



Svenska Geotekniska Föreningen
Swedish Geotechnical Society

Rapport 2:2006

Metodbeskrivning för installation av inklinometerrör



Svenska Geotekniska Föreningen
Swedish Geotechnical Society

SGF Rapport 2:2006

Metodbeskrivning för installation av inklinometererrör

Linköping 2006

SGF Rapport	Svenska Geotekniska Föreningen 581 93 Linköping E-post: info@sgf.net
Beställning	Statens geotekniska institut Biblioteket Tel: 013-20 18 04 Fax: 013-20 19 09 E-post: info@swedgeo.se
ISSN	1103-7237
ISRN	SGF-R-06/2-SE
Upplaga	Digital utgåva
Tryckeri	www.sgf.net

Förord

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) ger ut metodbeskrivningar för bl.a. geotekniska undersökningar i fält och på laboratorium där motsvarande standarder inte finns.

SGF är en allsidig sammansatt ideell förening, där de flesta yrkesverksamma geotekniker och företag i branschen är representerade, inklusive beställare av geotekniska utredningar. Metodbeskrivningarna har utarbetats i olika kommittéer med representanter för dessa parter och är därigenom väl förankrade i branschen. Avsikten är att metodbeskrivningarna skall utgöra underlag för upphandling och kvalitetsstyrning av geotekniska arbeten.

Arbetet med att ta fram denna metodbeskrivning har utförts av Lars Persson, Geometrik i Stockholm AB och Björn Möller, FmGeo AB, som båda är medlemmar av SGF:s fältkommitté. Metodbeskrivningen har remissbehandlats, varefter den har fastställts av SGF:s styrelse.

Svenska Geotekniska Föreningen

Linköping oktober 2006

Innehåll

1. Installationsutrustning	1
2. Befintliga standarder och rekommendationer	4
3. Definitioner	5
4. Installationsutrustning	6
4.1 Borrutrustning	6
4.2 Typer av inklinometerrör	6
5. Utförande	9
5.1 Montering av teleskopspets/skarv	9
5.2 Skarvning av inklinometerrör	10
5.2.1 Skarvning av släta inklinometerrör	10
5.2.2 Skarvning av spårade inklinometerrör	11
5.3 Installation i lös lera	14
5.4 Installation i lera och silt	16
5.5 Installation i friktionsjord	16
5.5.1 Injekteringsbruk	16
5.5.2 Förinjektering	18
5.5.3 Injektering med slang	19
5.5.4 Injektering genom ventil i inklinometerrör	20
5.5.5 Återfyllning med torr sand	20
5.6 Installation på spontplanka	20
5.7 Skydd av inklinometerrör	20
6. Krav och kontroll.....	21
7. Redovisning.....	22
8. Referenser	23
9. Bilagor.....	24

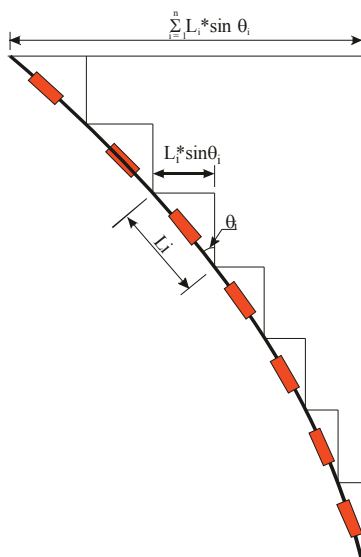
Kapitel 1.

Installationsutrustning

Inklinometermätning utförs i syfte att beräkna horisontalrörelse utifrån uppmätta lutningsförändringar på olika djup i en jordprofil. Behovet av sådana mätningar finns i t.ex. byggskede med stora schakter eller för att kontrollera rörelser i en slänt i potentiella skredområden. Mätningar utförs också för att kontrollera rörelser i byggnaders undergrund, broar och dammar samt i pålar och slitsmurar.

Principen är att ett mätrör installeras i jorden till berg eller morän eller till 3 – 6 m djup under den nivå där ingen horisontalrörelse förväntas i jorden. Röret skall installeras så att det följer jordens eventuella rörelse. I lösa lerjordar sker detta genom att röret blir ett med jorden genom rekonsolidering av jorden medan i friktionsjord och i fast lera bör röret injekteras fast.

Mätning utförs genom att en mätkropp, inklinometer, förs ned och på vanligen varje 0,5 m eller 1 m utföres en avläsning av rörets lutning. Genom att upprepa mätningarna vid olika tidpunkter kan rörets lutningsändring bestämmas mellan olika tidpunkter. Integrering av rörets lutningsvärde på olika djup gör att rörets absoluta position kan bestämmas. Integration av lutningsändringar ger på samma sätt rörets relativa rörelse i tiden. Av figur 1 framgår principen för beräkning av ett inklinometerörs utböjning.



Figur 1 Principen för beräkning av utböjning i ett inklinometerrör.

För att kunna mäta små rörelser används inklinometersonder där sensorerna har hög noggrannhet och därför ställs också stora krav på installation av sådana mätrör. Man eftersträvar idag att installera rören vertikalt. Med manuell inklinometer mäts normalt lutningen i två mot varandra vinkelräta riktningar och genom att beräkna resultanten blir man oberoende av små fel i installationsriktning.

Mätningarna kan utföras både manuellt eller automatiskt. I det senare fallet installeras flera inklinometer vanligen med 2 m avstånd och kopplas till en registreringsutrustning som kan vara automatisk eller manuell. Avståndet mellan de installerade inklinometrarna är avhängigt av den förväntade horisontalförskjutningen inom det aktuella området. Om ringa förskjutningar förväntas kan avståndet mellan inklinometrarna glesas ut till 3 m i djupa rör och när högre precision och/eller en mindre skjuvzon skall detekteras kan det behövas en sensor varje meter.

Beroende av bland annat installationsdjup, mätprincip och jordmaterial används olika typer av rör och installationssätt. Se även bilaga 4. Oberoende av rörtyp eller installationssätt bör rören ha följande funktioner och egenskaper:

- följa jordlagrens rörelse
- installeras vertikalt
- rör och skarvar är så täta att inget jordmaterial läcker in
- röret kan ta vertikala deformationer så att det inte knäcker ut
- skarvarna skall ha minst samma styvhet som röret.
- rör och skarvar skall ha tillräcklig ringstyvhet så de inte trycks ihop vid eventuell injektering samt kan motstå aktuellt jordtryck.
- Röret skall skyddas från yttre påverkan
- rörets beständighet skall vara tillräcklig för avsedd mätperiod
- rören skall inte ha större initial lutning än ± 50 mm/m eller högst halva mätområdet hos tilltänkt inklinometerutrustning.

Kapitel 2.

Befintliga standarder och rekommendationer

I Sverige finns idag ingen giltig standard eller metodbeskrivning för installation av inklinometerrör utan kunskapen finns hos ett fåtal utförare. Det finns emellertid internationella beskrivningar som oftast har getts ut av tillverkare av inklinometerutrustning. Där tas emellertid inte upp frågeställningar som är typiska för svenska jordförhållanden, klimat eller sådana system, som är vanliga i Sverige.

Kapitel 3.

Definitioner

Inklinometermätning:	Mätning av lutningsförändringar i en jordprofil.
Inklinometer:	Mätutrustning som mäter lutning.
Integrering:	Summering av lutningsändringar på olika nivåer i ett rör.
Teleskopspets:	Spets som kan ta upp vertikalrörelse.
Teleskopskarv:	Skarv som kan ta upp vertikalrörelse.
Lutningsändring:	Förändring av ett mätrörs lutning på viss nivå i viss bäring mellan två mättillfällen.
Absolut position:	Ett mätrörs läge i förhållande till vertikalen genom rörspetsen
Relativ rörelse:	Integrering av lutningsändringar längs röret. Vanligen görs integreringen nerifrån och upp men annat förekommer.
Rilla:	Med verktyg skapa ett spår i en aluminiumhylsa vid skarvning av släta rör. Spåren medför att man erhåller en både vridstyv och tät skarv.
Tolk:	Attrapp eller don för att kontrollera rörens innerdiameter är tillräcklig för att föra mer mätsonden.
Spiralmätare:	Mätton för att vid spårade rör bestämma spårens bäring på olika nivåer.

Kapitel 4.

Installationsutrustning

4.1 BORRUTRUSTNING

Beroende bland annat på jordmaterial, typ av rör och djup skall lämplig borrarutrustning väljas. I fall med lös lera eller motsvarande jord är det tillräckligt med en vanlig geoteknikbandvagn men vid fast jord eller stora djup eller krav på installation med hjälp av foderrör kan större borrhjull bli aktuella. Vid installation i fastare jord bör rören injekteras fast i omgivande jord.

Installationen skall uppfylla de krav som är angivet under avsnitt 1. Genom att använda foderrörsborrning längs hela rörets längd säkerställs ofta de kraven. Ett inklinometerrör får aldrig installeras med enbart tryckning på rörets topp. Lämpligen trycks röret ned samtidigt som ett innersystem trycker lika mycket mot rörets botten. Ett inklinometerrör får aldrig installeras med slag på själva röret.

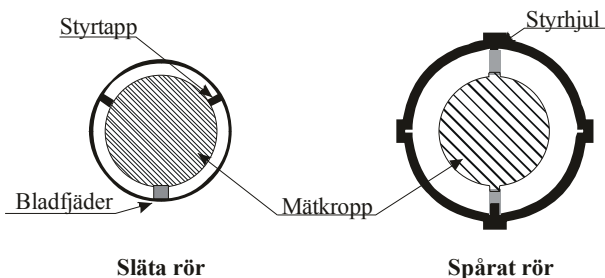
Vid foderrörsborrning skall dimensionen på foderröret väljas så att störningszonen runt röret blir så liten som möjligt. Vidare bör foderrörets nedre del vara så utformad att inklinometerrörets utvändiga muffar inte fastnar vid uppdragning av foderröret.

Innersystemet skall vara styvt för att förhindra utknäckning eller böjning av röret vid installation samt väl rengjort innan det stoppas ner i inklinometerröret.

4.2 TYPER AV INKLINOMETERRÖR

I Sverige har i huvudsak helt släta inklinometerrör av PVC-plast hitintills använts för såväl manuella mätningar som automatiska sådana. Anpassning till omvärlden har medfört att också andra typer av rör börjat användas. Från och till

har också fyrkantiga rörprofiler använts. I takt med att andra frågeställningar än rörelse i lös lera kommer andra typer av rör än de helt släta att öka i omfattning.



Figur 2 Olika typer av inklinometerrör.

I Sverige har ett system för inklinometermätning utvecklats sedan 60-talet, se referens Kallstenius och Bergau (1961), som innebär att mätningarna utförs i ett slät, ospårat PVC-rör med vanligen 50 mm ytterdiameter och 42 mm inndiameter. Även andra dimensioner förekommer. Dessa rör skarvas vanligen med utvändiga aluminiumhylsor som rillas på rören så att en helt slät invändig skarv erhålles.

Internationellt används uteslutande rör med spår som också blivit mer vanligt i Sverige. Dessa rör förekommer i olika material och dimensioner men vanligast förekommande är rör av ABS-plast med 70 mm ytterdiameter och 60 mm innerdiameter. Det förekommer dimensioner från ca 38 till ca 100 mm innerdiameter. Olika typer av skarvning finns beroende på leverantör. En vanlig skarvningsmetod är att använda utvändiga hylsor som låses på olika sätt, t.ex. genom popnitning. En annan metod är att skarvning sker med olika typer av snäppkopplingar.

Det förekommer också rör av aluminium, glasfiber, stål och i HDPE-plast (ej miljörör). De senare har den nackdelen att vid stora deformationer knäcks rören vid den gängade skarven. Även ”rör” med kvadratiska profiler förekommer.

Rörmaterialet skall ha tillräcklig styvhet för att ta upp rådande jordtryck utan att deformeras men samtidigt vara så pass vekt att det följer jordens deformation.

Skarvar skall ha minst samma styvhet som själva rören.

Dimensionen väljs utifrån omgivande jord, förväntade rörelser samt tänkt mätutrustning. Rör med spår är speciellt lämpliga vid mätning vid större djup än ca 20 m. Spårens läge kan kontrolleras genom spiralmätning eftersom spåren kan bilda en spiral mot djupet. Denna mätning kan också användas vid utvärdering av mätresultatet.

När sättning befaras i rörets installationsområde med risk för påhängskrafter på röret skall inklinometerröret kunna ta upp dessa rörelser vid sin spets och/eller i sina skarvar. Således skall rören förses med teleskopspets och tillräckligt med teleskopskarvar så att hela den förväntade sättning kan tas upp.

Kapitel 5.

Utförande

Vilken typ av installationssätt som är lämpligast beror av jordprofil och djup samt vald rörtyp. I lös lera kan rören således tryckas ned med ett innersystem till normala djup. Vid större djup och/eller fastare jordmaterial krävs förborring, medan i fastare jordar erfordras att rören installeras i ett foderrör. Även vid lösare jord skall spetsen om möjligt föras ned i morän eller förborras ner i berg. Genom torrskorpa eller fyllningslager skall alltid förborring utföras, helst med foderrör.

Vid nedpressning med innersystem skall det alltid kontrolleras att inner- och yttersystemet följs åt.

Innan röret monteras bör borrhålets/foderrörets verkliga djup kontrollmätas. Vid all installation av inklinometerrör under grundvattenytan skall rören vattenfyllas allt eftersom röret skjuts ned för att förhindra att röret flyter upp. Om röret skall injekteras fast måste ett innersystem nedföras innan injektering påbörjas för att förhindra uppflytning och utknäckning av röret. Efter att injekteringsbruket härdat dras innersystemet upp och eventuellt vatten blåses ur röret.

5.1 MONTERING AV TELESKOPSPETS/SKARV

Teleskopspets använts när det förväntas bli sättning och därmed påhängskrafter på inklinometerrören som gör att de knäcker ut och därmed äventyras tolkningen av mätresultatet.

Till PVC-rören använts oftast en spets bestående av ett stålrör med spets som kan träs utanpå inklinometerröret. Spetsen monteras på röret som trycks i botten på spetsen. Spetsen kan fästas på röret genom en lätt deformation av stålröret. Inklinometerröret installeras på adekvat sätt enligt avsnitt 5.3-5.6. När fast botten nåtts trycks eller slås teleskopspetsen ut ca 400 mm med ett inre stångsystem.

Till inklinometerrör med spår finns ingen teleskopspets utan här får all vertikalrörelse tas upp av en eller flera teleskopskarvar, se nedan.

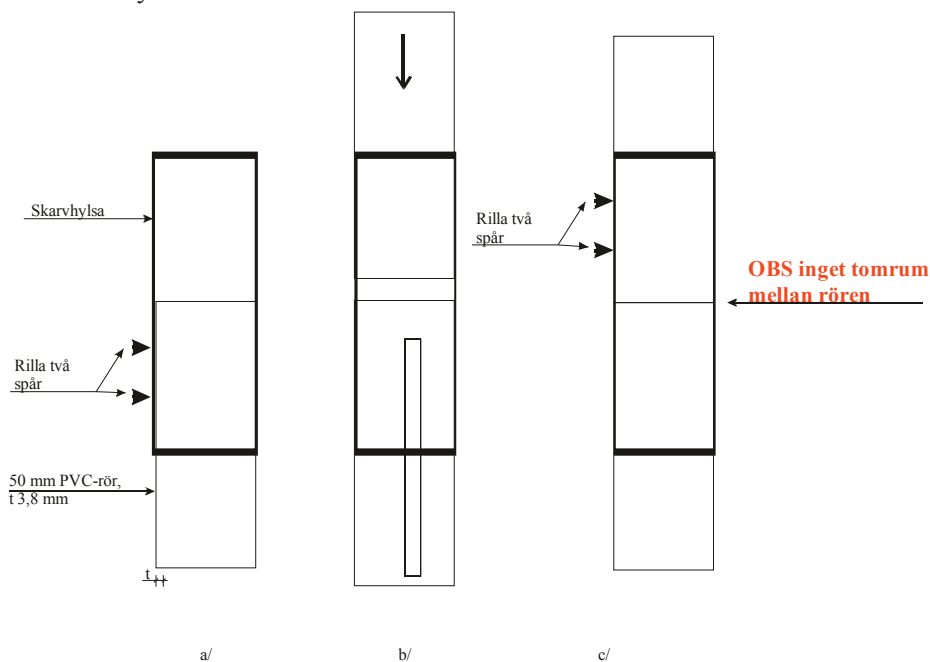
5.2 SKARVNING AV INKLINOMETERRÖR

5.2.1 Skarvning av släta inklinometerrör

Det är viktigt att skarvarna görs på sådant sätt att inga glapp finns mellan rörändarna och att inget injekteringsmedel eller omkringliggande jord läcker in i inklinometerröret.

Skarvning av släta PVC-rör utförs på följande sätt:

- För på en skarvhylsa (normalt en 150 – 200 mm aluminiumhylsa) över det släta inklinometerröret. Rilla 2 spår enligt figur 3a, ca 1 mm djupa tills hylsan inte kan röras i förhållande till röret.
- För in det andra inklinometerröret i hylsan till rören går ihop. Glapp mellan rörändorna kan medföra att mätutrustningen fastnar i glappen varför röret inte kan användas för mätning, utan nytt rör måste installeras.
- Rilla två spår på samma sätt som ovan, så skarvhylsan bildar en tät och vridstyv enhet med röret.



Figur 3 Tillvägagångssätt för skarvning av släta PVC-rör

5.2.2 Skarvning av spårade inklinometerrör

I de spårade rören sammankopplas rören normalt med en snäppkoppling eller hylsa. Hylsan kan anbringas på olika sätt, limning, skruvning eller popnitning. Om ingen o-ring finns mellan rör och hylsa bör också skarven mellan rör och hylsa tejpas för att förhindra att jordmaterial eller eventuellt injekteringsbruk tränger in i röret.

Det är viktigt att ett spår är riktade i den förväntade rörelseriktningen. Under hela installationsarbetet måste spårens riktning kontrolleras, försök inte vrida röret efter installation, mät istället upp spårens riktning med djupet med en spiralmätare och ta hänsyn till detta vid redovisning av mätresultatet.

5.2.2.1 Skarvning med snäppkoppling

Varje rörlängd har i ena änden en han-koppling med riktningsslinje, o-ring samt snäpplåsning och i den andra änden en hon-koppling med riktningsslinje och snäppspår. Montering av snäppkoppling utförs helt enkelt genom att föra ihop han- och hon-kopplingarna och trycka ihop dessa.

Installation av spetsen

- Avlägsna skyddsproppen (han-kopplingen är vid leverans insmord med fett) Var försiktig så inte smuts fastnar i fett vilket kan äventyra skarvens täthet.
- Placera spetsen med han-kopplingen uppåt. Tryck första inklinometerrörets hon-koppling över spetsens han-koppling och du hör ett ”klick” när snäpplåsningen sluts.



Foto 1 Skarvning med snäppkoppling.



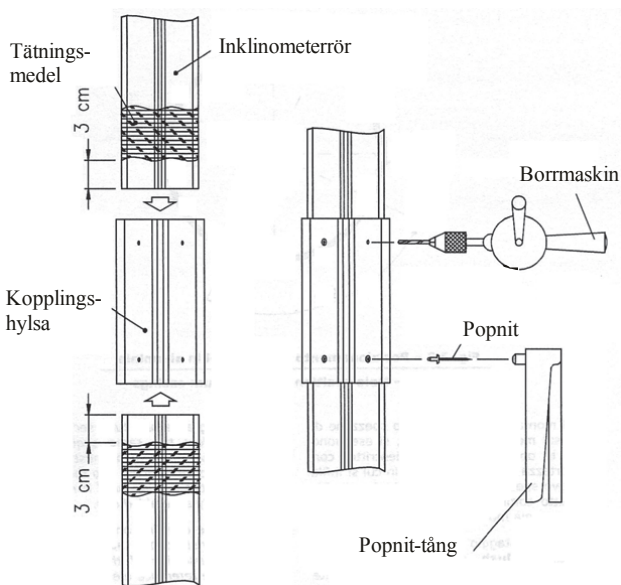
Foto 2 Efter ihopkoppling

Installation av rör i borrhål

- Avlägsna skyddsproppen, dock endast på den rörlängd som skall användas.
- Stötta eller kläm fast den nedre rörlängden.
- Kontrollera att o-ringen ligger rätt, mot ryggstoppet på han-kopplingen, se bilden till höger.
- Rikta in snäpp-knapp och spår mot varandra.
- Tryck den övre rörlängden över den undre tills snäppkopplingen låses fast.
- Sänk inklinometerret ner i borrhålet.
- Upprepa ovanstående punkter tills röret uppnått rätt position.
- Avslutning
- Kapa eventuellt röröverskott med en röravskärare eller bågfil.
- Montera slutligen avsedd rörtopp.

5.2.2.2 Skarvning med ytterhylsa

I Figur 4 visas ett exempel på hur sådan skarvning går till med popnitning.



Figur 4 Exempel på skarvning av spårade rör med popnitning

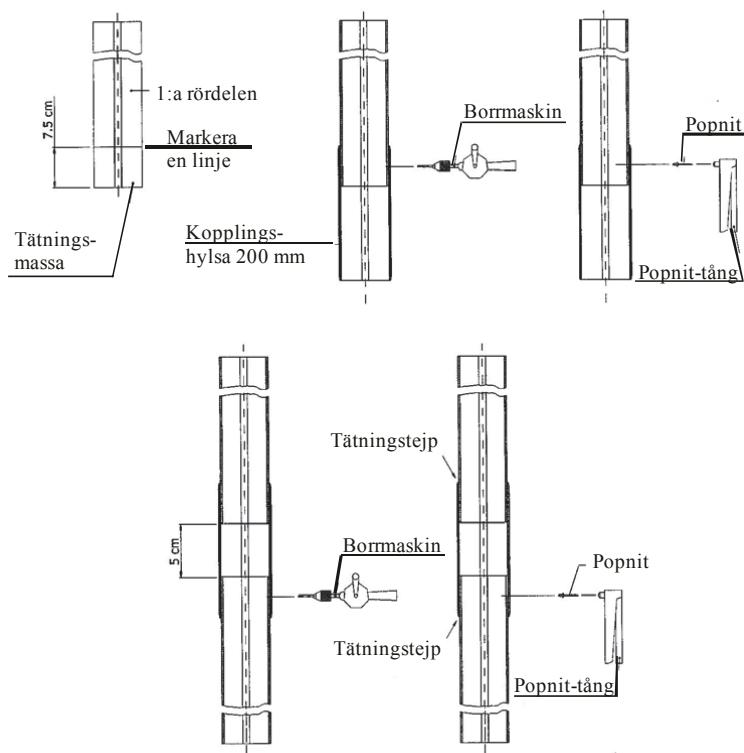
Skarvkopplingen har normalt någon form av styrning som gör att spåren i de olika rördelarna löper ihop. Om så inte är fallet måste det tillses att så sker med till exempel ett styrrör eller dylikt.

5.2.2.3 Skarvning med teleskopskarv.

Vid användning av teleskopskarvar skall alltid foderrörsborrning väljas. I Figur 5 visas exempel på metodiken vid sådana skarvar.

Vid teleskopskarvning finns vanligtvis styrningar, som gör att spåren i de olika rörändorna löper ihop. Eftersom teleskopkopplingen blir spårlos på den sträcka, som kan sammanpressas, skall stor omsorg läggas på att följa tillverkarens instruktioner. Ett sätt att underlätta det framtida mätandet är att fasa in- och utgången av spåret i teleskopkopplingen,

Innan foderröret dras upp skall röret kontrollmätas så att man förvissar sig att alla skarvarna är helt utdragna. Om inte kan utdragning behöva utföras tills rätt mått erhållits. Kontrollen av teleskopskarvarna sker genom att med ett innersystem mäta rörets djup och jämföra detta med installerad rörlängd. Avståndet skall inte överstiga rörlängden plus summan av teleskopskarvarnas längd.



Figur 5 Exempel på metodik vid installation av teleskopskarv

Om teleskopskarvar används bör mätningen anpassas så att ingen mätning görs i en sådan skarv, istället måste mätinstrumentet föras till närmaste ”normala” rör och avvikelser noteras och användas vid utvärderingen.

5.3 INSTALLATION I LÖS LERA

Eventuell torrskorpelera eller fyllning genomborras med provtagningskruv eller foderrör. Ett hål förborras i läget för installationen helst med rotationsborrning med spets, som är något mindre eller lika med rörets diameter. Därefter trycks röret tillsammans med ett innersystem ner till fast botten. Innersystemet består lämpligen av styva sondstänger, som är rengjorda innan de stoppas ner i inklinometerröret. Under nedpressningen skall tillses att inner- och yttersystem följs åt. Vid fastsättning av spetsen i bottenlager kan det bli nödvändigt att slå försiktigt på innersystemet i slutfasen av installationen. Ett alternativ till detta förfaringsätt är att förborra med en pryl eller Jb-krona ned till spetsnivån. Vid

förborrning är det viktigt att rotera under hela neddrivningen, detta för att få ett så rakt hål som möjligt. På så sätt fås en hålanvisning i vilket röret senare trycks ned enligt förfarandet ovan.

Om rör med spår skall installeras i lös lera, genom tryckning med ett innersystem, måste först en massiv järnspets monteras i botten på inklinometerröret.

Då kan installation utföras enligt följande:

- Borra ett hål till erforderligt djup. Rym upp hålet till så stor diameter som möjligt. Slå ner ett foderrör genom översta ytlagret.
- Sänk ner den speciella spetsen, se foto 3, i hålet. Det är mycket viktigt vid denna tidpunkt att tillse att ett spår-par är riktade mot förväntad rörelseriktning.
- Håll en injekteringsblandning i borrhålet som ett smörjmedel för att reducera friktionen mellan röret och den intilliggande jorden.
- Montera ihop inklinometerrören enligt 5.2.2.1 ovan. Stoppa i borrhåll i inklinometerrörets och påbörja försiktig slagning med borrhammare. Om man inte är försiktig är det stor risk att röret inte håller för den slagenergi som borrhammaren påför röret.
- Montera ett skyddslock på rörets överände. Det är mycket viktigt att under neddrivningen av inklinometerröret observera rörets orientering, så borrhammaren inte medför att röret börjar rotera, vilket kan medföra att mätspåret får ett inriktningsfel.
- Inklinometerröret trycks ner och eventuellt mycket försiktigt slås ned till erforderlig djup, se dock till att både borrhållstäl och inklinometerröret förs ner lika djupt.
- Lämna kvar skyddshuven på nästa rörlängd och sänk sakta ner röret över det underliggande röret (slå försiktigt på röret) tills ett ”klick” ljud hörs från skarven, se foto 4. Avlägsna skyddshuven och för ner ytterligare ett



Foto 3 Massiv stålspets



Foto 4 skyddshuv på rör

borrstål ner i röret, gänga ihop det med underliggande borrstål och fortsätt at försiktigt slå.

- Upprepa processen tills inklinometerröret är neddrivet till erforderligt djup. Fyll ut eventuellt tomrum mellan röret och intilliggande jord med injekteringsmedel.

5.4 INSTALLATION I LERA OCH SILT

Innan inklinometerrören installeras förborras jordprofilen genom borring med jb-krona ner till fast botten. Vid risk för kollaps av borrhålet vid installationen erfordras att borrhålet säkras vid upptagning av borrstänger genom att fylla hålet med vatten eller injektering av en bentonit/cement-blandning. Vid lera bör hålet fyllas med vatten som smörjning och mothåll i borrhålet. Vid silt återfylls borrhålet med bentonit i samband med uppdragande av sondstängerna. Efter förborringen trycks röret tillsammans med ett innersystem ner till fast botten. Innersystemet erfordras för att föra ner lasten till inklinometerrörets spets. Om rören vattenfylls vid installationen skall vattnet avlägsnas ned till frostfritt djup efter avslutad installation, annars kan mätning och installation av mätinstrument vintertid försvåras.

5.5 INSTALLATION I FRIKTIONSJORD

Installation sker i förborrade foderrör och inklinometerrören injekteras fast i samband med uppdragande av foderrören. Inklinometerrören trycks ner med hjälp av ett innersystem, som kvarlämnas tills injekteringen härdad. Injekteringen måste utföras genom att en injekterings slang nedförs till botten av hålet och injekteringsbruket pumpas ut nerifrån och uppåt.

5.5.1 Injekteringsbruk

Injekteringsens egenskaper efter härdning skall om möjligt motsvara den omkringliggande jordens egenskaper. Normalt används en blandning av bentonit och cement enligt nedan.

Observera att recepten nedan baseras på **vikt-andelar**.

Recept 1, fast jord (tryckhållfasthet ca 700 kPa och VCT=2,5)

- 1 del cement
- 0,3 delar bentonit (max)
- 2,5 delar vatten

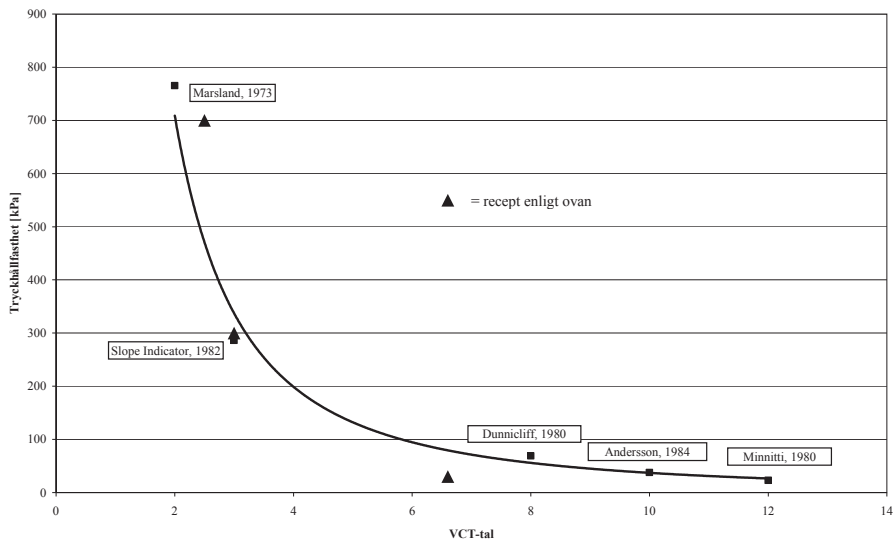
Recept 2, medelfast jord (tryckhållfasthet ca 300 kPa och VCT=3)

- 1 del cement
- 0,35 delar bentonit (max)
- 3 delar vatten

Recept 3, lös jord (tryckhållfasthet ca 30 kPa och VCT= 6,6)

- 1 del cement
- 0,4 delar bentonit (max)
- 6,6 delar vatten

Recepten ovan är hämtade från Mikkelsens artikel ”Cement-Bentonite Grout Backfill for Borehole Instruments”, se referens Millelsen 2002. Det bör påpekas att detta inte är en exakt vetenskap utan baseras på praktisk erfarenhet. Teoretiskt ger små förändringar i VCT stora förändringar i hållfasthet. Blandning i fält kräver ordenlig utrustning och i övrigt bra förhållande för att få en homogen blandning. Skulle mixen bli mer hållfast än jorden får det som konsekvens att rörelsen fördelas över en längre sträcka på inklinometerröret.



Figur 6, Samband mellan tryckhållfasthet och VCT

Injekteringsmedlet tillreds genom att först blanda vatten med cement och därefter tillsätts bentonit. Det är VCT som styr hållfastheten, se figur 6 ovan. Bentoniten används för att inte blandningen skall separera och för att få en pumpbar mix. Man skall tillsätta bentonit tills man får en krämig konsistens som är pumpbar. Man tillsätter maximalt bentonit enligt receptet, mindre gör inget, dock styr bentoniten också injekteringsbrukets permeabilitet, ju mindre bentonit desto högre permeabilitet. Man får aldrig använda bentonit och vatten om det finns minst risk för att injekteringsbruket fryser innan det härdat, då separerar nämligen bentoniten från vattnet och faller till botten. För att förhindra frysning skall injekteringsbruket vintertid hållas frostfri och eventuellt får man lägga en isolering över borrhålet tills det härdat.

5.5.2 Förinjektering

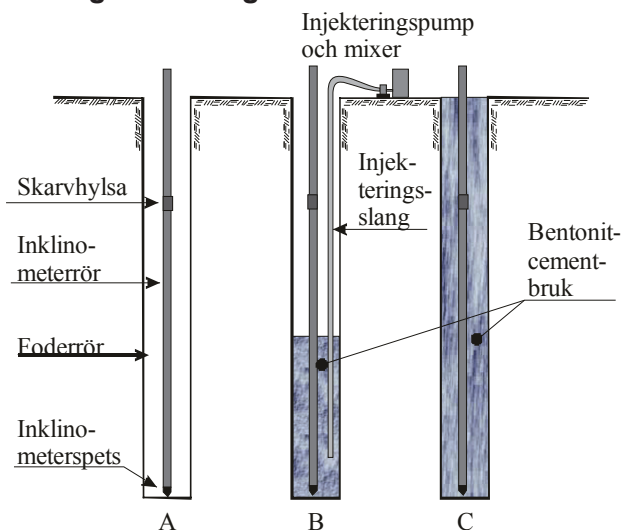
En möjlighet är att först fylla foderröret med injekteringsmedel och sedan trycka ned inklinometerröret med ett innesystem. Det är viktigt att detta sker i en följd så att inte injekteringsbruket härdat innan installationen är slutförd.

Lämpligt förfarande är:

- När borrhålet är färdigborrat fylls hålet med injekteringsbruk bestående av en blandning av bentonit och cement.

- Tryck ner inklinometerröret med hjälp av ett innersystem ner till avsett djup.
- Dra upp eventuellt foderrör.
- Förankra röret, så det inte flyter upp. När injekteringsbruket härdat kan innersystemet lyftas ur och eventuellt vatten blåsas ur röret.

5.5.3 Injektering med slang



Figur 7 Injektering med slang.

- I samband med installation av inklinometerrör trycks också en injekterings slang ner till botten av röret. För ner ett innersystem i inklinometerröret för att anbringa ett tryck ner mot spetsen.
- När röret är på plats pumpas injekteringsbruk ner i hålet. Om injekteringsslangen inte sitter fast i botten av röret kan denna dras upp samtidigt som injekteringsbruket pumpas ut, dock skall injekteringsslangen nedre ände alltid vara lokaliserad under injekterings överyta. Om slangen är fastsatt vid spetsen pumpas injekteringsbruk ända tills det når upp till markytan.
- Efter injektering förankras inklinometerröret så det inte flyter upp. Efter härdning kan injekteringsbruk eventuellt fyllas på uppifrån för att erhålla en god anslutning till markytan samtidigt som innersystem lyfts upp. Om inklinometerröret är vattenfyllt avlägsnas detta ur för att förhindra frysning vintertid.

5.5.4 Injektering genom ventil i inklinometerrör

Ett exempel på en spets med injekteringsventil finns redovisad i bilaga 3. Exakt hur injekteringen skall utföras redovisas av respektive leverantör.

1. För ner inklinometerröret och förankra det så det inte flyter upp i samband med injekteringen.
2. Pumpning fortgår tills rent injekteringsbruk når upp till markytan. Därefter pumpas rent vatten, motsvarande injekterings slangens volym, ut i injekterings slangen innan injekterings slangen dras upp. Därefter fortgår vattenspolning av inklinometerröret tills allt injekteringsbruk har avlägsnats från röret. Alternativt kan en backventil användas ovan ventilen för att förhindra att injekteringsmedel rinner ut i inklinometerröret.
3. Efter härdning kan injekteringsbruk fyllas på uppifrån för att erhålla en god anslutning till markytan samtidigt som innersystem lyfts upp. Om röret är vattenfyllt avlägsnas detta ut för att förhindra frysning vintertid.

5.5.5 Återfyllning med torr sand

Vid permeabel friktionsjord där inte injektering kan utföras ersätts injekteringen med återfyllning med torr ensgraderad sand. Det är mycket viktigt att beräkna erforderlig mängd sand (glöm ej foderrörets volym) och att fylla i sand allt eftersom foderröret dras upp. Om så inte sker måste foderröret skakas (alternativt tryckas upp och ned) så att erforderlig mängd sand rinner ner. Om inte så sker kommer inklinometerröret inte helt följa med i jordens rörelser.

5.6 INSTALLATION PÅ SPONTPLANKA

Normalt svetsas ett stålrör eller -profil med lämplig dimension på plankans liv

5.7 SKYDD AV INKLINOMETERRÖR

Rör belägna inom byggarbetsplats bör skyddas med ett utvändigt foderrör som är låsbart alternativt kapas under markytan och förses med överkörbar däcksel. Inklinometerrör inom tätbebyggt område bör skyddas på motsvarande sätt. Alla inklinometerrör skall efter montering förses med ett låsbart lock för att förhindra att skräp kommer ner i röret.

Kapitel 6.

Krav och kontroll

Innan inklinometerrören förs ner skall samtliga skarvar kontrolleras så inga glipor finns mellan rörskarvarna.

Innan installationen är slutförd, dagen efter om injektering utförts, skall en preliminär kontroll av rörets raket utföras, t.ex. med hjälp av en ficklampa sänks ner i röret eller en tolk föras ner i röret. Om röret är vattenfyllt måste en tolk eller inklinometergivare föras ner i röret med kontinuerlig mätning. Vidare bör röret tolkas med avseende på djup och andra hinder i röret.

Om inklinometerrör med spår används kan man främst vid djupa installationer eller om spårens riktning avviker från förväntad rörelseriktning, mäta spårens riktning längsmed hela rörlängden med en spiralmätare.

Vid installation med injektering tas provkroppar ut på injekteringsbruket som får härda för att senare provtryckas. När provkroppen har planerad hållfasthet får röret anses vara fastinjekterat i omgivande jord.

Efter installationen, 3 – 4 dagar, kan nollmätning utföras. Vid manuell mätning bör 3 mätserier utföras för att säkerställa mätningens repeterbarhet.

Kapitel 7.

Redovisning

Installationsprotokoll skall omfatta följande

- Företag
- Projektbenämning
- Installationsdatum
- Vem som utfört installationen
- Plats med koordinatbestämning och nivåer
- Ev. tolkning av jordprofilen
- Installationsförfarande
- Typ av rör
- Rörlängd
- Ev. injekteringsmedel
- Ev. riktning av spår
- Nivåer av skarvar
- Vid spårade rör bestäms spårens bäring.
- Resultat från eventuell spiralmätning av spårade rör
- Resultat från eventuell inklinometermätning, nollmätning
- Borrprotokoll.

Se vidare bilaga 2.

Kapitel 8.

Referenser

SGI's Varia 503, Inklinometermätningar, Studie av repeterbarhet, långtidstabilitet och installationseffekter.

Kallstenius et al 1963, In Situ Deformation of Horizontal Ground Movements.

John Dunnycliff, 1988, Geotechnical instrumentation for monitoring field performance.

Inclinometer Casing och Inclinometer Installation, Slope Indicator (WEB-sidor).

Inclinometer from Soil Instruments, Interfels, Rocktest, Geokon, SISGeo m.fl. (WEB-sidor).

SGI's Varia 514, Metodutveckling för styrd inklinometermätning Karl-Gustav Joelsson, 2002.

AASHRO Standard Method for Installation, Monitoring and Processing Data of the Travelling Type Slope Inclinometer, American Associates of State Highway and Transportation Offices, Des. T 254-78, pp 941 – 950, 1978.

Erik Mikkelsen, 2002, Cement-Bentonite Grout Backfill for Borehole Instruments, artikel i Geotechnical Instrumentation News, December 2002.

Kapitel 9.

Bilagor

Bilaga 1 Checklista

Bilaga 2 Redovisningsprotokoll

Bilaga 3 Exempel på inklinometerrör med injekteringsventil

Bilaga 4 Flödesschema

Checklista för utrustning vid installation av släta inklinometerrör

Mängd	Förklaring
st	Ifyllda redovisningsprotokoll
st	Tomma borrprotokoll
m	Inklinometerrör ϕ 50 mm, $t=3,8$ mm
st	Spetsar
st	Teleskopspetsar
st	Skarvhylsor
st	Propp till
1 st	Ril-verktyg
1 st	Rör-kap
1 st	Borrvagn med erforderlig borrrutrustning
m	Foderrör, typ
1 st	Attrapp för kontroll av rörets slutliga djup
1 st	Injekteringsutrustning med pump, blandare, ventiler och slang
kg	Injekteringsmedel, minst 20% extra
	<u>Blandningsrecept</u>
kg	Cement
kg	Bentonit
kg	Vatten
1 st	Räknare för beräkning av injekteringsvolym
l	Tillgång till rent vatten
m	Injekterings slang
1 st	Märkpenna, för numrering av inklinometerröret
1 st	Morakniv
st	Eltejp
1 st	Bågfil med extra blad
1 st	Platt fil
1 st	Tång
	Rena trasor
	Pappershanduk
	Fältbok
	Vattensäker märkpenna
	Kamera och film alt. digitalkamera

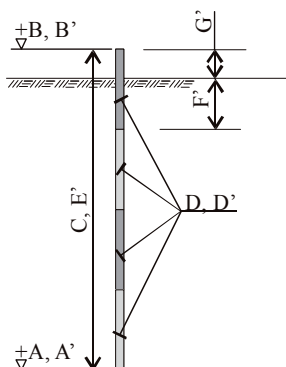
Bilaga 1

Checklista för utrustning vid installation av spårade inklinometerrör

Mängd	Förklaring
st	Ifyllda redovisningsprotokoll
st	Tomma borrarprotokoll
m	Inklinometerrör, typ
st	Spetsar
1 st	Lim till spets
st	Skarvhylsor typ teleskop
st	Skarvhylsor
1 st	Popnit verktyg
st	Popnitar
1 st	Borrdrill eller skruvdragare
1 st	Nyckel eller annat verktyg för skarvning av rör
rullar	Silvertejp
rullar	Eltejp
st	Propp till rör
1 st	Rör-kap
1 st	Borrvagn med erforderlig borrarutrustning
m	Foderrör, typ
1 st	Attrapp för kontroll av rörets slutliga djup
1 st	Injekteringsutrustning med pump, blandare, ventiler och slang
kg	Injekteringsmedel, minst 20% extra
	<u>Blandningsrecept</u>
kg	Cement
kg	Bentonit
kg	Vatten
1 st	Räknare för beräkning av injekteringsvolym
l	Tillgång till rent vatten
m	Injekterings slang
1 st	Märkpenna, för numrering av inklinometrörret
1 st	Morakniv
st	Eltejp
1 st	Bågfyl med extra blad
1 st	Platt fil
1 st	Tång
	Rena trasor
	Pappershanduk
	Fältbok
	Vattensäker märkpenna
	Kamera och film alt. Digitalkamera
1 st	Utrustning för uppmätning av spårens riktning mot djupet

Redovisningsprotokoll

Projekt			
Inklinometerrör nr			
Planering			
Koordinater markyta	x	y	z
Läge	Sektion:		Position (V/H) :
Startdatum			Slutdatum
Entreprenör			Entreprenörens omb.
Borrare			Beställare
Borrrigg			Dim. inklinometerör
Planerad rörbotten	(A)		Planerad överkant rör (B)
Planerad rörlängd (B-A)	(C)		Antal rörlängder (D) (C/rörlängd)
Injektering av röret	J/N		Om J orsak
Aktuellt borddjup			Beräknad injekteringsvolym
Typ av injekteringsmedel			
Installation			
Koordinater	x	y	z
Läge	Sektion:		Position (V/H) :
Antal använda rörlängder	(D')		Rörlängd [m] (E')
Verklig ÖK-rör före kapning	Z'	(B)	Verklig spetsnivå, djup under markytan (D' = B'-D'*E')
Djup till 1:a skarv	(F')		Rörtopp över markytan (G')
Total injekteringsvolym			
Spårens bäring (grader /gon) från norr	1/3	2/4	
Mätsondens bäring vid runda rör	1.	2.	3.

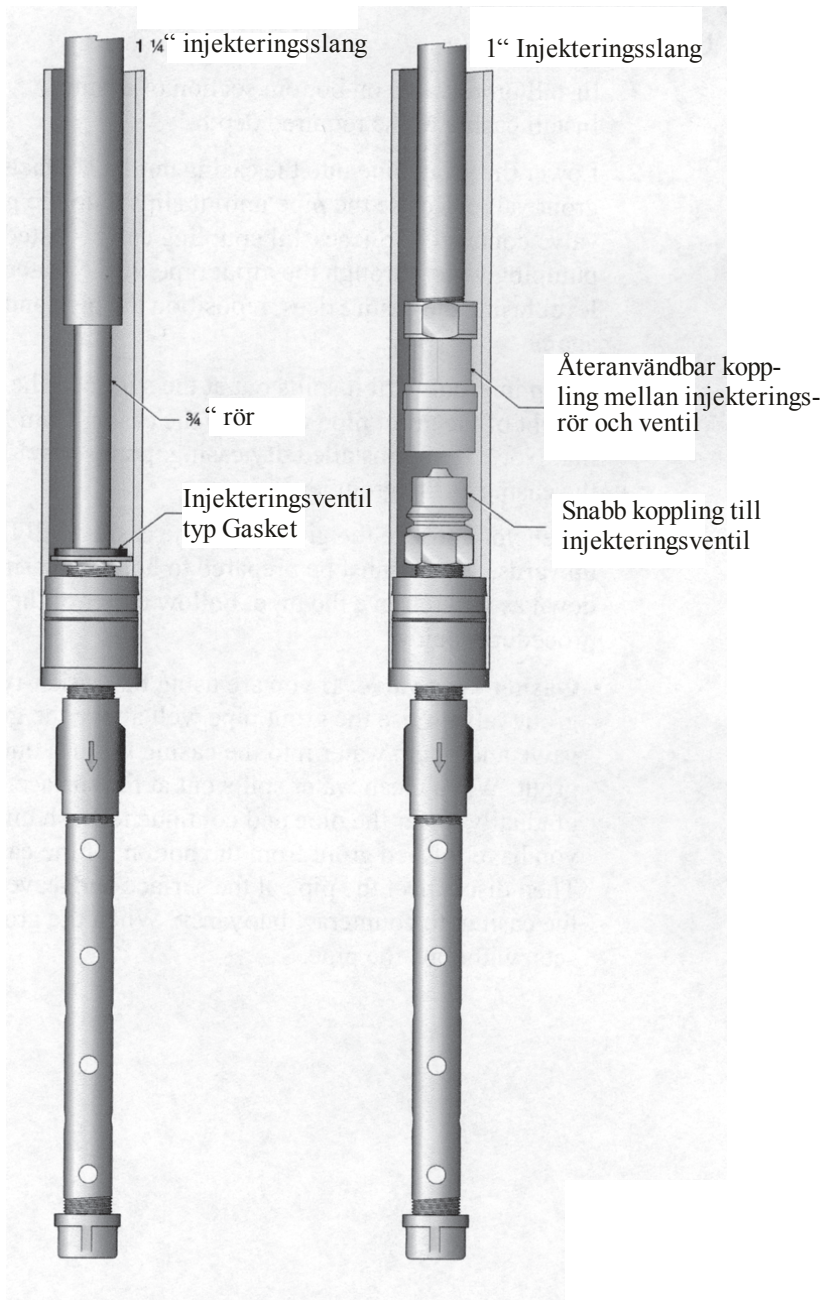


Genomborrard jordprofil

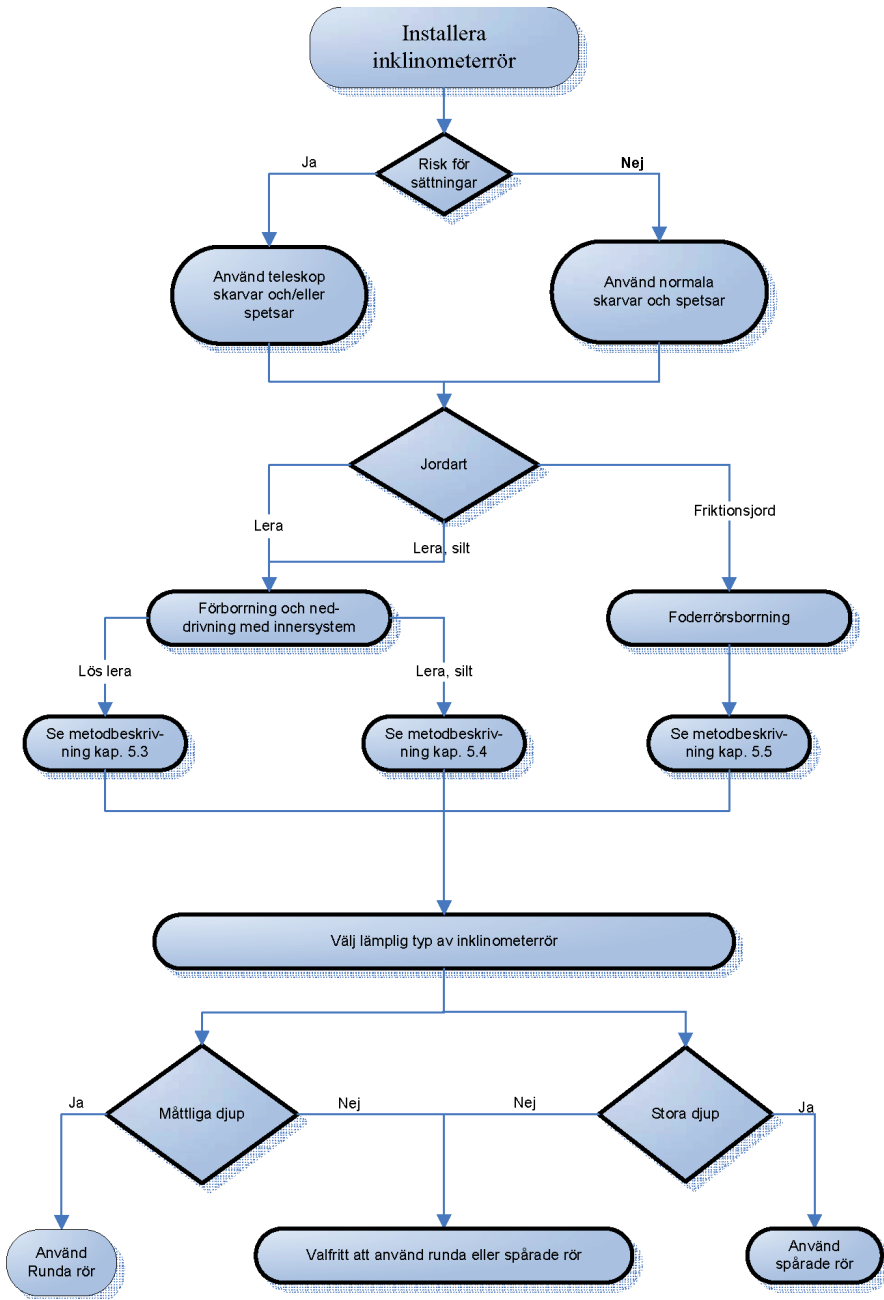
Djup	Jordart

Figur med förklaring enligt ovan

Bilaga 3



Exempel på inklinometerspets med injekteringsventil



Flödesschema

SGF Rapport/Report

- 1:93 Rekommenderad standard för CPT-sondering.
- 1:93E Recommended Standard for Cone Penetration Tests.
- 2:93 Rekommenderad standard för vingförsök i fält.
- 2:93E Recommended Standard for Field Vane Shear Test.
- 1:95 Rekommenderad standard för dilatometerförsök.
- 1:95E Recommended Standard for Dilatometer Tests.
- 2:95 Några pionjärprofiler i svensk geoteknik.
SJ Geotekniska Kommission 1914–1922.
- 3:95 Proceedings of the International Symposium on Cone Penetration Testing,
CPT'95.
- 4:95 Kalk- och kalkcementpelare.
Vägledning för projektering, utförande och kontroll.
- 4:95E Lime and Lime Cement Columns.
Guide for Project Planning, Construction and Inspection.
- 1:96 Geoteknisk fälthandbok. Allmänna råd och metodbeskrivningar.
- 1:99 Tätskikt i mark.
Vägledning för beställare, projektörer och entreprenörer.
- 2:99 Metodbeskrivning för Jord-bergsondering.
- 3:99 Metodbeskrivning för Viktsondering.
- 1:2000 Geotekniken i Sverige 1920–1945.
- 2:2000 Kalk- och kalkcementpelare.
Vägledning för projektering, utförande och kontroll.
- 1:2001 Fälthandbok – Miljötekniska markundersökningar (ersätts av 1:2004).
- 1:2003 Att bygga med avfall. Miljörättsliga möjligheter och begränsningar för återvinning
av avfall i anläggningsändamål
- 1:2004 Fälthandbok – Miljötekniska markundersökningar.
- 2:2004 Armerad jord och fyllning – Nordisk vägledning.
- 3:2004 NGM 2004 – XIV Nordic Geotechnical Meeting. May 19th – 21th 2004.
- 1:2006 Metodbeskrivning för Jb-totalsondering
- 2:2006 Metodbeskrivning för installation av inklinometerorr

Svenska Geotekniska Föreningen (SGF) bildades 1950 och består av drygt 700 enskilda medlemmar, med minst två års praktisk erfarenhet av geoteknik. Dessutom ingår ca 30 korporativa medlemmar i form av institutioner, högskolor, myndigheter, konsult- och entreprenadföretag samt tillverkare inom det geotekniska området.

SGF har till ändamål att främja utvecklingen inom geoteknik med grundläggning och miljögeoteknik med föredrag, diskussioner och kommittéarbeten samt att samarbeta med svenska, nordiska och övriga internationella organ med liknande inriktning.

Föreningen företräder i Sverige den internationella föreningen, the International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). Varje enskild medlem i SGF är också medlem i den internationella föreningen.

I SGF:s Rapport- och Notat- och Medlemsartikelserier utges föreningens metodbeskrivningar, monografier och dokumentation från konferenser, temadagar m.m.



Svenska Geotekniska Föreningen
Swedish Geotechnical Society

581 93 Linköping Tel: 013-20 18 00 Fax:013-20 19 14
Internet: www.sgf.net E-post:info@sgf.net