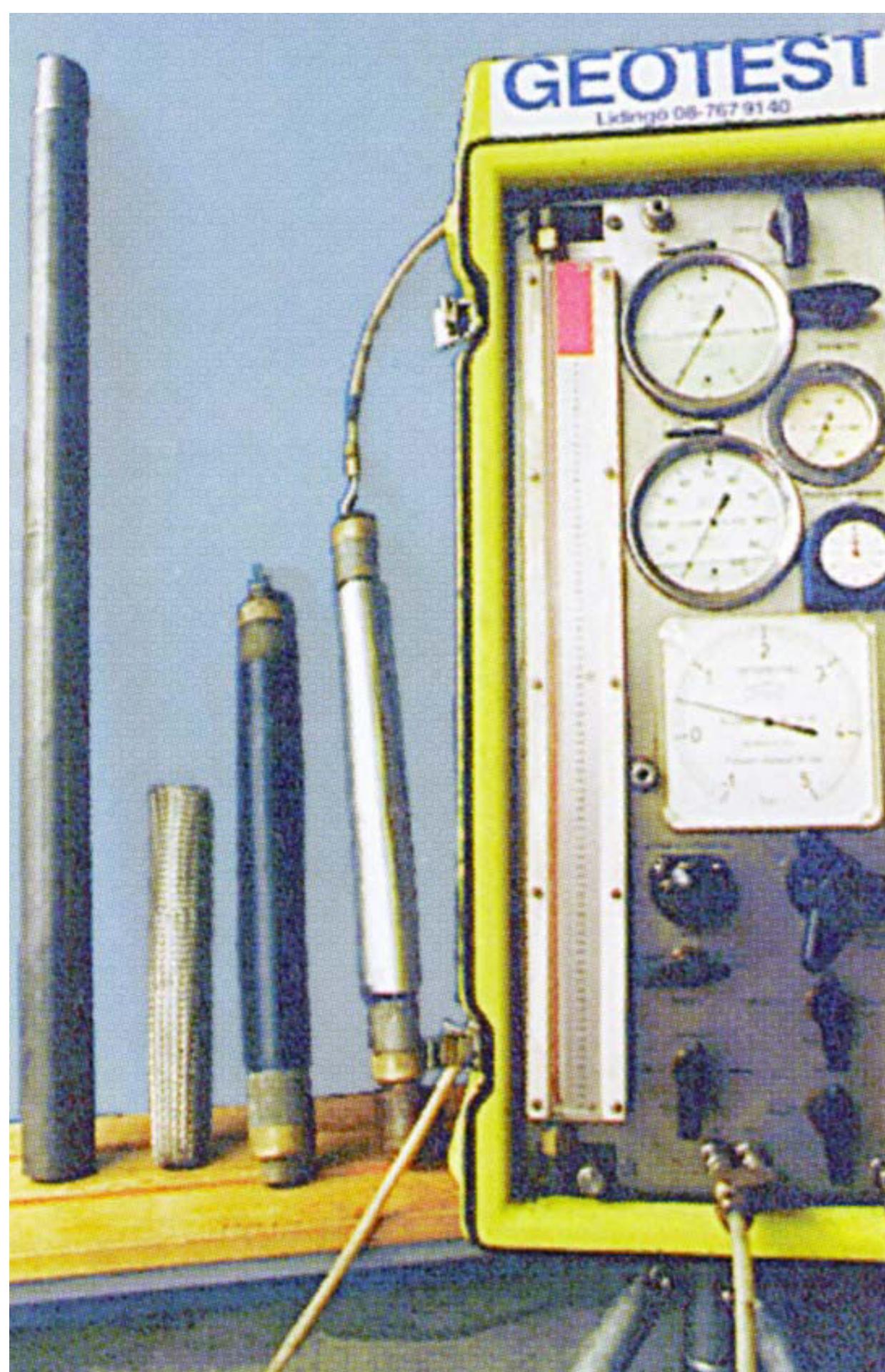
9.3.4 Utförande

Val av membran

Mätkroppens skyddsmembran är utbytbart. Membranet väljs så att korrektionen för egenstyvheten blir liten i förhållande till jordens fasthet samtidigt som risken för skador på membranet på grund av grövre och skarpa partiklar i jorden minimeras. För mätningar utan slitsrör används normalt gummimembran, s.k. canvas cover eller metallfolieskydd i finkornig jord och armerade stålkordsmembran i grövre friktionsjord och i sedimentärt berg.

Kalibrering

För att korrigera för slangarnas och membranens styvhet och egna motstånd mot expansion skall pressometern kalibreras genom att mätkroppen expanderas hängande fritt i luften med mätkroppen ovanför markytan, helst på samma nivå som instrumentet. Om mätkroppens och instrumentets nivå skiljer skall höjdskillnaden noteras. Om slitsrör används skall kalibreringen utföras med mätkroppen inuti slitsröret. Kalibrering utförs före och efter varje försökpunkt samt efter byte av membran på mätkroppen. Före kalibrering av ett nytt membran skall detta ha expanderats till sin maximala volym minst 20 ggr.



Figur 9.47 Pressometer typ Menard med olika skyddshöljen. Från vänster ses slitsrör, stålkordsskydd för mätning i skarpkantat materia, Mätkropp med gummimembran och mätkropp med metallfolieskydd. Till höger i bild ses en kontrollenhet.

Vid kalibrering avläses nollvärdet för volymen, som skall vara nära noll. Något gastryck eller vätsketryck på grund av nivåskillnad mellan mätkropp och instrument skall då inte verka på mätkroppen. Vid behov fylls vatten på. Sedan expanderas mätkroppen och tillhörande pålagda gastryck avläses. För denna typ av pressometer rekommenderas att trycket i mätcellen skall vara 110 kPa högre än i skydds cellerna. Denna tryckskillnad ställs in så att trycken i strycellerna börjar öka först då trycket i mätcellen överstiger 110 kPa (1,1 Bar). Kalibreringen utförs med minst cirka 10 steg. Trycken i varje steg skall verka under 1 minut innan volymavläsningen görs. Högsta kalibreringstryck är vanligen 0,1 till 0,3 MPa för de membran och slitsrör som används.

Vid kalibrering av 60 mm och 44 mm mätkroppar är maximal volymökning 750 cm^3 och lämpligt volymintervall 50 cm^3 .

Vid kalibrering av 32 mm mätkroppar är maximal volymökning 200 cm^3 och lämpligt volymintervall 20 cm^3 .

Inför försök i mycket fast jord och berg skall utrustningens egendeformation kalibreras. Detta görs med pressometern införd i ett styvt stålör med 5 – 7 mm större diameter än mätkroppen. Normalt används samma rör som för kontroll av täthet. Vid denna kalibrering ökas trycket i cirka 10 steg upp till det maximala tryck som kan bli aktuellt.

Installation av mätkropp

Mätkroppen installeras till provningsnivån antingen i ett förborrat hål eller med slitsrörsteknik.

Med slitsrörsteknik slås eller trycks forderröret ner i marken med mätkroppen på plats inuti den slitsade delen. Då jorden trängs undan uppstår en spänningssökning i jorden runt spetsen. Erfarenheten visar att denna spänning utjämns och i stort sett försvinner på nivån allt eftersom spetsen slås djupare. Om slitsrörsteknik används bör därför slitsröret ha en förlängningsspets som är minst 10 gånger längre än rörets diameter.

Vid slagning av slitsrör finns risk för att silt- och sandpartiklar skallträna in i röret genom slitsarna, vilket kan försvåra uppdragning/nedsänkning av pressometern genom röret. Problemet kan undvikas genom att ha slitsröret fyllt med bentonitslurry vid neddrivningen.

När slitsrörsteknik används i siltig och lerig jord under grundvattenytan uppkommer ett porvattenövertryck vid nedslagningen som måste avklinga innan försöket utförs. Denna utjämning kan ta allt från någon minut till flera timmar.

Försök

Pressometermätningar görs vanligen uppifrån och nedåt med successiv fördjupning av borrhålet mellan mätnivåerna. Vid användning av slitsrörsteknik i siltig jord kan man minska problemen med porvattenövertryck genom att slå ned slitsröret till slutligt djup dagen före mätningarna och sedan utföra mätningarna nedifrån och upp.

1. Volymen nollavläses i mäträret med pressometern hängande i nivå med instrumentet och kranarna öppna så att inget tryck utöver atmosfärstrycket verkar i cellerna och mätkroppens volym motsvarar dess angivna nollvolym.

Eventuellt justeras vattenmängden i mäträret så att nollavläsningen är nära noll. Instrumentets höjd över referensnivån (markytan mäts och antecknas. Därefter stängs kranarna.

2. a) Mätkroppen sänks med hjälp av förlängningsstängerna till mätnivån i det förborrade borrhålet. Se till att vattenkranarna verkligen är stängda så att inte mätcellen expanderar på grund av att vattentrycket ökar med djupet och mätkroppen fastnar. På större djup än 10 m kan detta inte undvikas om hålet är torrt. Om problem uppstår kan hålet fyllas med bentonitslurry. Installation av mätkroppen i ett förborrat hål fyllt med bentonitslurry görs långsamt så att inga övertryck uppstår i slurryn under mätkroppen. Det finns ihåliga mätkroppar som underlättar detta.

b) Om mätkroppen slagits eller tryckts ner inuti ett slitsrör, görs minst 5 minuters uppehåll innan tryckökningen påbörjas.

3. Gastrycket och vattentrycket skall justeras beroende på mätnivån. Trycket i mätcellen som är det pålagda gastrycket plus det hydrostatiska vattentrycket från instrumentet till mätnivån skall hela tiden vara cirka 110 kPa högre än trycket i skyddscellerna där bara gastrycket verkar.

4. Provningen utförs med stegvis tryckökning i mätkroppen. Varje laststeg skall hållas konstant i 1 minut och avläsning av mätcellens volym (i det graderade mäträret) görs efter 15 och 30 sekunder samt efter 1 minut. Om trycket skulle förändras något under denna tid antecknas sluttrycket. Trycket får inte justeras efter att det är pålagt. De första stegen i en jord med okända egenskaper görs med en tryckökning av 0,025 – 0,05 MPa, för att sedan eventuellt ökas så att antalet steg till brott i jorden eller maximal expansion i mätkroppen blir ca 10.

5. Mätningarna avslutas när brott (plasticering) har inträffat i jorden. Detta märks genom att volymökningen under tiden för ett laststeg ökar markant i förhållande till föregående laststeg. Mätningarna avslutas, i de fall inte något tydligt brott märkts, när full expansion av mätkroppen uppnåtts. För de vanliga mätkroppar som angetts ovan avbryts expansionen då vid:

Mätkropp diameter	Maximal volymökning
32 mm	180 cm ³
44 mm	600–700 cm ³
60 mm	600–700 cm ³

6. Då försöket avbryts minskas trycket i mätkroppen till 0 och kontroll görs att allt vatten återkommer från mätcellen till kontrollenheten. Återströmningen av vattnet kan underlättas genom att låta gastrycket i skyddscellerna hjälpa till att trycka upp vattnet i mätcellen.

9.3.5 Kontrollpunkter vid försök

Följande skall kontrolleras under försökets utförande:

- Trycket under ett laststeg övervakas och kontrolleras och sluttrycket noteras om det skiljer från avsett tryck.
- Tryckskillnaden mellan mätcell och skyddsceller övervakas och justeras om det behövs innan nästa laststeg läggs på.
- Volymen under ett laststeg övervakas kontinuerligt. Om volymökningen (krypningen) är påtagligt mindre mellan 15 och 30 sekunder än mellan 30 och 60 sekunder kan en läcka i mätkroppen eller slangarna misstänkas och mätkroppen tas då upp och inspekteras efter avslutad mätning på nivån.

9.3.6 Protokoll

- Typ av utrustning och instrumentnummer
- Mätkroppens storlek och använd skyddsmembran
- Identifikationsnummer på tillhörande kalibreringskurva.
- Installationsmetod för mätkroppen och hur installationen utförts: verktyg, borrvätska, nedtryckning, slag, längd på förlängningsspets etc.
- Bedömd hålkvalitet vid förborrat hål respektive diameter på slitsrör
- Referensnivå
- Försöksnivå och kontrollinstrumentets höjd över referensnivån.
- Nollavläsning i mätröret.
- Försöksresultat visande pålagt tryck och avläst volym i mätröret i cm³ efter 15, 30 och 60 sekunder för samtliga steg.
- Anmärkningar av betydelse för tolkning

9.4 Volymskontrollerade pressometerförsök

9.4.1 Utrustning

Utrustningen för volymskontrollerade pressometerförsök skiljer sig på så vis att mätkroppen inte expanderas med gastrick utan genom att vattenmängden i mätcellen regleras med en tryckkolv i det helt vattenfylda mätsystemet. Trycket som uppstår i systemet registreras med manometrar eller elektriska tryckgivare. Några skyddsceller finns inte utan mätcellen är längre i förhållande till diametern för att minimera ände effekterna.

9.4.2 Installation

Mätkroppen installeras i förborrade hål på motsvarande sätt som för vanliga pressometrar.

9.4.3 Kalibrering

Kalibreringen av utrustningen är mer omfattande. Mätsystemets egendeformation kalibreras alltid i ett styvt kalibreringsrör i vilket mätkroppen kan föras in. Vid kalibrering av membranets motstånd mot expansion måste flera cykler med av- och pålastning utföras så att riktiga korrektioner sedan kan göras beroende på om försöket befinner sig i en på- eller avlastningsfas. Beroende på hystereseffekter hos membranet kan mycket olika kalibreringskurvor fås vid på- respektive avlastning. På grund av krypeffekter i membranet ändras de också beroende på vilken hastighet expansionen sker och tid efter volymsförändring. Kalibreringen måste därför utföras med samma hastighet som

den som skall användas under försöket och ett flertal stopp göras under såväl på- och avlastningscyklerna med avläsning av trycket vid olika tidpunkter efter stoppen.



Figur 9.48 Exempel på utrustning för volymskontrollerade pressometerförsök.

9.4.4 Försöksutförande

Försöket kan utföras genom kontinuerlig eller stegvis expansion av mätcellen. Kontinuerlig expansion kräver ett datainsamlingsssystem så att volym och tryck fortlöpande kan läsas av samtidigt. Stegvisa försök kan utföras som vanliga pressometerförsök med tryckökningssteg och konstanthållning av trycket under en viss tid. Det speciella med volymskontrollerade försök är att man under försöket kan utföra avlastningar och återbelastningar och mäta jordens elastiska egenskaper vid små deformationer och hur dessa förändras med tryckens och deformationernas storlek. Ett speciellt förfarande som innefattar 9 olika sådana avlastnings-återbelastningsteg vid olika stadier av försöket och med olika storlek på deformationerna mellan stegen samt minst ett steg med längre konstanthållning av trycket har utarbetats för att få ut mesta möjliga information ur ett enda försök.

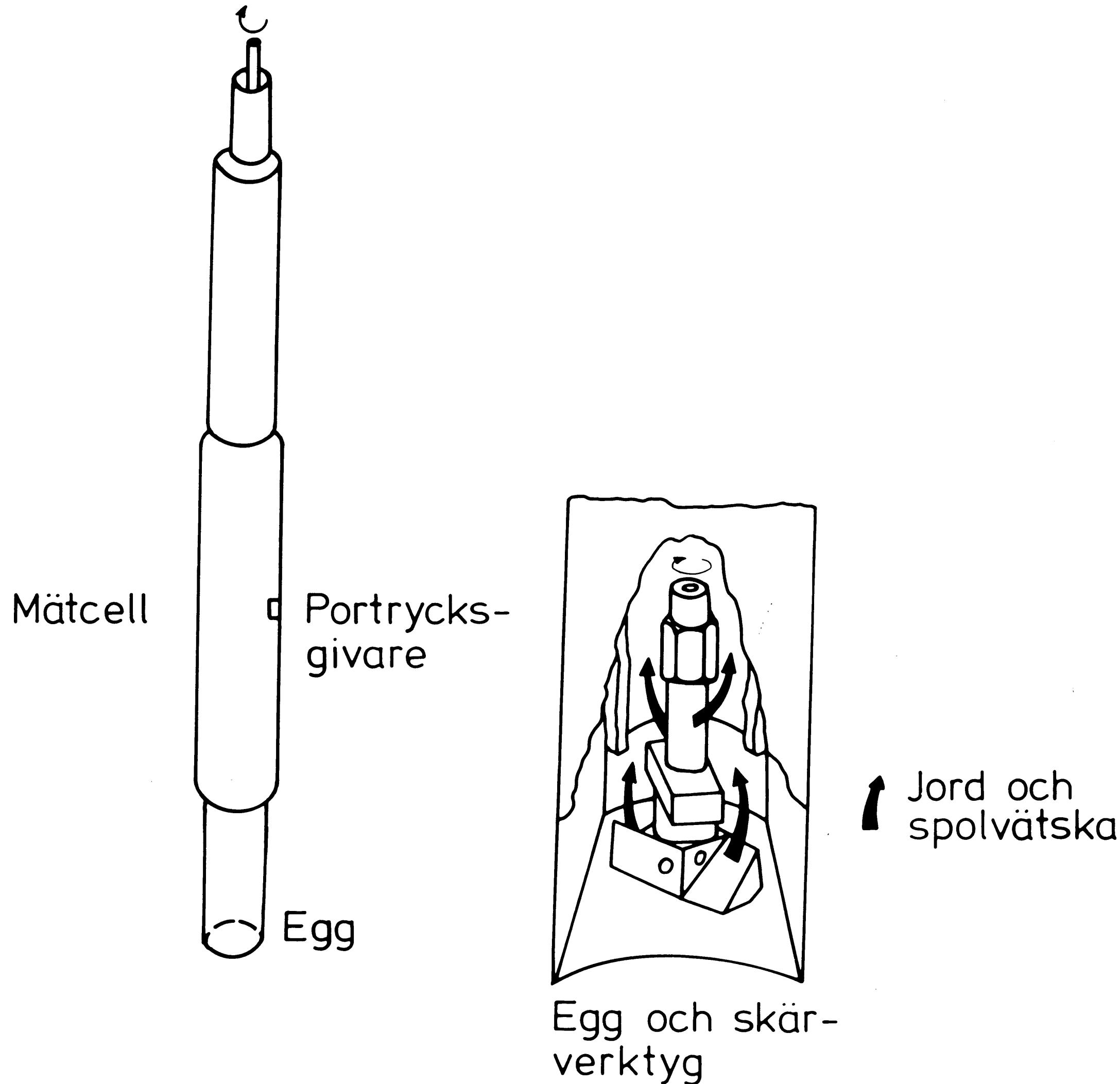
Försöket och utrustningen är inte speciellt komplicerade men omständliga. Försöket med ovanstående förfarande tar dock betydligt längre tid att utföra än ett vanligt pressometerförsök. Exakt hur försöket skall utföras skall vara noga specificerat av beställaren.

9.5 Självborrande pressometer

Syftet med självborrande pressometrar är att övervinna problemen med att få förborrade hål med perfekt kvalitet. En självborrande pressometer är ihålig med en egg längst ned. Den trycks ned och eggen får jorden att stansas in i denna. Vid eggen sitter ett roterande verktyg inne i pressometern som skär sönder den instansade jorden och denna spolas sedan upp invändigt med borrvättska. Neddrivningshastighet, rotationshastighet och spoltryck anpassas efter jordens sammansättning och egenskaper.

De självborrande pressometrarna har ofta avancerad elektronisk mätrustning så att membranets rörelse kan registreras i olika riktningar och eventuellt också portrycksmätare på membranet. Som regel kan alla de ovannämnda typerna av försök utföras.

Installation och försök med självborrande pressometrar kräver specialutbildad personal.



Engelsk självborrande pressometer
Cambridge In Situ

Figur 9.49 Exempel på utrustning för volymskontrollerade pressometerförsök.

9.6 Fältvingförsök

9.6.1 Allmänt

Vingförsök används för att mäta odränerad skjuvhållfasthet i finkornig jord, främst lera och gyttja. Även den omrörda skjuvhållfastheten bör mätas som då även ger jordens sensitivitet.

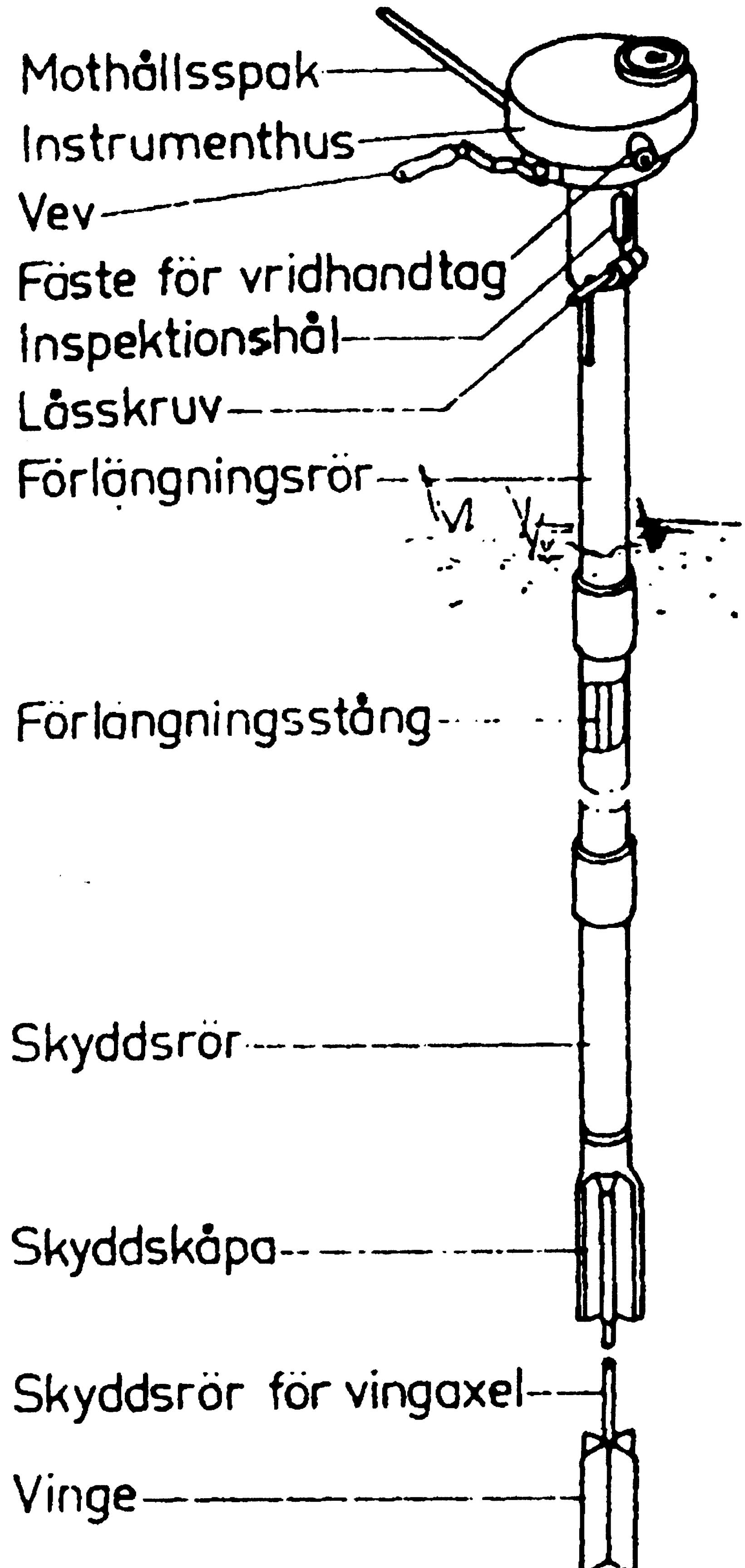
Beskrivningar i denna fälthandbok baseras på svenska utrustningar, vingförsök med dansk utrustning samt Lommevingborren. Europastandarden SS - EN ISO 22476-9, Field Vane Test (FVT), är inte fastställd.

9.6.2 Utrustning

Utrustning för vingförsök består av följande huvuddelar:

- Vingdon.

- Glappkoppling för svensk utrustning.
- Förlängningsstänger.
- Registreringsinstrument.
- Neddrivningsutrustning.



Figur 9.50 Exempel på vingutrustning med instrument som endast registrerar maximalt vridmoment.

Förhållandet mellan vingdonets höjd H och bredd D skall normalt vara 2. Vingdon för svenska utrustningar finns i 4 olika storlekar, från 40x80 mm till 100x200 mm. Det använda vingdonets storlek väljs med hänsyn till jordens fasthet så att mätnoggrannheten blir god. Diametern hos vingdonets skaft och förekommande svetsar, utstansningar, brickor etc. i vingbladens centrum får vara högst 14 mm.



Registreringsinstrumentet används även för att rotera vingen under försöket. Registreringsinstrumenten är mekaniska eller elektriska. Mekaniska instrument registrerar vridmomentet antingen som ett maximalt värde (stångfriktionen skall då vara försumbar) eller genom uppritning av vridmomentet som funktion av rotationen på vaxat papper. Elektriska instrument registrerar normalt vridmomentet som funktion av rotationen elektroniskt i digital form. Försöket kan då följas på datordisplay i fält och värdena sparas i minnesenhet.



Figur 9.51 Vinginstrument för registrering av vridmoment som funktion av rotation på vaxat papper samt vingdon till utrustning utan skyddsrör och skyddskåpa. På den mellersta vingen ses en glappkoppling monterad.

Vridmomentet på grund av friktion mot stängerna skall kunna separeras. I utrustningar med skyddsrör runt stängerna elimineras större delen av stångfriktionen. Den kan dock fortfarande vara betydande, speciellt vid försök på stora djup och bör mäts och separeras från det totala vridmotståndet. Vingdonets skyddas då i en skyddskåpa under neddrivningen och skjuts ut när skyddskåpan och rörsystemet trycks ned till strax ovanför försöksnivån. Utskjutningslängden skall vara 0,35 – 0,50 m.

Hos utrustningar utan skyddsrör mäts stångfriktionen med hjälp av en glappkoppling som sitter strax ovanför vingdonet så att den kan separeras från det totala vridmotståndet. Motsvarande arrangemang bör användas också då skyddsrör används.



Figur 9.52 Elektriskt vinginstrument med digital registrering av vridmoment som funktion av rotationen tillsammans med vingdon i skyddsrör och skyddskåpa samt exempel på registrerat resultat från vingförsök med glappkoppling.

Registreringsinstrumentet skall vara kalibrerat och uppfylla ställda krav enligt gällande standard eller rekommendation. Tillsammans med vald vingstorlek skall den odränerade skjuvhållfastheten enligt utkast till europastandard kunna mätas med en noggrannhet som är bättre än 1 kPa eller 5 % av mätvärdelet beroende på vilket som är störst, dvs med en noggrannhet av minst 1 kPa upp till 20 kPa och 5 % däröver.

Instrumentet skall kalibreras minst en gång per år eller efter skada, överbelastning och reparation. Beträffande kalibrering, se standarden SS-EN SIS 22476-9.

9.6.3 Kontrollpunkter före utförande

- Kalibrering av mäteinstrumentet ska vara giltig enligt företagets kvalitetsmanual.
- Vingdonet ska vara oskadat.
- Vingbladen får inte vara skeva.
- Förlängningsstängerna och eventuella skyddsrör ska uppfylla rakhetskrav m.m.
- Vingdonets temperatur ska vara större än 0° C när det körs ned i jorden (så att inte jord fryser fast på vingdonet och stör vid neddrivningen).
- Eventuell förekomst av vattenförande skikt med höga artesiska tryck i området ska kontrolleras om utrustning med skyddsrör och skyddskåpa används.

9.6.4 Utförande

Det horisontella avståndet till läget för en tidigare utförd undersökning, exempelvis en sondering eller en provtagning, skall vara minst 2 meter. Avståndet mellan markytan och översta försöksnivån samt mellan två olika försöksnivåer skall vara minst 0,5 m (gäller dock inte försök i lermorän). Noggrannheten i djupbestämningen för försöksnivån skall vara bättre än + 0,1m vid försök på djup ned till 10 m. Samma noggrannhet skall eftersträvas även på större djup men på grund av risk för utböjning och andra felkällor är kravet enligt utkast till europastandard 1 % för större djup.

1. Torrskorpa och fyllning skall alltid förborras. Den översta försöksnivån skall vara minst 5 ggr förborrningshålets diameter under hålets botten (Gäller inte i lermorän eller då torrskorpans eller fyllningens egenskaper skall undersökas).
 2. Vingdonet trycks till avsedd försöksnivå utan slag, vibration eller rotation. Neddrivningshastigheten skall vara jämn och mindre än 1m/min. Största avvikelse i lutning från lodlinjen skall vara mindre än 20 mm/m. Stängerna skall dras åt vid skarvningen. För att glappkopplingen skall fungera tillses att det redan nedtrycktastångsystemet inte roteras vid påskarvning av nya stänger. Vid användande av skyddsrör och skyddskåpa stoppas neddrivningen av dessa på ett avstånd från försöksnivån som motsvarar utskjutningslängden varpå vingdonet skjuts ut med samma hastighetsbegränsning.
- Vid användande av skyddsrör och skyddskåpa i områden med höga artesiska tryck i vattenförande lager skall skyddsrören vara vattenfylda så att man inte riskerar ”piping” (vattengenombrott) i och i närheten av dessa lager.
3. Vingförsöket utförs efter 2 – 5 minuters väntetid från det att vingdonet nått avsedd försöksnivå. Under väntetiden frikopplas stängerna från neddrivningsutrustningen och registreringsutrustningen kopplas in. Vid registrering på vaxat papper monteras detta och roteras ett varv med momentarmen obelastad för uppritning av nollvärdeslinjen. Därefter läses papperet fast mot instrumentet.
 4. Under försöket roteras vingdonet med konstant hastighet så att tiden från aktivering av vingdonet, dvs efter att glappkopplingen vridds ihop och stångfriktionen mätts, till brott är 3 minuter + 1 minut. Detta försök ger den ”odränerade skjuvhållfastheten”.

5. Om sensitiviteten också skall mätas rörs jorden sedan om genom att registreringsutrustningen kopplas loss och stängerna och vingdonet hastigt roteras medurs 20 varv. Stängerna vrids sedan moturs en kort bit (ca 15 grader) så att glappet i kopplingen utbildas. Registreringen kopplas sedan in och ett nytt försök som mäter den ”omrörda skjuvhållfastheten” utförs omedelbart.

6. Efter försök på en nivå frikopplas stängerna från registreringsutrustningen och vingen drivs ned till nästa försöksnivå. Om utrustning utan skyddsrör används kan stängerna först vridas ca ett kvarts varv för att utbilda glappet i kopplingen. Detta görs alltid om avståndet i djupled mellan försöksnivåerna är mindre än 1 meter. Om utrustning med skyddsrör och skyddskåpa används

lyfts först vingen in i skyddskåpan. Om registrering sker på vaxat papper kontrolleras först om detta behöver bytas. I detta fall kompletteras uppgifterna på papperet varpå ett nytt monteras och nollvärdeslinjen uppritas.

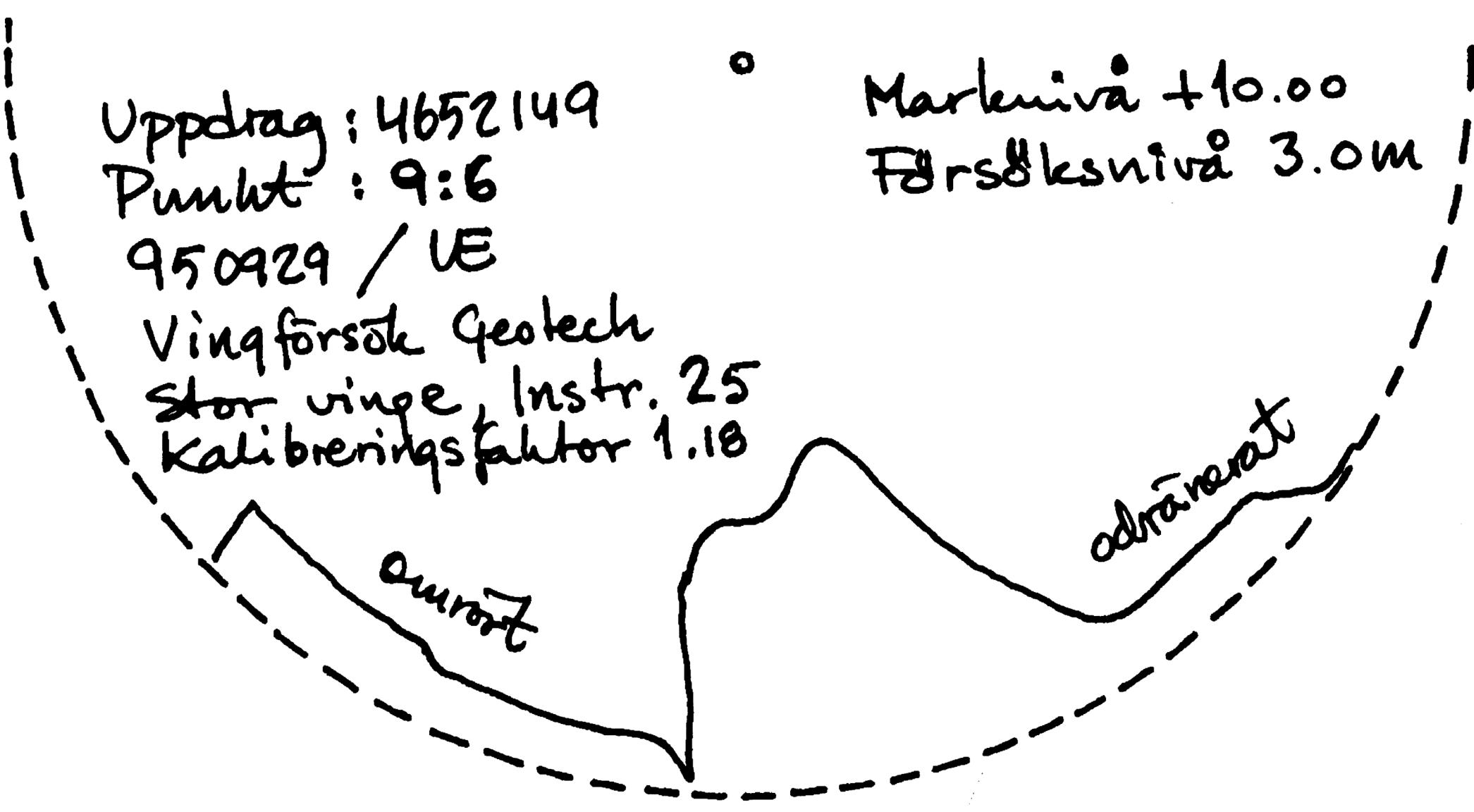
9.6.5 Kontrollpunkter vid försöksutförande

Oväntat **höga** värden kontrolleras på följande sätt:

- a. Kontrollera att visarnålen respektive det elektroniskt avlästa momentet går tillbaka till nollnivån efter försöket.
- b. Kontrollera att vingens nivå under försöket inte ändrats.
- c. Kontrollera att vingdonet varit fullt utskjutet om skyddsrör och skyddskåpa används.
- d. Kontrollera resultaten från sondering och/eller provtagning för att se om skal, sten, grus, sand eller siltskikt förekommer vid försöksnivån. Detta visar sig ofta genom att en hackig kurva registreras.
- e. Om ovanstående kontroller inte visar något dras utrustningen upp för kontroll om utrustningen kärvar någonstans samt att glappkopplingen fungerar.
- f. Kontrollera att vingdonet inte är skadat
- g. Om allt annat är i ordning skall byte till en mindre vinge övervägas

Oväntat **låga** värden kontrolleras på följande sätt:

- a. Utrustningen dras upp och kontroll görs om stängerna varit tillräckligt hårt hopdragna samt att inte lera fastnat i vingdonet. Det senare händer speciellt för utrustning utan skyddsrör och skyddskåpa om jord frusit fast vid vingen, om förborrningen varit otillräcklig eller om jorden är skiktad med fastare och lösare lager. Tänk efter om vingdonets temperatur varit under 0°C vid nedsättningen eller om någon oavsiktlig stångvridning förekommit före försöket. Om jorden är skiktad med fastare och lösare lager bör övergång till utrustning med skyddsrör och skyddskåpa övervägas.
- b. Kontrollera resultaten från sondering och/eller provtagning för att se om skal, sten, grus, sand eller siltskikt som kan ha pressats ned framför vingdonet och förorsakat störning förekommer vid och ovanför försöksnivån.
- c. Vid användning av ett mekaniskt instrument med uppritning på vaxat papper kontrolleras att visarnålen är ordentligt fastsatt och att den inte hänger sig på papperet.
- d. Om allt annat är i ordning skall byte till större vinge övervägas.



Figur 9.53 Exempel på försöksresultat från instrument med uppritning på vaxat papper med tillhörande försöksuppgifter.

9.6.6 Protokoll

Protokoll till vingförsök kan ha olika utseende beroende på typ av utrustning.

Med utrustning med enbart registrering av maximalt vridmoment införs djup och vridmoment för varje djup i en tabell tillsammans med tillhörande uppgifter om plats, datum, utförare, förborrning, utrustning, kalibrering, storlek på vingdon samt övriga uppgifter och observationer som kan ha betydelse för tolkningen av resultaten.

Med utrustning med mekanisk uppritning av kurvan för rotation och vridmoment på vaxat papper skall varje papper klart märkas med projektets identifiseringsuppgifter, borrhålsnummer, utförare av försöket, datum, vingstorlek och instrumentets kalibreringsfaktor. Försök från flera nivåer uppritas normalt på samma diagram och för varje enskild kurva skall klart anges på vilken nivå försöket utförts. De vaxade papperna skall skyddas mot väta och nötning. Utöver de uppritade kurvorna skall ett protokoll skrivas med uppgifter om plats, datum, utförare, förborrning, utrustning, kalibreringsdatum samt övriga uppgifter och observationer som kan ha betydelse för tolkningen av resultaten.

Om resultateten och tillhörande uppgifter lagras digitalt skall fältminnet åtföljas av ett protokoll med uppgifter om plats, datum, utförare och identifikationsnamn för de olika borrpunkterna i fältminnet samt de eventuella uppgifter om förborrning, utrustning, kalibrering, storlek på vingdon m.m som inte finns registrerade i fältminnet samt övriga uppgifter och observationer som kan ha betydelse för tolkningen av resultaten.

Följande ska således alltid finnas med vid rapportering, se även provningsprotokoll i Kapitel 13:

- Projekt
- Plats
- Borrhål
- Utförare
- Datum
- Typ av utrustning
- Instrumentnummer
- Vingstorlek
- Kalibreringsfaktor för registreringsinstrumentet samt datum för kalibrering.

- Uppgifter om förborrning
- Försöksnivå eller sammanställning av försöksnivåer på tillhörande fältminne
- Försöksresultat uppritat som försökskurva eller som värde på maximalt moment samt angivande av tid till brott (om denna avviker från standard). Använd mättenhet skall anges tydligt
- Anmärkningar av betydelse för tolkning.

9.7 Vingförsök med dansk utrustning

9.7.1 Allmänt

I Danmark används en robust utrustning för vingförsök, som i Sverige främst används i lemmorän och mycket fasta lågsensitiva sedimentära leror. Beskrivning av utrustning och rekommenderat utförande och utvärdering finns redovisat i ”*Referenceblad för vingförsök, DGF Feltkomite, 1992-08-28.*”

Protokollföring görs som för vingförsök ovan.

9.7.2 Utrustning

För mätning av vridmomentet används momentnyckel. Det finns vingdon i sex olika storlekar från 33x66 mm till 92x350 mm. Endast den största har ett höjd-diameterförhållande som skiljer från 2. Vingdonen har ett mer robust utförande än i svenska utrustningar för att kunna slås ned och klara mycket stora moment.

9.7.3 Utförande

1. Vingdonet väljs med ledning av förväntat vridmotstånd. Utslaget på momentnyckeln vid brott skall helst vara minst en tredjedel av mätområdet.
2. Förborrning görs för varje försök till strax över försöksnivån. Kontroll görs av att det rinner till fritt vatten i hålet, dvs. att inga negativa portryck råder i jorden på försöksnivån.
3. Vingdonet trycks ner så att dess underkant är minst 0,2 meter under hålets botten. För de största vingarna skall detta avstånd vara minst 2 ggr vingdonets höjd. Neddrivningen kan även ske med försiktiga slag.
4. Momentnyckeln sätts fast och vrids långsamt och med jämn hastighet, maximalt motsvarande 1 varv per minut, tills brott uppkommer. Värdet på momentnyckeln läses av och antecknas. Detta försök ger den odränerade skjuvhållfastheten.
5. Vingdonet roteras sedan minst 10 varv, varpå mätning av vridmotståndet görs på samma sätt. Denna mätning ger den ”omrörda skjuvhållfastheten”.
6. Vingdonet tas upp, hålet förborras vidare och vingen trycks eller slås ned till nästa försöksnivå.

På grund av sammansättningen och variationen i de jordar som utrustningen normalt används i är spridningen i försöksresultat ofta stor och det fordras som regel ett stort antal försök. Relativt ytliga försök utförs som regel i flera närliggande punkter med 0,2 m djupintervall. I vissa fall kan förborrningen då ute-

slutas mellan en försöksnivå och närmast underliggande försöksnivå. I dessa försök är det mycket viktigt att alla observationer vid förborrningen och under försöket med avseende på t.ex förekomst av grövre partiklar eller andra fastare föremål som kan haka i vingarna rapporteras.

9.8 Lommevingborr

9.8.1 Allmänt

Lommevingborren är en manuell norsk inspektionsutrustning för kartering och kontrollmätningar på byggplatser. Den används för mätning av skjuvhållfasthet i lös lera och ingår också i den svenska så kallade ”doctors-kit utrustningen”.

Protokollföring och rapportering görs som för övriga vingförsök.

9.8.2 Utrustning

Lommevingborren består av vinge, skarvstänger och ett mäthandtag med inbyggda spiralfjädrar i dess över- och underdel. Vingdon finns i tre storlekar: 16x32 mm, 20x40 mm och 25x50 mm. Stängerna har diametern 6 mm och längden 0,5 m. Med mäthandtaget mäts det vridmoment som erfordras för att rotera vingen till brott.

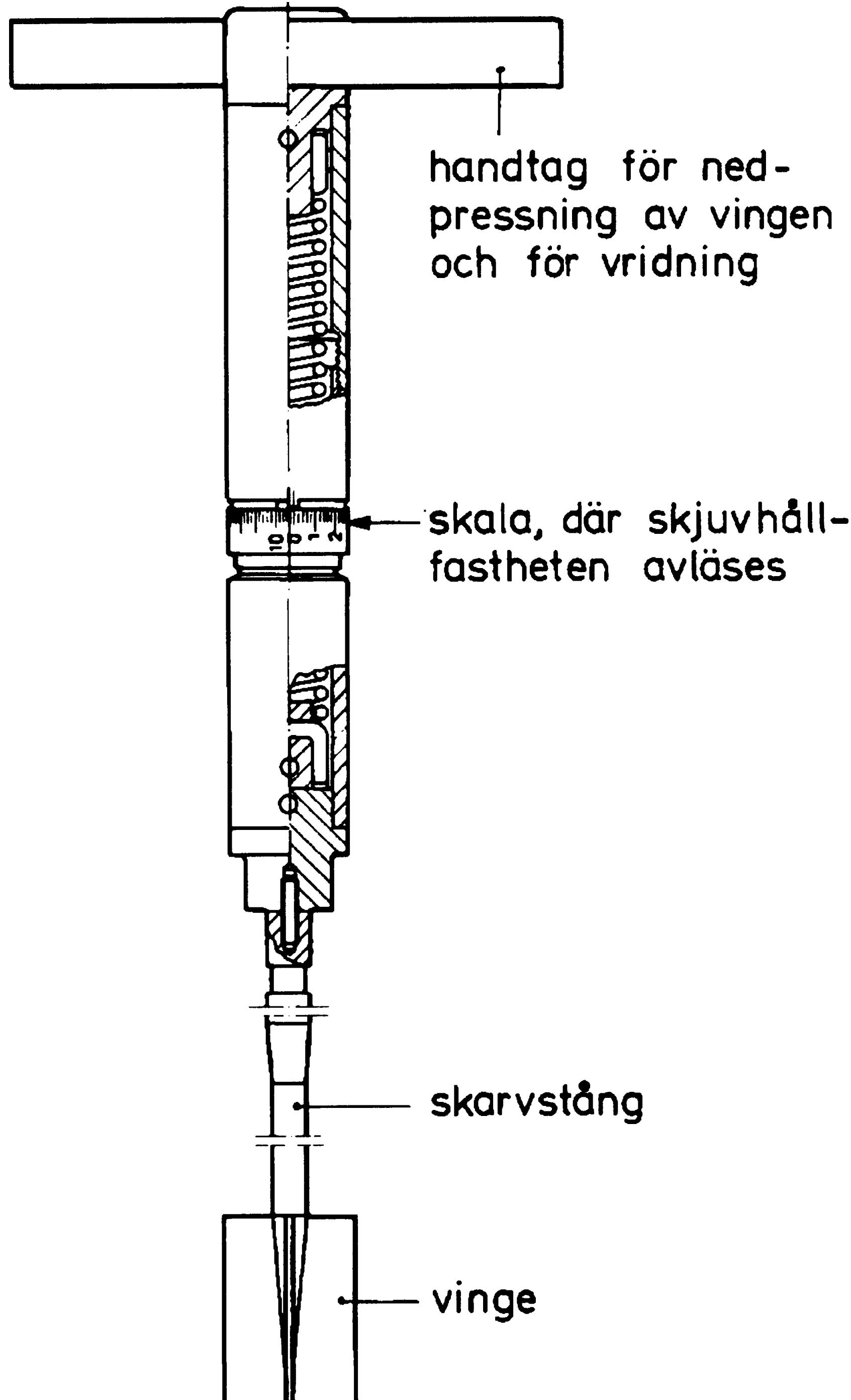
9.8.3 Utförande

1. Anslut vinge med erforderligt antal stänger till mäthandtaget. Vrid den graderade skalan på mäthandtaget till nolläge.
2. Pressa ner vingen till önskad nivå utan att vrinda handtaget. Kontrollera att den graderade skalan står kvar i nolläge.
3. Vrid handtaget medurs så att spiralfjädern i mäthandtaget spänns. Vrid långsamt och med jämn hastighet. Var speciellt försiktig när underdelen av mäthandtaget börjar visa tendenser att rotera.

När underdelen av mäthandtaget roterar utan att fjäderkraften ökar har brott uppnåtts. Låt då handtaget långsamt återgå till obelastat läge. Läs av och anteckna värdet på skalan. Var försiktig så att inte skalan rubbas innan avläsningen. Denna mätning ger den odränerade skjuvhållfastheten om den medelstora vingen används. För den mindre vingen multipliceras värdet med 2 och för den större med 0,5.

4. Nollställ skalan
5. Den omrörda skjuvhållfastheten kan mätas genom att vingen roteras minst 25 varv. Därefter nollställs skalan och handtaget vrids långsamt tills brott uppstår i jorden. Mätningen upprepas en gång och det minsta värdet av de två försöken antecknas.
6. Efter nollställning av skalan fortsätts nedpressningen till nästa försöksnivå.
7. Om uppdragningskraften efter försöken är stor och inte kan göras genom att lyfta i handtaget måste kraften från hjälputrustningen verka direkt på stängerna och inte via handtaget.

8. Vid försök på stora djup börstångfriktionen mäts genom att utföra försök med bara stänger utan vinge på motsvarande nivåer i en närliggande punkt.



Figur 9.54 Lommevingborr.

9.9 Plattbelastningsförsök

9.9.1 Allmänt

Plattbelastningsförsök görs för att bestämma jords (och bergs) bärformåga och deformationsegenskaper när dessa är betydelsefulla men svåra att bestämma med vanlig geoteknisk utrustning.

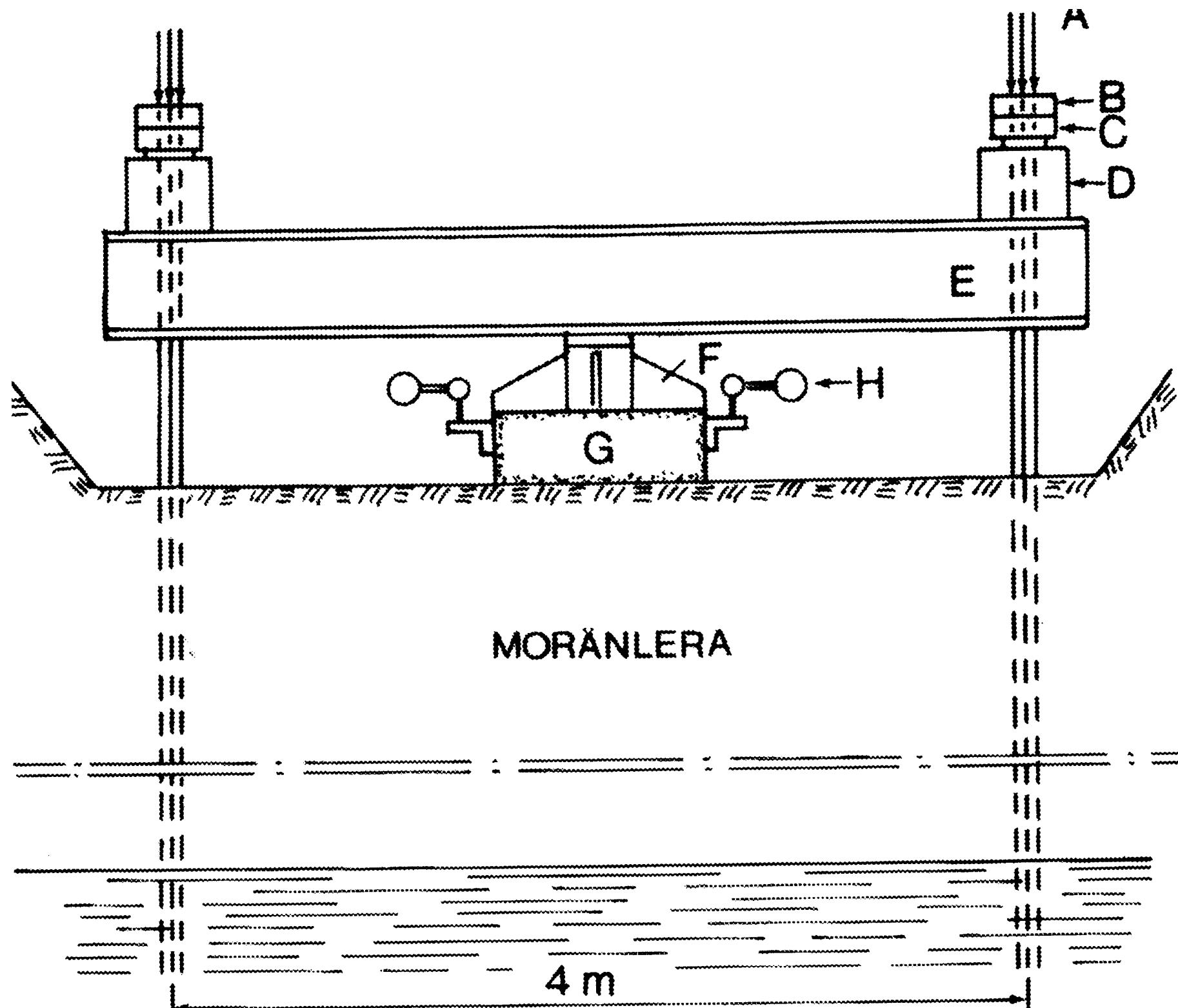
Plattbelastningsförsök är inget standardförsök utan utförandet anpassas till de aktuella förhållandena vid varje tillfälle. Kostnaden för ett plattbelastningsförsök är relativt hög men resultatet av försöket kan visa sig ge god totalekonomi i ett projekt.

En speciell typ av plattbelastning redovisas i Vägverkets publikation 1993:019 "Bestämning av bärighetsegenskaper med statisk plattbelastning". Denna metod används för kontroll av fasthet efter slutförd packning och beskrivs inte här.

9.9.2 Utrustning

För ett plattbelastningsförsök behövs:

- Provplatta
- Domkraft för belastning
- Mothåll
- Mätutrustning för kraftmätning
- Mätutrustning för mätning av deformationer



Figur 9.55 Princip för plattbelastningsförsök.

Provplattans storlek skall väljas så stor att resultatet av försöket blir representativt för den aktuella jorden och lätt kan översättas till verkliga storleksförhållanden vid grundläggning. Samtidigt kan provplattan inte vara alltför stor eftersom detta medför behov av stort mothåll, vilket innebär höga kostnader och kan innehålla praktiska svårigheter. Ofta väljs plattstorleken 1 m^2 .



Figur 9.56 Exempel på mothållsanordning vid en serie stora plattbelastningsförsök.

Mothållet kan anordnas med balkar och förankringsstag eller motvikter i form av exempelvis balkar, blyplåtar, betongpålar eller stora behållare som fylls med jord eller vatten. Mothållssystemet skall vara dimensionerat med betryggande säkerhetsmarginaler för de laster och eventuella snedbelastningar som kan tänkas uppstå.

Vid provbelastningen skall belastning och deformationer mätas. För detta krävs kalibrerade kraftgivare och ett fristående referenssystem med mätklockor eller elektriska lägesgivare. Oljetrycket i domkrafoten bör mätas med manometer och registreras som kontroll- och säkerhetsåtgärd men ger inte tillräcklig noggrannhet i kraftmätningen. Deformationsmätning bör utföras i minst 4 diametrala punkter så att eventuell snedsättning registreras.

9.9.3 Utförande

Provbelastningen skall föregås av noggrann planering. Detta gäller inte minst inblandad personal, eftersom provbelastningen kan bli utdragen i tiden. Det är väsentligt att all personal är informerad om innebördan av försöket och vad som krävs, när laststeg skall avslutas och nya läggas på samt när försöket skall avslutas, så att inga misstag görs som äventyrar utvärderingen.



Figur 9.57 Installation av mätsystem vid en serie stora plattförsök.

Provplattorna utgörs ofta av betong som gjuts direkt mot marken. Om stålplattor används skall plattan vara tillräckligt styv i sig själv eller förses med ett lastöverförande styvt mellanlägg. Marken under plattan planas som regel av och det är mycket viktigt att detta görs försiktigt så att ytskiktet under plattan inte luckras upp. I finjord och sand samt annan jord med finjordsinslag är det viktigt att ytskiktet därefter inte får torka ut eller suga vatten innan plattan påförs. Plattförsök utförs ofta i botten av schaktgropar som schaktas ned till aktuellt grundläggningdjup. Innan schaktningen påbörjas skall eventuella behov av grundvattensänkning eller länspumpning utredas och förberedas. Schaktgroparnas bottnar måste dessutom skyddas mot vatten från nederbörd. Om någon återfyllning sker runt plattan skall återfyllningsmaterialet beskrivas med avseende på sammansättning, densitet och uppskattade hållfasthetsegenskaper.

Under försöket skall referenssystemet skyddas mot mekaniska störningar samt direkt solbestrålning. Det är även viktigt att kontrollera att inte hävning av jorden runt förankringsstag påverkar referenssystemet.

Provbelastningen utförs med konstanta laststeg, normalt motsvarande 1/20 till 1/10 av antagen brottlast. Varje laststeg skall normalt verka lika lång tid. Tiden för varje laststeg beror på sammansättningen i jorden. I grövre friktionsjord är en vanlig varaktighet för varje laststeg ca 16 minuter men i finkornig jord kan

den behöva vara flera timmar. Kraften skall hållas konstant under varje laststeg och mätning av deformationer görs enligt ett visst schema, exempelvis 1, 2, 4,6, 8, 12 och 16 minuter efter att ett nytt laststeg påförts.

Anteckningar görs även av övriga förhållanden, t.ex. väderleksförhållanden. Under försöket skall mothållssystemet hållas under uppsikt. Vid tendenser till instabilitet eller andra tecken på överbelastning bör noga övervägas om försöket skall avbrytas.

9.9.4 Protokoll.

I redovisningen av försöket skall noga anges hur jorden under plattan prepareras och alla observationer om jordens beskaffenhet vid denna preparation och den eventuellt föregående schaktningen. Om någon återfyllning runt plattan gjorts specificeras även denna.

Även plattan skall beskrivas med uppgifter om dimensioner, material, tjocklek, eventuell armering, eventuellt mellanlägg m.m.

En ritning skall bifogas över försöksuppställningen med angivande av plattans läge i plan och i den eventuella schaktgropen, vars djup och dimensioner också anges. Mothållsanordningen skall specificeras och avstånden från plattan till dragstag eller motvikter skall anges.

Inblandad personal skall anges och vem som haft ansvaret under de olika momenten under förberedelser och försöksutförande.

Belastningsutrustningen skall beskrivas och kraftgivarens kalibrering verifieras.

Mätsystemet skall beskrivas i detalj, de enskilda deformationsmätarnas placering och identifiering skall anges och eventuella lägesgivares kalibrering skall verifieras.

Tidpunkter för de olika momenten vid förberedelser och försöksutförande skall redovisas tillsammans med observationer om väderlek, temperatur m.m.

Försöksresultaten redovisas i form av pålagd last vid varje laststeg, samtidigt avläst manometertryck, tidsskala för defomationsmätning samt avlästa värden för samtliga deformationsmätare vid varje avläsningstillfälle.

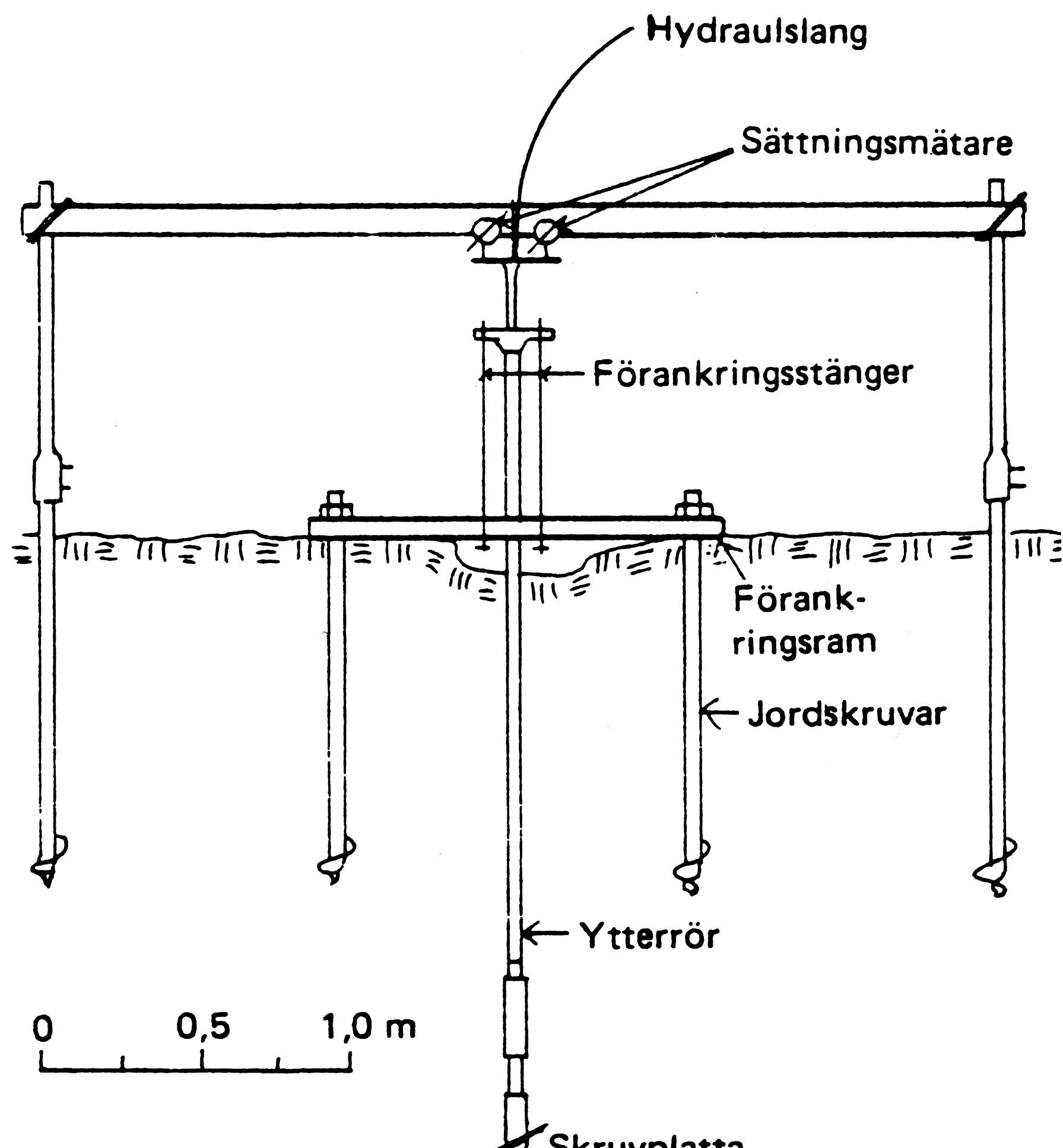
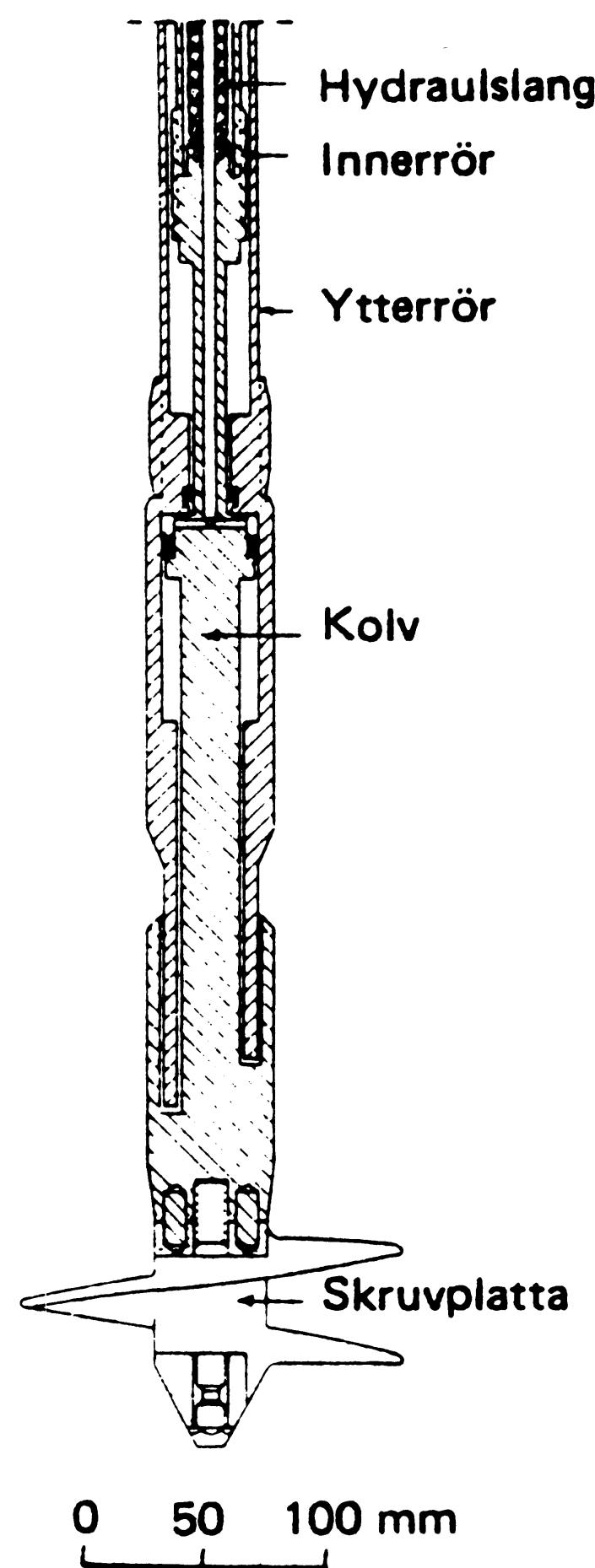
Anledningen till försökets avslutande anges, t.ex. maximal last, brott i jorden, snedställning hos platta eller problem med mothåll.

Efter försöket grävs ofta jorden under plattan ur för att kontrollera att den provade jordvolymen är representativ för jordmassan som helhet. I detta fall noteras alla observationer om jordens beskaffenhet, eventuella inslag av grövre partiklar, skikt eller linser av avvikande material etc. Representativa prover tas och försluts och sänds till laboratorium.

9.10 Skruvplatta

9.10.1 Allmänt

Skruvplatta används för bestämning av sättningsmodul och konsolideringskoefficient i främst silt och sand. I fast jord fordras ofta förborrning till några dm över mätnivån. I lera är metoden inte lämplig eftersom det tar alltför lång tid för sättningen att utbildas vid varje laststeg.



Figur 9.58 Skruvplatta och schematisk försöksuppställning.

9.10.2 Utrustning

Skruvplattan består av följande huvuddelar:

- Skruvplatta
- Hydraulsystem
- Precisionsmanometer
- Ytterrör
- Förlängningsrör
- Mothållssystem
- Mätsystem
- Kvävgastub med reducerventil och tryckregulator
- Övergångscylinder mellan gas- och oljetryck

Skruvplattan har diametern 162 mm, vilket motsvarar $0,02 \text{ m}^2$. Skruvplattan ansluts till hydraulsystemet och rörsystemen (yttre och inre).

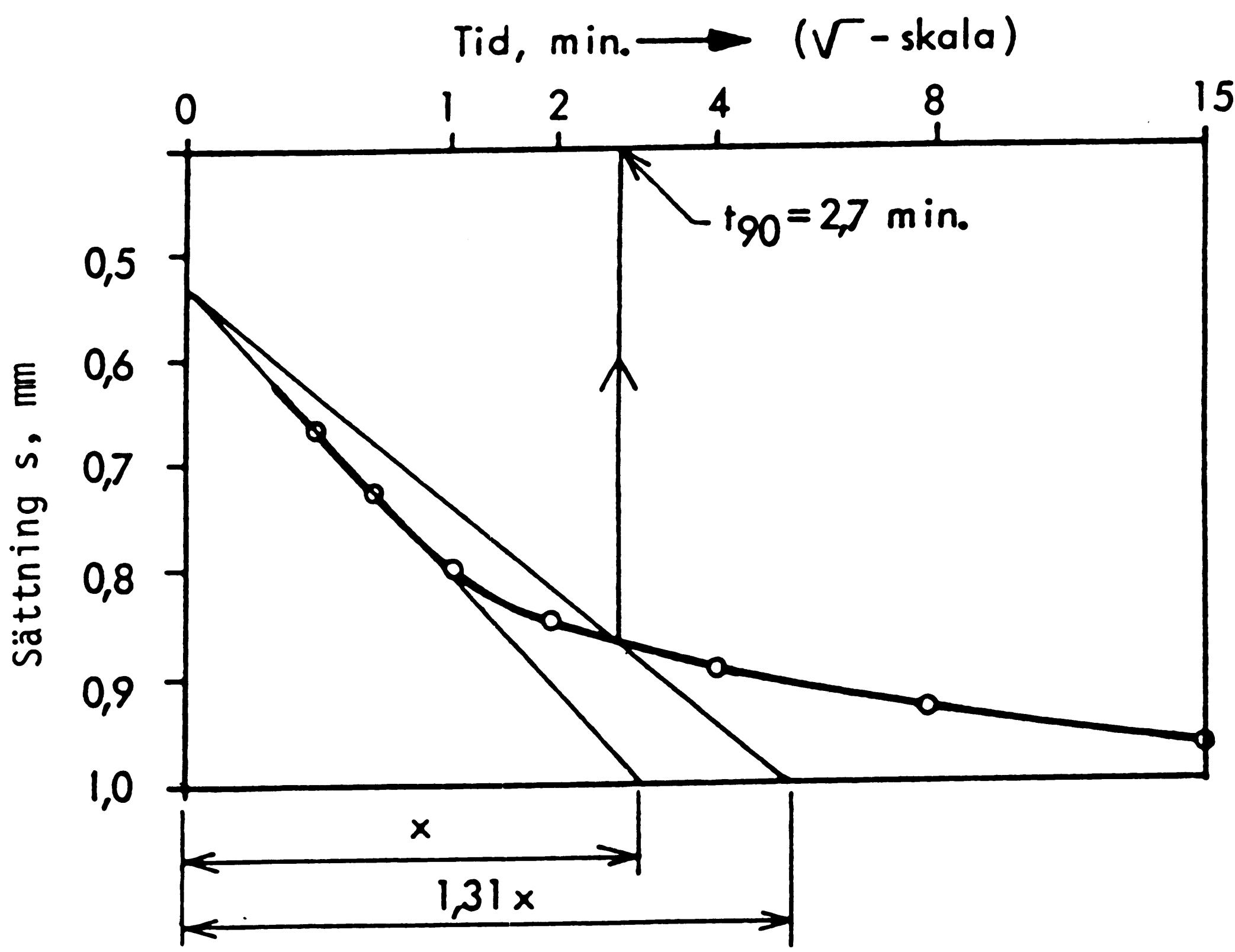
9.10.3 Utförande

Skruvplattan skruvas ned till avsedd försöksnivå. Lasten förs på i steg med hjälp av mothållssystemet. Det första laststeget väljs så att det motsvarar det effektiva överlagringstrycket på försöksnivån. Normalt väljs ytterligare 4–5 laststeg, där det sista motsvarar jordens antagna brottlast, utrustningens kapacitet eller avsedd övre begränsning. Vid varje laststeg registreras sättningens tidsförlopp. Laststeget skall ligga på så länge att man uppnår minst 90 % konsolidering. Detta kan kontrolleras genom att man ritar upp en tids-sättningskurva och utvärderar tiden för detta. I sand är varaktigheten för varje laststeg normalt ca 10 min.

När mätningarna avslutats på en nivå skruvas plattan ner till nästa nivå, normalt 1 till 3 meter djupare.

9.10.4 Försök

1. Skruvplattan demonteras för kontroll av att kolvplattan är i gott skick och att alla delar är rengjorda.
2. Hydraulkollen kalibreras genom att göra ett belastningsförsök på marken med hjälp av tillhörande precisionsmanometer och en kraftgivare. Vikten av innerrör och oljeslang skall beaktas vid kalibreringen.
3. Hydraulkolv och slang fylls med olja så att systemet blir mättat och fritt från luftblåsor. Olja fylls även i stångrör och övergångscylinder. Oljenivån skall kontrolleras efter varje gång som kopplingen tryckts ihop.
4. Skruvplatta, slangar och förlängningsrör monteras. Vid montering av innerröret tillses att kolvstången inte utsätts för böjkrafter. Neddrivningsverktyg och låsanordning monteras.
5. Ett hål grävs till ca 0,5 m djup för att underlätta styrningen av skruvplattan. Mothållsram och jordskruvar monteras. Ramen skall vara horisontell och jordskruvarna vertikala. Skruvplattan sätt ner i det grävda hålet och skruvas ner till avsett djup. Teoretiskt skall det gå 22 varv per meter men erfarenhetsmässigt blir det 26 till 28 varv på grund av massundanträngning. Vridverktyget skall under vridningen stå parallellt med mätbalken. Undvik att skruva moturs. Utlösningshyllan skruvas sedan loss minst 55 mm.



Figur 9.59 Utvärdering av tid för 90 % konsolidering i ett laststeg vid försök med skruvplatta.

6. Mätbalken monteras över mätplattan så att mätklockorna kan monteras vinkelrätt mot mätplattan. Mätbalkens upplag skall ligga utanför det område som kan påverkas av mothållets förankringar. Kvävgastuben med regleringsutrustning kopplas till övergångscylindern.
7. Det första laststeget påförs med gastrycket tills manometern visar rätt värde och stoppuret startas. Mätklockorna läses av och sättningen registreras vid bestämda tidpunkter. Tid-sättningskurvan ritas upp och det kontrolleras att sättningen nått minst 90 % konsolidering. Därefter läggs nästa laststeg på och proceduren upprepas. När mätningarna är klara på en nivå görs avlastning genom att gastrycket släpps, mätbalken tas bort, utlösningshylsan skruvas fast och utrustningen skruvas ned till nästa mätnivå eller tas upp.

9.10.5 Protokoll

Resultaten från försöket rapporteras med allmänna uppgifter om plats, datum, projekt utförare, grundvattenyta m.m.

I rapporten skall ingå resultaten av kontrollkalibreringen med angivande av använd kraftgivare samt kalibreringen av denna.

Utförd förborrning och förborrat material skall anges.

Försöksresultaten rapporteras med angivande av pålagd last (avläst manometervärdet) och de avlästa värdena på mätklockorna vid de olika avläsningstiderna inom varje laststeg. Uppritade tids-sättningskurvor och utvärderade värden och tiden för 90 % konsolidering bifogas.

9.11 Geofysiska metoder

9.11.1 Allmänt

Med geofysiska metoder uttolkas indirekt lagertjocklekar och andra geometriska förhållanden i undergrunden samt i vissa fall geotekniska egenskaper ur olika andra fysiska egenskaper. De geofysiska metoderna beskrivs närmare i Kapitel 3. Geofysiska mätningar utförs normalt av specialutbildade geofysiker.

Den enda ”geofysiska” metod som ingår i normalt geotekniskt fältarbete är seismisk spetstrycksondering och spetstryckssonering med resistivitetsmätning.

9.11.2 Seismisk spetstrycksondering

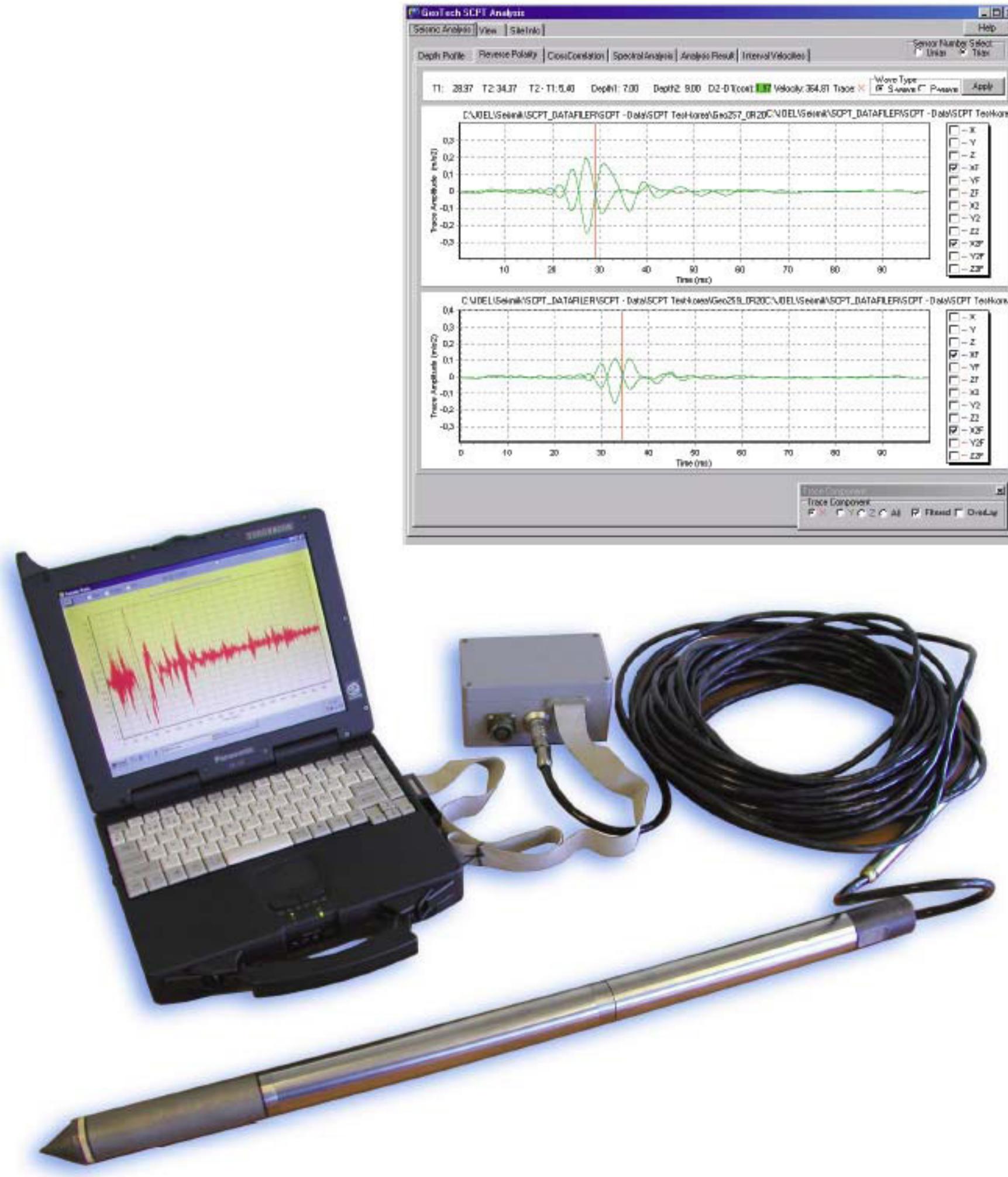
Seismisk spetstrycksondering är en rationell metod att utföra seismiska ”down-hole” försök. Utrustningen består av:

- Utrustning för spetstrycksondering.
- Hålade stänger.
- Sondspets som förutom de vanliga mätarna dessutom har en (eller flera) inbyggda accelerometrar.
- Vibrationskälla.
- Registreringsutrustning för signaler från accelerometern.

Den seismiska delen är ett tillägg till spetstrycksondering som redovisas i Kapitel 7.

Utrustningen för seismisk CPT-sondering använder signalöverföring med kabel och registrationsutrustningen är en fältdator med inbyggt minnesoscilloskop.

Vibrationskällan kan utgöras av en balk som pressas mot marken, vanligen med hjälp av neddrivningsutrustningens mothåll (bandvagnens tyngd) och en slägga med en fastsatt elektrisk accelerationsbrytare. Fristående kontinuerliga vibrationskällor finns också.



Figur 9.60 Exempel på utrustning för seismisk CPT-sondering. (Geotech AB)

Utförande

- Förberedelser görs som för en vanlig spetstrycksondering. Kabeln från sonden träs genom så många hålade stänger som åtgår vid sonderingen. Balken kläms mot marken. Den skall normalt ligga tvärs bandvagnen och inom 1 meter från borrpunkten. Avståndet mäts och antecknas. Om en sond med endast 1 accelerometer används tillses att sonden är orienterad så att balkens och accelerometers mätriktning sammanfaller.
- Sonderingen påbörjas och spetstryck, mantelfriktion och portryck registreras som vanligt.
- Sonderingen stoppas på första mätnivån. Beroende på förborrningsdjup ligger denna normalt på första jämna meter från markytan under förborrningsdjupet.
- Registreringen av den seismiska signalen kopplas in och ett slag slås med släggan mot balkens ena ände i balkens riktning med släggan. När släggan träffar balken skall den fastsatta brytaren slå till och registreringen startar. Registreringen följs på datorskärmen. Om bilden visar en klar ankomsttid för skjuvvågen lagras den i minnet och registreringen startas på nytt. Proceduren upprepas med ett likadant slag mot balkens andra ände. Det är viktigt att hålla reda på slagriktningarna och att dessa anges i de lagrade filerna.
- Sonderingen med registrering av spetstryck, mantelfriktion och portryck återupptas ned till nästa mätnivå, vanligen 1 m djupare.
- Proceduren med den seismiska mätningen repeteras.

Det finns också utrustningar med fristående vibrationskällor. En sådan placeras då på markytan nära borrpunkten och får stå och skicka ut skjuvvågor med inställt tidsintervall, t.ex, varannan sekund. Registrering av den seismiska signalen är då också kontinuerlig så att den görs fortlöpande under sonderingen tillsammans med övriga parametrar. Några stopp utöver vad som behövs för omtag och påskarvning av stänger görs då inte.

Protokoll

Rapporteringen består förutom sedvanliga uppgifter och datafiler från en spetstrycksondering av filerna från de seismiska signalerna samt uppgift om vibrationskällans avstånd från mätpunkten. Eventuella observationer om störningskällor i form av trafikvibrationer, anläggningsverksamhet i omgivningen och liknade bör också beskrivas.



Figur 9.61 Exempel på utrustning för CPT med reistivitetsmätning.

9.11.3 Spetstrycksondering med resistivitetsmätning CPTU-R

Resistivitetsmätning görs med en sond som består av en konventionell sCPTU-sond med en enhet som mäter jordens elektriska resistivitet, se **Figur 9.21**. Resistivitetenheten består av fyra ringelektroder där en ström tillförs de yttre elektroderna och potentialen mäts mellan de två inre. Mätningen görs kontinuerligt under hela spetstrycksonderingen genom jordlagren.

Resistivitetsmätning används bl.a. för att bedöma förekomst av kvicklera. Den uppmätta elektriska resistiviteten ger en indikation på grundvattnets salthalt och gradenurlakning av marina leror. På så sätt kan förekomsten av kvickleror karteras. Tillsammans med utvärdringsprinciper för CPTU finns två metoder för att analysera förekomst av kvicklera.