

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 drivs 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 drivs 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 annat 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 hållet 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-

tot men utan porttrycksmätning benämns CPT i standarden.

En kort beskrivning av seismisk spetstryckssondering och spetstryckssondering med resistivitets mätning ges i Kapitel 9.

Spetstryckssondering utförs främst i sten- och blockfria jordar av både kohe-sions- och friktionsjordskaraktär. Huvudsyftet med Spetstryckssondering är som regel att erhålla en god bild av jordens lagerföljd och respektive jordlayers egenskaper och relativa 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 spetstryckssondering vara förstahandsvalet vid geotekniska undersökningar då den mäter spetstrycket utan inverkan av stångfriktion, samt att spetstrycket tillsammans med mätning av mantelfriktion och eventuellt genererat portryck ökar på möjligheterna till utvärdering av lagerföljd, parametrar och egenskaper.

Spetstryckssondering 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 spetstryckssondering består av följande huvuddelar:

- Sondspets med kon, friktionshylsa och porttrycksfilter. 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.
- Borravn eller annan utrustning för neddrivning av sonden.

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

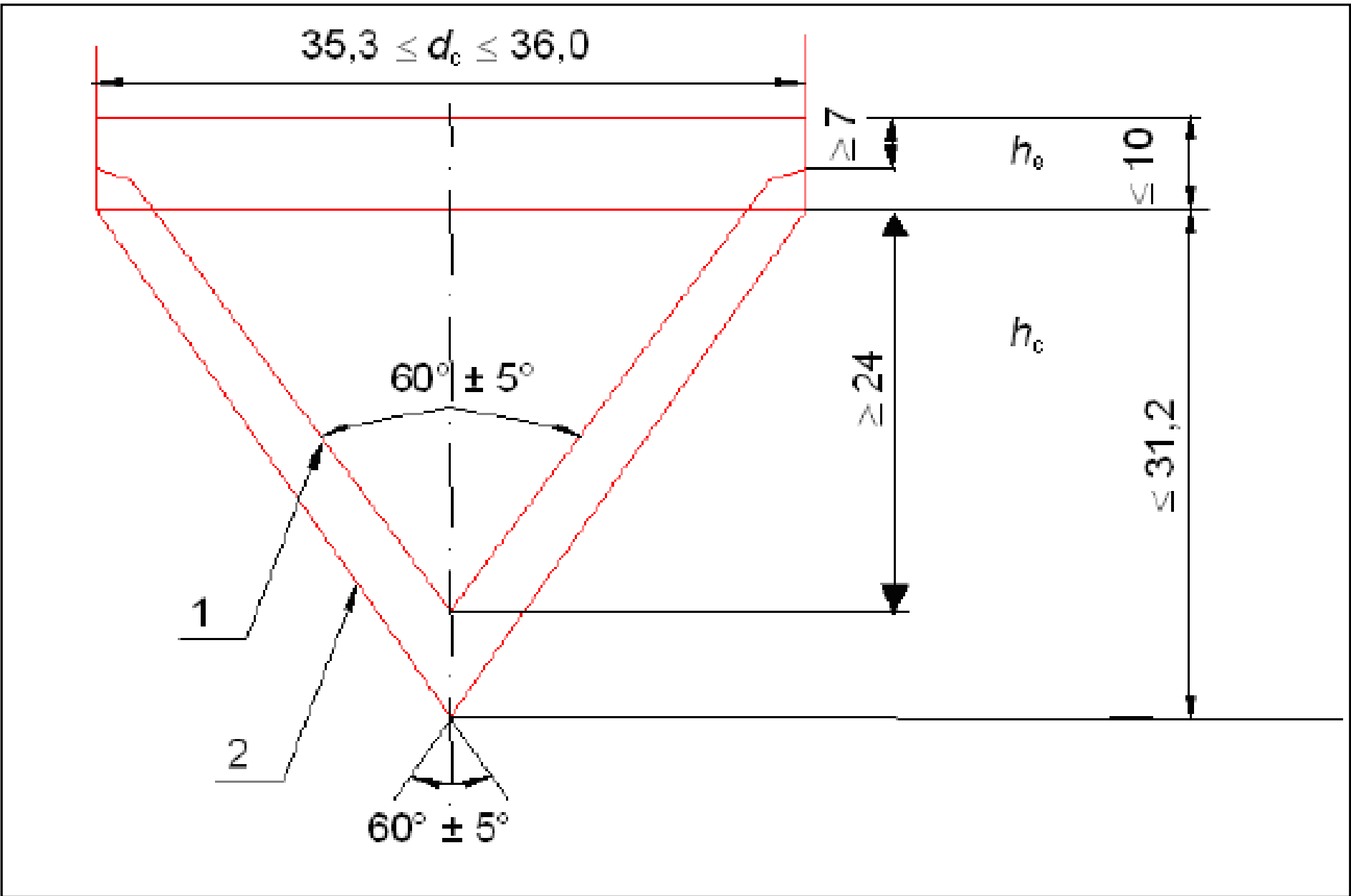
För sondspetsen och friktionshylsan finns vissa måttspecifikationer och förslitningstoleranser angivna i SS-EN ISO 22476-1, se **Figur 7.2** och **7.3**.

Portrycket kan mätas 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**.

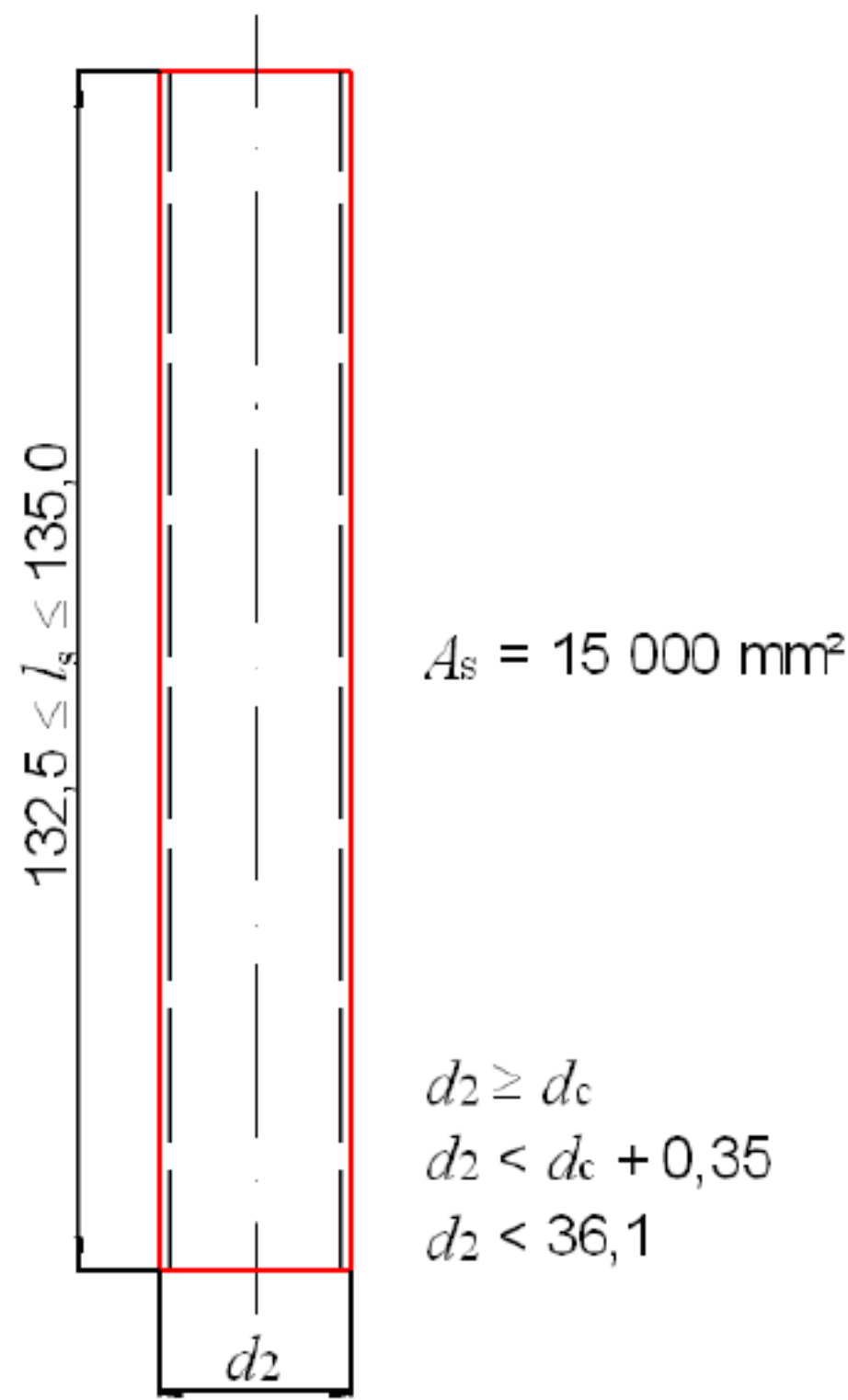
Spaltfilter kan medföra att responstiden påverkas. Däremot minskar risken för utsugning av spaltfilter som är mättade med fett, vilket är en fördel vid sondering genom fasta jordlager.

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.

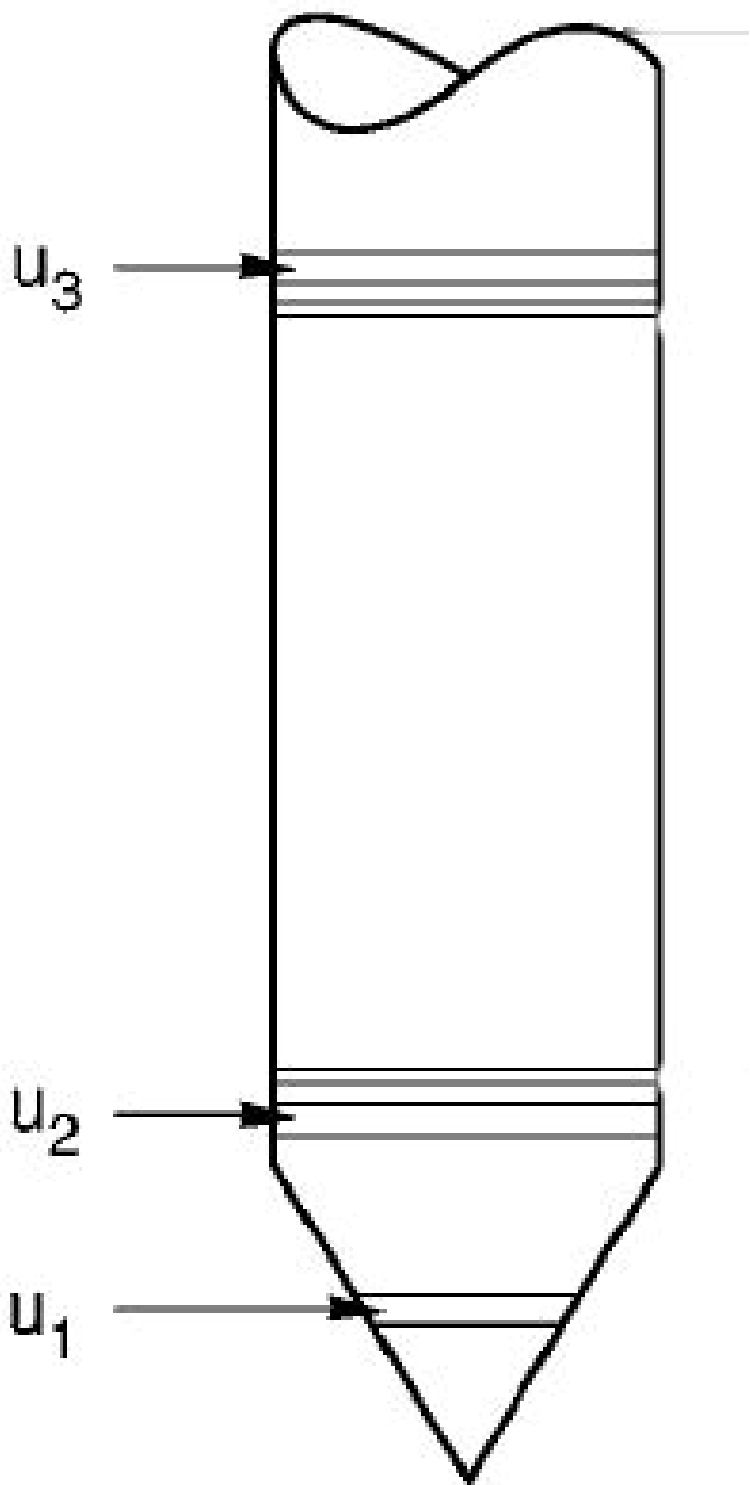
Utrustning för djupregistrering skall kunna kompensera för uppåtgående rörelse av sondstängerna.



Figur 7.2 Geometri och toleranskrav 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 porttrycksmätning.



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 data-minne i sondspetsen. Det senare ställer krav på en synkroniseringsparameter.

Sonden ska ha samma diameter som spetsen upptill 400 mm från spetsen. Vid 10 cm² konarea används ϕ 36 mm minst upp till denna nivå. Stängernas rakhet ska kontrolleras före varje sondering. Vanligen används ϕ 32 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 mm/s \pm 5 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 (användningsklass 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.

Förborring 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 förborringen 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 ungefär lika 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.

Använd-ningsklass	Försökstyp	Användning
0	CPTU	Använts främst i mycket lösa till lösa jordar där kvalificerad utvärdering av jordparametrar önskas. Vid jordar med fastare skikt bör en högre klass användas. Metoden kräver ofta förborrning genom fyllning och torrskorpa för att uppnå tillräcklig kvalitet på resultaten.
1	CPTU	Använts främst i mycket lösa till lösa jordar. Vid jordar med fastare skikt bör klass 2-3 användas. Metoden kräver ofta förborrning genom fyllning och torrskorpa för att uppnå tillräcklig kvalitet på resultaten.
2	CPT,CPTU	Använts i blandande jordprofiler med löst till fast lagring. Resultaten kan i första hand användas till lagerindelning och klassning av jordtyp. I viss mån kan också resultaten användas till uppskattning av jordparametrar med undantag för lös jord såsom t.ex. lera.
3	CPT, CPTU	Använts i blandande jordprofiler med löst till fast lagring. Resultaten kan i första hand användas till lagerindelning och klassning av jordtyp. I viss mån kan också resultaten användas till uppskattning av jordparametrar för fast till mycket fast lagring.
4	CPT	Använts för orienterande profilering och jordartsidentifiering i blandad jordprofil med lösa till mycket fasta jordlager. Ingen utvärdering av jordparametrar är möjlig. Ingen lutningsmätning behöver utföras.

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

Kontroll av	Före sondering	Efter sondering	Minst var 6:e månad
Vertikalitet hos nedpressningsutrustningen	x		
Nedpressningshastighet			x
Sondstänger	x		
Slitage	x	x	
Spalter och förseglingar	x	x	
Nollvärde	x	x	
Kalibrering av spetsens sensorer			x ¹⁾
Filter passning	x	x	

1) Vid bestämda intervall vid långa projekt.

Tabell 7.2 Kontrollschema.

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 avluftad glycerin. Med hjälp av en spruta med kolv avlägsnas alla luftbubblor i sondens och spetsens hålrum, kanaler och gängor samt på tätningar 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 glycerinfylld plastpåse under stabiliseringen.

Motsvarande procedur kan göras för vatten. Ett tips är att använda en gummi-boll 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 nollvärden. 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 tätningar inspekteras och rengörs.

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

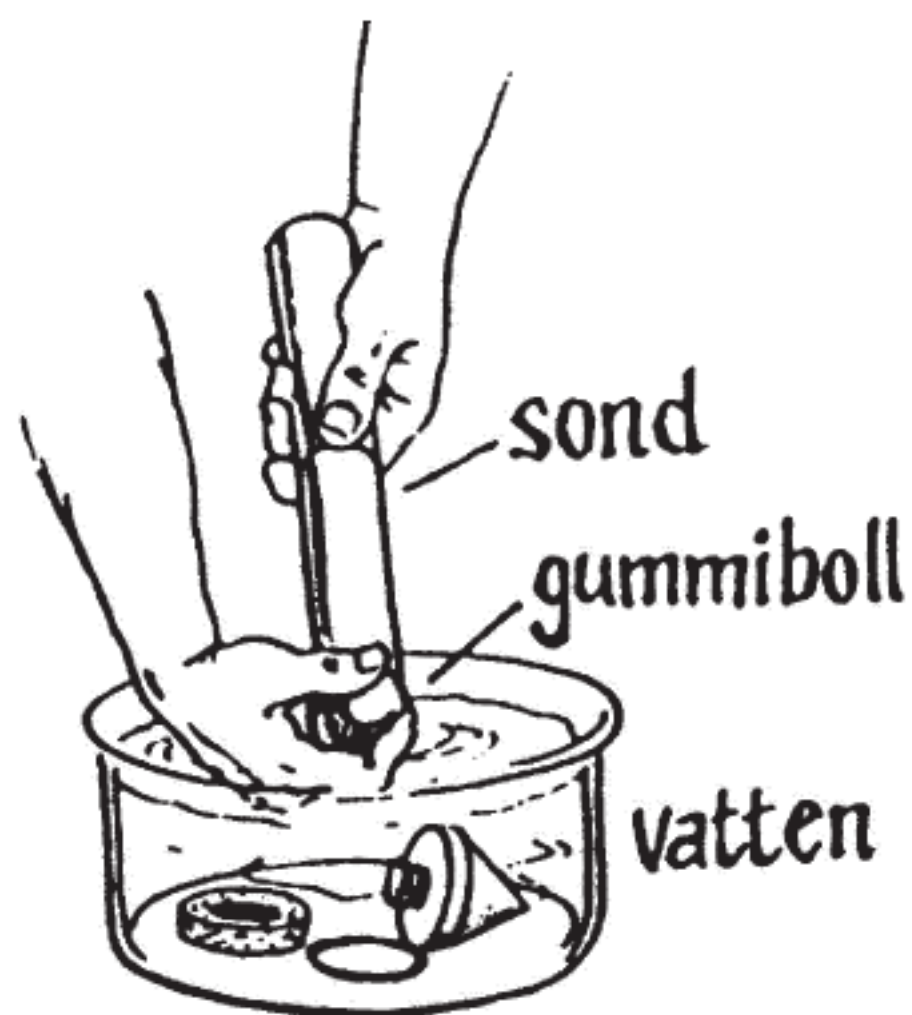
Direkt efter att sonderingen avslutats införs all nödvändig information och gjorda iakttagelser i protokoll, se Kapitel 13.

Efter varje utfört sonderingsprojekt liksom vid slutet av varje arbetsdag ska sonden tas isär och rengöras. O-ringar och tätningar 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.



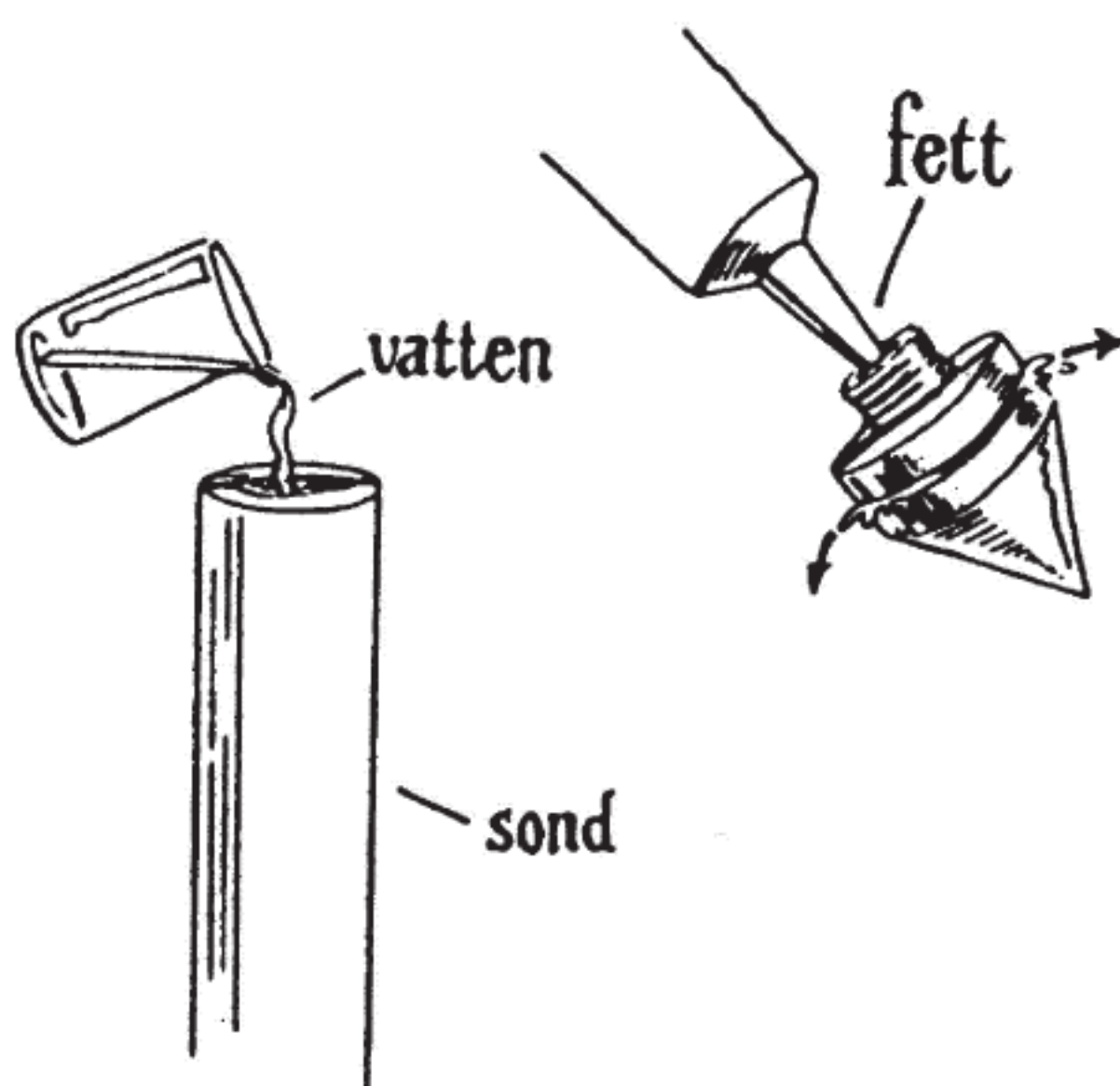
Glycerin

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 borrhvagnen 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 mantelareafaktor 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


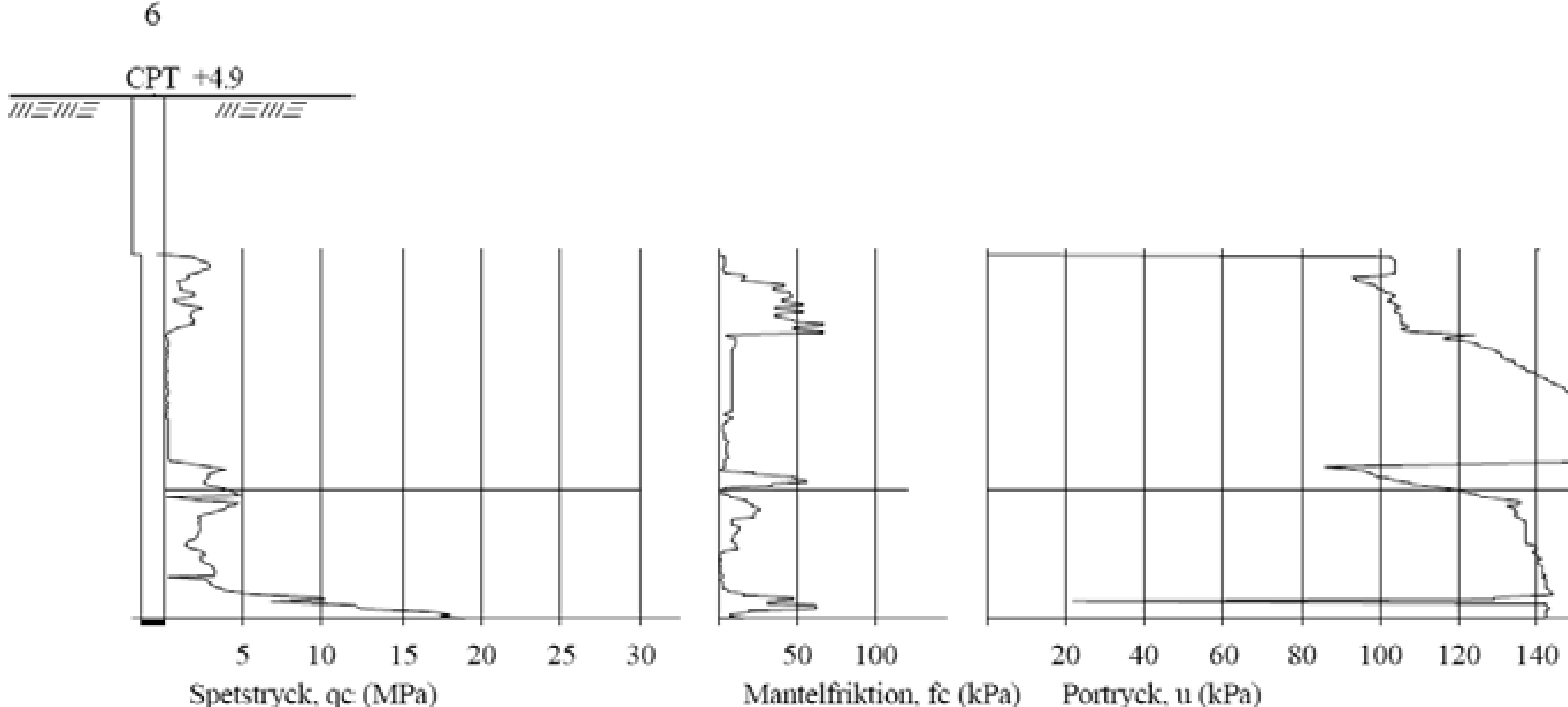
Dessutom ska alla ingående sensorer kalibreras helst tillsammans med aktuell datainsamlingsenhet.

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 lägsta 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 porttryckmätning 107B utan porttryckmätning
Beteckning i plan	
Uppritning i sektion	

Tabell 7.3 Redovisning av spetsstrycksondering.

användnings klass	Försökstyp	Parametrar att mäta	mät-onoggrannhet*	Avläsnings-intervall Mm
0	CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	20 kPa eller 2% 2 kPa eller 2% 1 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	10 för portryck och 20 för övriga parametrar
1	CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	35 kPa eller 5% 5 kPa eller 10% 10 kPa eller 2% 2° 0.1 m eller 1%	20
2	CPT,CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	100 kPa eller 5% 15 kPa eller 15% 25 kPa eller 3% 2° 0.1 m eller 1%	20
3	CPT, CPTU	Spetsmotstånd Mantelfriktion Portryck Lutning Djup	200 kPa eller 5% 25 kPa eller 15% 50 kPa eller 5% 5° 0.2 m eller 2%	50
4	CPT	Spetsmotstånd Mantelfriktion Djup	500 kPa eller 5% 50 kPa eller 20% 0.2 m eller 2%	50

* = % av avläst värde.

Tabell 7.4 Tillåtna totala mätonoggrannheter.

7.3 Jord-Bergsondering

7.3.1 Beskrivning

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

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

I SGF Metodeskrivning 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 borrhjuggar utan registreringsutrustning. Tiden för 0,2 m sjunkning mäts då manuellt och antecknas i protokoll. Vid borring 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 kvalitet vid borring i kristallint berg inför konventionell platt- och pålgrundläggning samt diverse schaktarbeten. Vid borring 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 borring 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 borring 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 returvattnet 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 borregist-reringen krävs att platsspecifik referensborrning genomförs.

Jb-totalsondering (Jb-tot) görs med motsvarande registrering som för Jb-2 med tillägget att man har infört ett vridtryckskede, 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 komplette-rande 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 sond-stänger. Utförs spetstrycksondering med samma stångtyp (ϕ 44 mm geostänger) som Jb-totalsondering täcks de flesta undersökningssitu-ationer endast med en stångtyp och dimension.

7.3.2 Utrustning

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

Hammare: endast toppslående hydrauliskt driven hammare. I samtliga sonde-ringsklasser 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 aktu-ell utrustning och parameterinställning som erhållits vid kalibreringsborrning. Önskas högre upplösning i jord eller mjukt/trasigt berg skall sjunkningshastig-het i det lägre intervallet väljas.

Vridmotor: Vridmotorns kapacitet ska vara 40 – 200 rpm. Varvtalet skall väl-jas så att stiftborrkronans periferihastighet är ca 10 mm per hammerslag och vid val av skärborrkrona skall periferihastigheten vara ca 12,5 mm per ham-marslag.

Spolmedia: Vid Jb-1 och Jb-2 kan spolning göras med såväl luft- som vat-tenspolning (eller annan flytande spolmedia). Vid Jb-3 och Jb-tot skall vat-tenspolning 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 ändpunkterna. Motsvarande för borrstålen högre upp är 1,5 mm/m. Ovanstående krav gäller också över skar-varna. Borrstål anpassas till borrkronans diameter med undantag för Jb-tot där sondstång skall utgöras av Geostänger med ytterdiameter ø 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 borkronan utgöras av 57 mm stiftborrkrona som förses med backventil för att förhindra att lös jord tränger in i borkstålet under den statiska sonderingsfasen. Stiftborrkronan ska slipas när borksjunkning 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 borkning för att kontrollera att sensorernas och manometrarnas värde inte förändras sedan kalibreringen. All fältkontroll dokumenteras och förvaras i anslutning till borkriggen. Inför varje borkhål skall kontrolleras att borkkronan håller föreskrivna toleranser, att stålen är raka enligt föreskrivna toleranser, att inga mekaniska friktioner finns i borkrustningen, 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 sonderingsresultatet 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 borkhål eller ovanför markytan med konstant hastighet. Tiden mäts och om-

räknas till hastighet som jämförs med det registrerade värdet.

- Rotationshastighetkontrolleras genom att antal varv räknas och jämförs med det antal som registrerats på registreringsenheten. Detta kan lämpligen göras med en tachometer som direkt ger rotationshastigheten i rpm.
- Matningskraft kontrolleras genom att lägga ett tryck på stängen som antingen avläses på en manometer på borrhiggen eller med en extern kraftgivare. Erhållet 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.
- Spolvattenflödekontrolleras 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 Måttsatt 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	X
Borrmotstånd	s/0,20 m	X	X	X	X
Sjunkningshastighet	mm/s	-	X	X	X
Matningskraft	kN	-	X	X	X
Hammartryck	MPa	-	X	X	X
Vridmoment/tryck på vridmotorn	MPa	-	X	X	X
Rotationshastighet	rpm	-	X	X	X
Spoltryck	MPa	-	-	X	-
Spolflöde	l/min	-	-	X	-
Spolmedia					
Luftspolning		X	X	-	(x)
Vattenspolning		X	X	X	X

X Ingår i metoden
(x) Undantagsvis t ex sträng kyla
– Ingår inte i metoden

Tabell 7.5 Generell sammanställning av Jb-metoden.

7.3.5 Utförande

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

Följande borrarparametrar skall hållas konstanta under sonderingens gång:

- Matningskraft
- Rotationshastighet
- Hammartrycket.

Vid Jb-tot ska i vridtryckskedet 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. Avvikelser 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 borrarstålet skall hänga centrerat i stånglåset
2. Gör nollavläsning antingen utan borrarstål, eller med kronan ca 10 cm ovan markytan.
3. När nollavläsning är klar och borrar-kronan 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 borrarats ned och nästa stång skarvats på, kontrolleras att borrarstålet är i lod. Annars flyttas borrarpunktens 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 borrarigen 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 stängskarvning.
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 borrarats igenom med hammarborrning förs borrhkronan upp och ner några gånger med samtidig spolning för att säkerställa att inte inspänningar och friktion erhålls mot sondstängen. Därefter återupptas det statiska vridtryckskedet.

Fältbedömningar och noteringar ska genomföras under hela sonderingsförloppet avseende:

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

Foderrör ska installeras vid borrning på vatten från flotte eller plattform om strömförhållandena är sådana att sondstängernas 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 borkax tagits för analys redovisas detta med halvfylld undre cirkel enligt nedan.

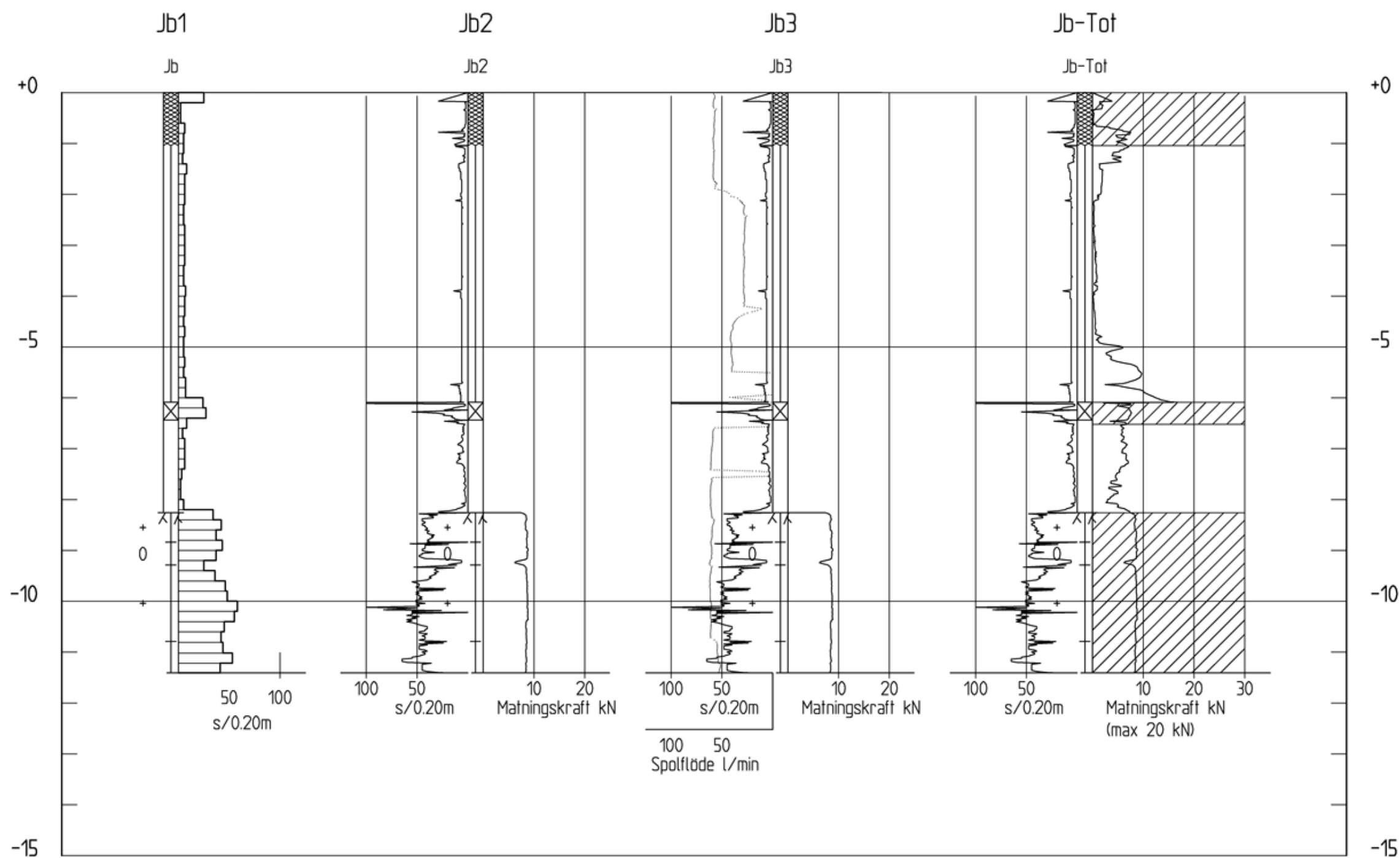
Redovisning på sektionsritning för sonderingsklasserna visas i **Figur 7.11**.

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)
+	Inte märkbara sprickor, jämn sjunkning	42
0	Sprickigt berg, märkbara sprickor	43
-	Mycket sprickigt berg, svårigheter att vrida	44
--	Öppen eller fylld spricka, fri sjunkning	45

Tabell 7.6 Symboler för fältbedömning av bergets sprickighet.

	Dynamisk sondering Jb-1, Jb-2, Jb-3
	Statisk och dynamisk sondering Jb-tot
	Sondering till förmodat berg
	Sondering mindre än 3 m i förmodat berg
	Sondering minst 3 m i förmodat berg
	Sondering minst 3 m i förmodat berg samt analys av borrhax
	Lutande borrhål ned till förmodat berg. Planprojicerat läge redovisas samt bergnivå och borrhålsslut.



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 borrarutrustning 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

borrparametrar så att borrsjunkningen blir ett konstant värde mellan 3,3 till 10 mm/s motsvarande ett bormotstånd 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 avvikelser än 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 borrarutrustningen.

Vid sonderingsklass 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 bormotståndet registreras eller protokollföras 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 mätvärde för djup, bormotstånd, sjunkningshastighet, matningskraft(< 10 kN) samt varvtal. För övriga mätvärden gäller % av fullt skalutslag d.v.s. sensorns maximala mätområde.

Parametrar	Enhet	Intervall	Sonderingsklass			
			Jb-1	Jb-2	Jb-3	Jb-TOT
Mätfrekvens minimum	m	-	0,20	0,025	0,025	0,025
Djup	mm/m	Hela mätområdet	2,5	2,5	2,5	2,5
Bormotstånd	s	Hela mätområdet	1	-	-	-
Sjunkningshastighet	-	Hela mätområdet	-	1 %	1 %	1 %
Matningskraft	kN	0-10 kN	-	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$	$\pm 0,25$
	-	> 10 kN	-	5 %	5 %	5 %
Hammartryck	-	Hela mätområdet	-	2 %	2 %	2 %
Tryck på vridmotorn	-	Hela mätområdet	-	2 %	2 %	2 %
Varvtal	rpm	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 sonderingsklasser.

7.4 Hejarsondering

7.4.1 Beskrivning

Hejarsondering är en gammal sonderingsmetod 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 sonderingsutrustning.

Den senaste svenska metodbeskrivning från 1979 är nu helt ersatt av en euro-

peisk 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 deformationsegenskaper i friktionsjordar, moräner och sådan lermorän där andra sonderingsmetoder inte kan drivas ned.

7.4.2 Utrustning

Fakta om de olika hejarsonderingsmetodernas geometriska data framgår av **Tabell 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, styrrör och mellanlägg.
- Sondspets.

Utrustning för nedrivningen 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 borrhagn. 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	Sym-bol	Enhet	DPL Lätt	DPM Medium	DPH Tung	DPSH (supertung)	
						DPSH-A	DPSH-B
<i>Neddrivningsutrustning</i>							
Hejarens massa, ny	m	kg	$10 \pm 0,1$	$30 \pm 0,3$	$50 \pm 0,5$	$63,5 \pm 0,5$	$63,5 \pm 0,5$
fallhöjd	h	mm	500 ± 10	500 ± 10	500 ± 10	500 ± 10	750 ± 20
<i>Slagdyna</i>							
diameter	d	mm	$50 < d < D_h^a$	$50 < d < D_h^a$	$50 < d < 0,5 D_h^a$	$50 < d < 0,5 D_h^a$	$50 < d < 0,5 D_h^a$
massa (max.)	m	kg	6	18	18	18	30
(styrstång inberäknad)							
<i>Sondspets</i>							
nominell basyta	A	cm ²	10	15	15	16	20
basdiameter, ny	D	mm	$35,7 \pm 0,3$	$43,7 \pm 0,3$	$43,7 \pm 0,3$	$45,0 \pm 0,3$	$50,5 \pm 0,5$
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		mm	$17,9 \pm 0,1$	$21,9 \pm 0,1$	$21,9 \pm 0,1$	$22,5 \pm 0,1$	$25,3 \pm 0,4$
max. tillåten nedslitning av spetsen		mm	3	4	4	5	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
stångavvikelse ^d :							
nedersta 5 m		%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
återstående		%	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Specifikt arbete per slag	$\frac{mgh}{A}$ 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

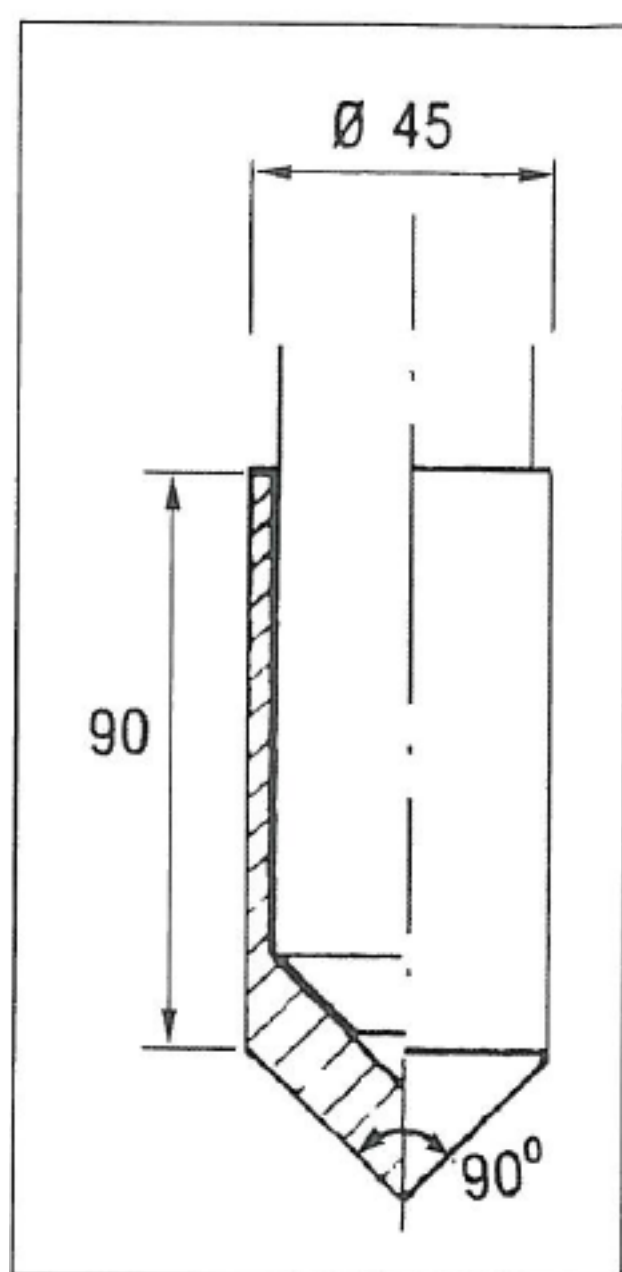
Tabell 7.8 Dimensioner och massa för de olika metoderna.

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 uretångummi (Trelleborgs kvalitet 4013) eller motsvarande, 120 mm i yterdiameter och försett med ett 35 mm hål.

Sondspetsen är cylindrisk med diameter $45 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm}$. 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.



Figur 7.13 Sondspets för DPSH-A.

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 avvikelser åtgärdas.

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.



Figur 7.14 Detaljer av hejare och slagdyna med gummimellanlägg.

Kontrollera fallhöjden och att slag utförs utan större friktion.

Kontrollera att giltigt kalibreringsbevis finns.


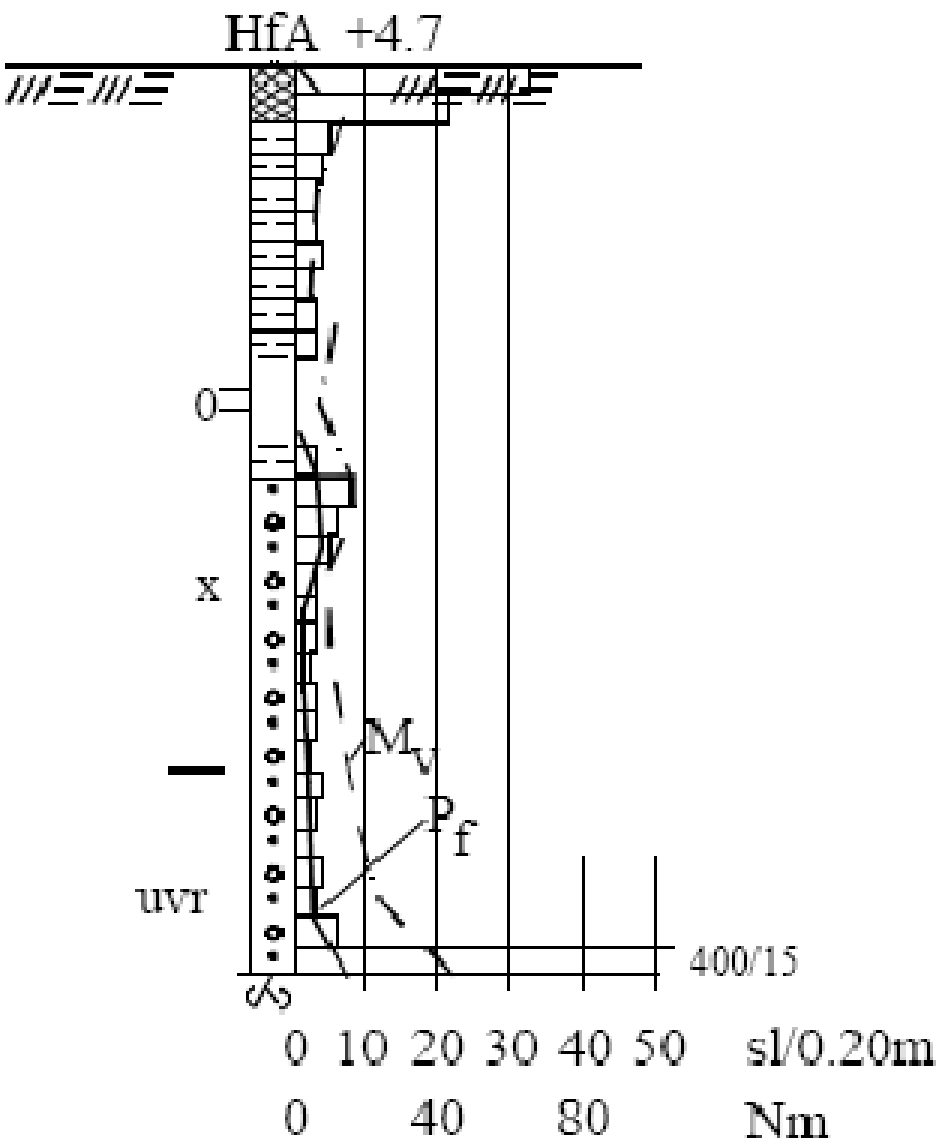
7.4.4 Utförande

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 avvikelser 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.

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	108 för DPSH-A (supertung), tidigare svensk HfA 108A för DPL (lätt) 108B för DPM (medium) 108C för DMH (tung) 108D för DPSH-B (supertung)
Beteckning i plan	
Uppritning i sektion	<div><div>N6302</div><div></div></div>

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 påskurvning 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 mätas 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

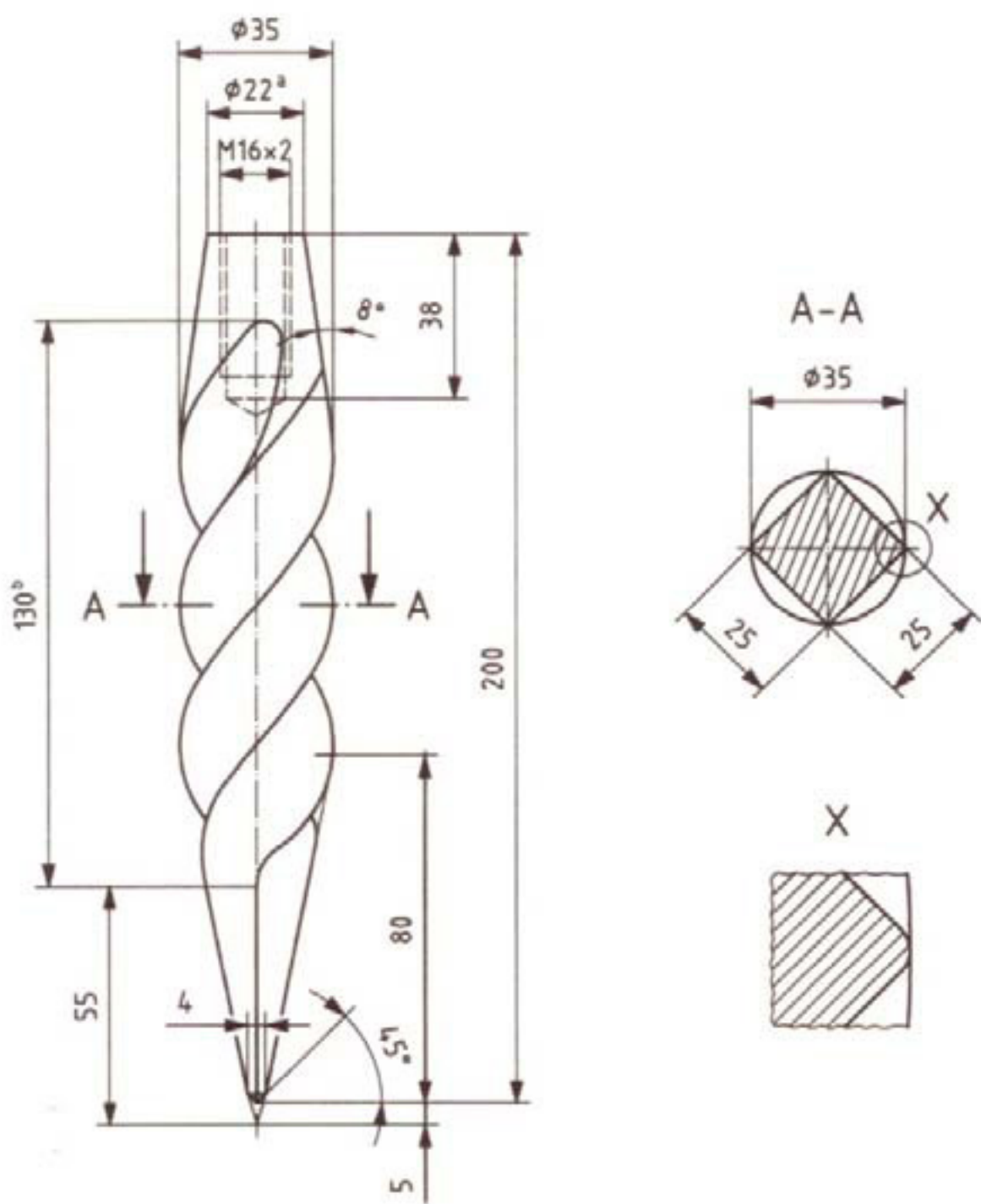
7.5.1 Beskrivning

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.

Vid 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 blockfattiga jordarter för bestämning av jordlagerföljd och relativ fasthet. Känsligheten är lägre än för andra sonderingsmetoder där stångfriktionen kan skiljas från det totala sonderingsmotståndet. För att minska stångfriktionen på stängerna genom ett fastare ytskikt kan förborring 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 diametern 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 stängs 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 stängen.

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.


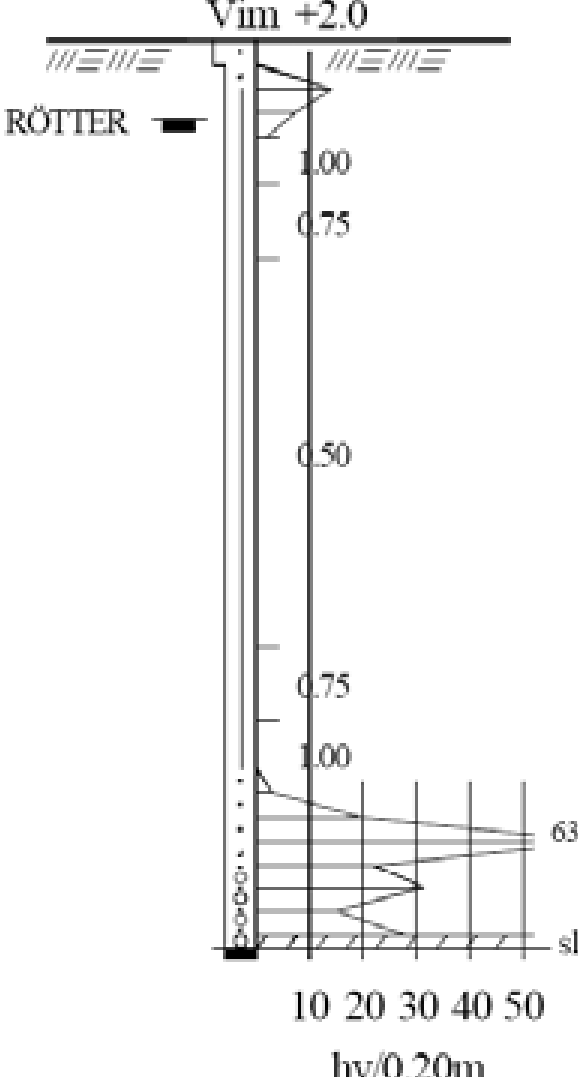
Belasta sonden med den minsta belastning som behövs för sjunkning utan vridning (självsjunkning). Sjunkningshastigheten hålls inom gränserna 20 – 50 mm/s. Vid hastigheter under 20 mm/s ökas belastningen och vid hastigheter över 50 mm/s avlastas sonden.

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

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	102A för Vi (manuell sondering) 102 för Vim (maskinell sondering)
Beteckning i plan	
Uppritning i sektion	<div><div>N4335</div><div></div></div>

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 viktsondering 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 denna i detta avsnitt utan nedan följer en beskrivning av mekanisk trycksondering med vriden spets som inte är standardiserad men däremot 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

Borrigg

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

Vridmotor

Vridmotorns kapacitet ska vara 15 till 200 varv/min.

Borrstål


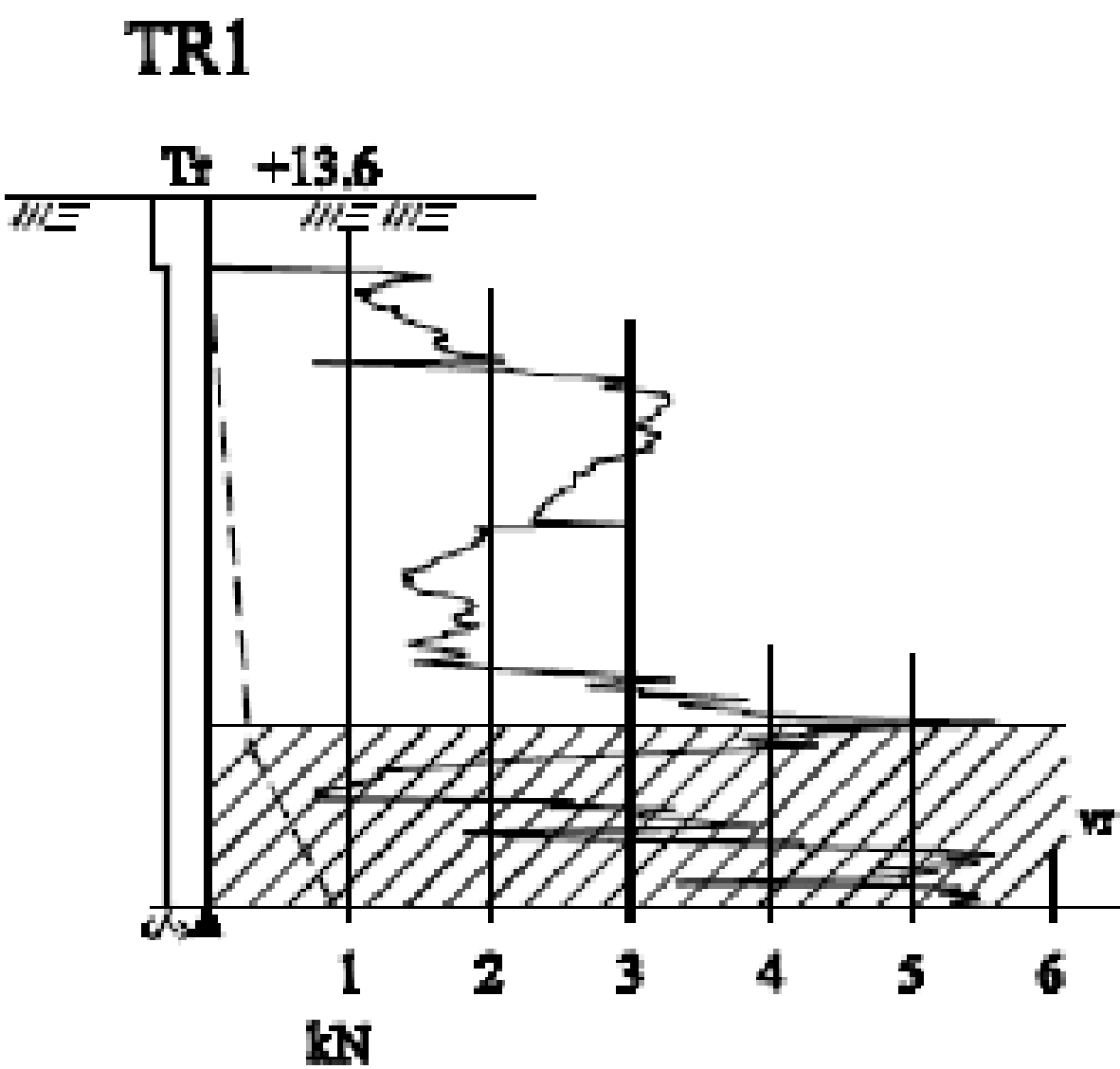
Stångdiameter ska vara 25 eller 32 mm utan utvändiga muffar. Använd stångdiameter ska anges på redovisning.

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 skarvarna.

Spets

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

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

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	03 (Tr)
Beteckning:	
Uppritning i sektion	

Tabell 7.11 Redovisning av mekanisk trycksondering.

7.6.3 Utförande

Vid varje ny borrhål punkt ställs borrhållsriggen upp stabilt så att den inte kan ändra sitt ursprungliga läge. Lodning och eventuell förankring av borrhållsriggen 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 slagsondering

7.7.1 Beskrivning

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

Tung slagsondering 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

Borrigg

Borrigg 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 utvändiga muffar, s.k. geostänger. Maximal tillåten utböjning från en rät linje mellan stängernas ändpunkter för de nedersta 5 m borrarstål är 1,0 mm/m. Motsvarande krav för stänger högre upp är 1,5 mm/m. Kravet gäller även över skarvarna.

Spets

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

7.7.3 Kontrollpunkter före utförande

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

7.7.4 Utförande

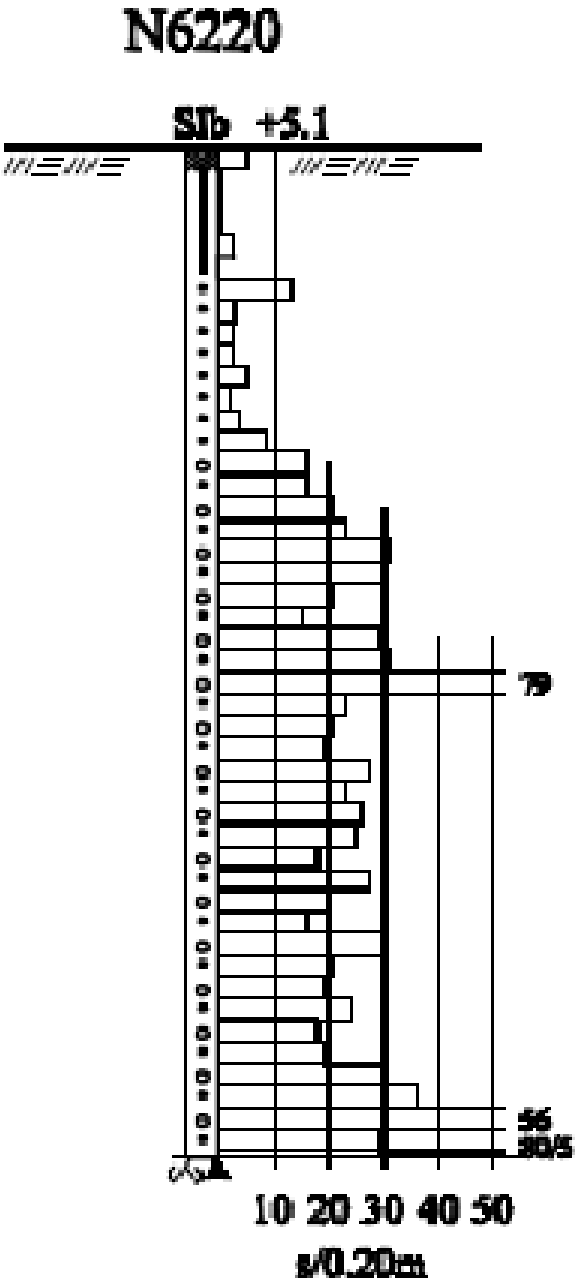
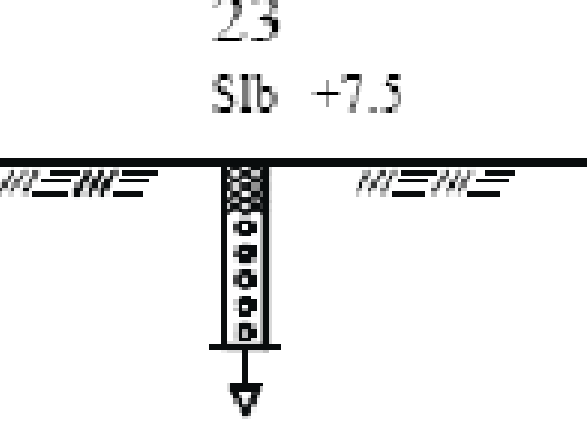
Sonderingen utförs med samtidig rotation och slagning med en minsta statisk last på 500 kg. Rekommenderad rotationshastighet är 15 – 40 varv/min. Slagfrekvensen ska minst uppgå till 1200 slag/min.

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:	● SLB (med slagregistrering) ○ 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 frifallshejare 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, styrrör och mellanlägg.
- Borrutrustning för håltagning.

- Neddrivningsutrustning.

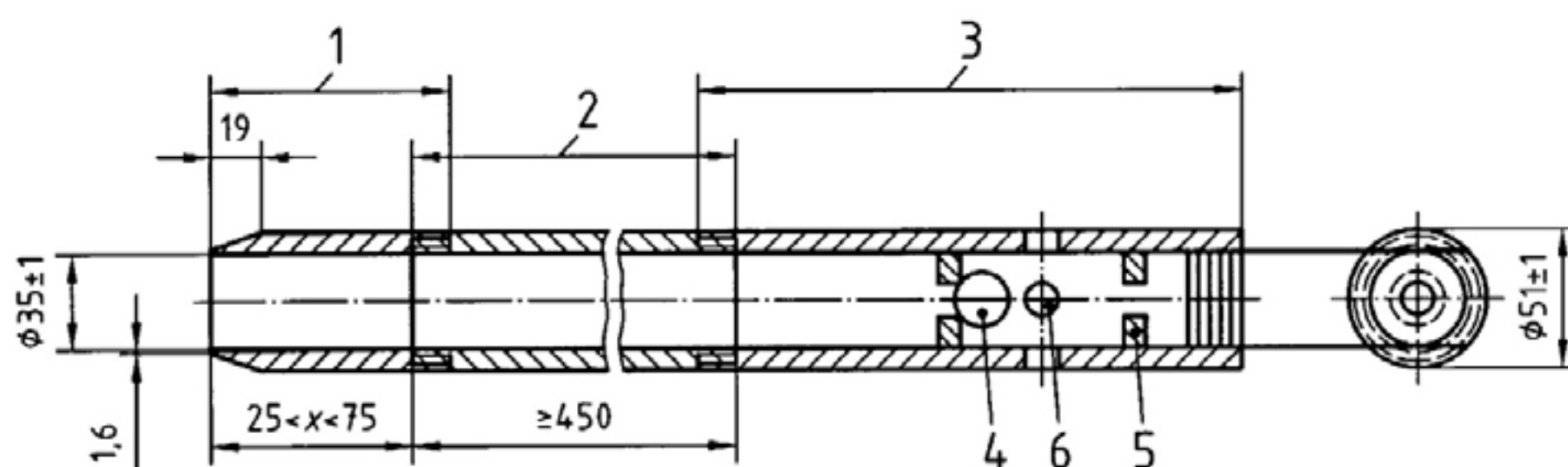
Sondspetsens (provtagarens) egg är av härdat stål med innerdiameter 35 mm \pm 1 mm. Eggen får inte vara skadad eller vara större än provtagarens diameter. I mycket fast jord får eggen ersättas med massiv stålkon, 51 mm \pm 1 mm och spetsvinkel 60°.

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 borrhätskan 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 borrhästängerna 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 \pm 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 foder-rör 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 borrhväska 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 nedträngning inte kan åstadkommas efter 50 slag, avbryts slagningen och nedträngningen 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 nedträngningen 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 hålbotten inte störs. Om tendenser till bottenuppluckring 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

Metodkod enligt SGF:s formatstandard	121 för sondering med provtagning (SPT) 121B för sondering utan provtagning (SPT(C))	
Beteckning i plan	Sondering och provtagning	 SPT
	Endast sondering	 SPT(C)
Uppritning i sektion	Enligt SS-EN ISO 22476-3.	

Tabell 7.13 Redovisning av SPT-sondering.