

Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter ”blockprovtagare”

– Ostörd provtagning i finkornig jord

Rolf Larsson

GÄU - delrapport 33

Linköping 2011





STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Göta älvutredningen - delrapport 33

Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter ”block-
provtagare” – Ostörd provtagning i finkornig jord

*Manual for SGI 200 mm diameter ”Block sampler” – Undisturbed
sampling in fine-grained soil*

Rolf Larsson

**Göta älvutredningen
delrapport 33**

Beställning

Dnr SGI

Uppdragsnr SGI

Statens geotekniska institut (SGI)
581 93 Linköping

SGI
Informationstjänsten
Tel: 013-20 18 04
Fax: 013-20 19 14
E-post: info@swedgeo.se
www.swedgeo.se

6-1001-0034

14092

FÖRORD

Göta älvutredningen (GÄU)

För att möta ett förändrat klimat och hantera ökade flöden genom Göta älv har Regeringen gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att under en treårsperiod (2009-2011) genomföra en kartläggning av stabiliteten och skredriskerna längs hela Göta älv-dalen inklusive del av Nordre älv. Tidigare utförda geotekniska undersökningar har sammanställts och nya undersökningar har utförts längs hela älven. Metoderna för analys och kartering av skredrisker har förbättrats. Nya och utvecklade metoder har tagits fram för att förbättra skredriskanalyser och stabilitetsberäkningar, förbättra kunskapen om erosionsprocesserna längs Göta älv, bedöma effekten av en ökad nederbörd på grundvattensituationen i området, utveckla metodiker för kartläggning och hantering av högsensitiv lera (kvikklera) samt utveckla metodik för konsekvensbedömning. Utredningen har genomförts i samverkan med myndigheter, forskningsinstitutioner samt nationella och internationella organisationer.

Denna delrapport är en del i SGI:s redovisning till Regeringen.

Metodbeskrivning blockprovtagare

En ny provtagare för upptagning av ostörda prover av finkornig jord har tagits fram av Statens geotekniska institut, SGI. Syftet har varit att få en provtagare som ger prover av hög kvalitet även i jordar där detta har visat sig vara svårt att uppnå med den vanligen använda standardkolvprovtagaren samt att få prover som är bättre lämpade för olika typer av forskningsprojekt. Provtagaren har hittills används och utprovats inom sådana projekt och inom den pågående Göta älvutredningen.

Provtagarens utformning och hantering, liksom hanteringen av de upptagna proverna, baseras på tidigare undersökningar och erfarenheter från olika konstruktioner och förfaranden, såväl institutets egna som vad som delgivits av kollegor från främst andra forskningsinstitut.

Den här angivna metodbeskrivningen avser provtagarutrustning och förfarande så som de används vid institutet på basis av vunna erfarenheter fram till i dag (maj 2011).

Linköping 2011

Marius Tremblay

Uppdragsledare, Göta älvutredningen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	3
1 PRINCIP OCH SYFTE	7
2 BAKGRUND	8
3 PROVTAGNING OCH HANTERING I FÄLT	10
3.1 Utrustning	10
3.2 Förberedelser	15
3.3 Förborrning.....	17
3.4 Provtagning	20
3.5 Provhantering.....	24
3.6 Återställning och förvaring av utrustning.....	27
4 HANTERING AV PROVER I LABORATORIET.....	28
4.1 Förvaring	28
4.2 Utrustning	28
4.3 Uttagning av delprover	28
4.4 Trimning av delprover	30
5 LITTERATUR.....	34

1 PRINCIP OCH SYFTE

Vid provtagning med SGI:s 200 mm diameter provtagare förborras först ett stabiliserat hål ned till provtagningsdjupet. Därefter förs den öppna cirka 1 m långa provtagaren, som nederst är försedd med en skarp egg, ned till hålbotten varifrån den trycks vidare och stansar in provet. Borrvätskan i det stabiliserade hålet kan då passera genom provtagarens överdel. Efter att fullt instansningsdjup uppnåtts stängs provtagarens överdel och provtagaren får sedan stå minst 10 minuter, för att provet skall kunna häfta vid provtagarens inre yta. Inuti eggen finns en tråдавskärare där en avskärarlina löper i ett spår i den inre väggen och genom en tryckslang upp till markytan. Innan uppdragningen av provtagaren påbörjas ansätts ett lufttryck i slangen som är minst lika med det totala överlagringstrycket på provtagningsnivån. Provet skärs sedan av i eggen genom att linan dras in, varefter lufttrycket förväntas hålla den så skapade slitsen öppen. Lyfttrycket hjälper sedan till att lyfta provtagaren och förhindrar att sug uppstår under provet. Då provtagarens underdel nått över den förborrade nivån ersätts lyfttrycket av vätsketrycket från borrvätskan i hålet, vilket successivt avtar allteftersom provtagaren dras upp. Under den sista metern av uppdragningen hålls provet kvar av den inre sidofriktionen mot provtagarväggen, (samt ett eventuellt mindre undertryck i den slutna delen vid provets överkant).

Direkt efter uppdragningen lossas eggen och provtagarens överdel och provtagarröret med provet vänds och monteras vertikalt i en uttryckningsrigg. Provet trycks sedan upp och kapas successivt i 6 stycken cirka 150 mm höga bitar som överförs till plana provplattor. Provplattorna består av laminatskivor där proven står på den laminerade ytan. Direkt efter överföring till provplattan försluts proverna med en blandning av paraffin och vax som armeras med oelastisk gasbinda. Resterande del av det upptagna provet, som bland annat innehåller det förborrade hålets underyta, kasseras.

Proverna skall sedan förvaras svalt men över nolltemperatur och i skugga tills de så snart som möjligt transporteras in till laboratoriet. Transporten skall ske med största varsamhet i en kombibil med speciellt madrasserat, plant och horisontellt lastutrymme.

I laboratoriet förvaras proverna i klimatrum med jordtemperatur och hög luftfuktighet. Proverna skall undersökas utan onödigt dröjsmål. Vid undersökningen skärs delprover ut i en speciell rigg och efter ett planerat mönster. Efter uttagning av ett delprov skall provet omedelbart återförslutas med paraffin och vax och delprovet trimmas och införs i provningsutrustningen utan dröjsmål så att ingen vattenkvotsförändring uppstår under tiden.

Ett syfte med provtagaren är att få prover med hög kvalitet även i jordar där detta visat sig vara svårt med den vanligen använda standardkolvprovtagaren. Detta gäller bland annat en del kvickleror. Ett annat syfte är att få prover av så hög kvalitet att även deformationsegenskaper inom det så kallade elastiska området, där spänningarna är lägre än förkonsolideringsspänningarna och töjningar är små, kan undersökas. Dessa egenskaper uppskattas annars som regel ur empiriska relationer eftersom prover tagna med kolvprovtagare inte ger rättvisande resultat. Ett tredje syfte är att få så stora prover att ett antal delprover med "identiska egenskaper" kan undersökas under olika provningsbetingelser samt att utrustningar som kräver stora prover, som t.ex. plane-strain apparater, kan användas.

Provtagarens användningsområde är begränsat till lös och medelfast finkornig jord med odränerad skjuvhållfasthet från extremt låg till medium.

2 BAKGRUND

Utvecklingen av utrustning för upptagning av ”ostörda” prover av finkornig jord har pågått i Sverige sedan SJ:s geotekniska utredning i början av 1900-talet [1]. Ett flertal olika så kallade kolvprovtagare konstruerades och användes i olika sammanhang fram till i slutet av 1950-talet. Under det sistnämnda decenniet bedrevs en omfattande forskning på SGI om den optimala utformningen hos sådana provtagare, såväl beträffande mekaniska lösningar, dimensioner, skäreppens utformning som praktiskt handhavande för att få prover av högsta kvalitet [2]. Inte mindre än sex olika typer av provtagare konstruerades och utprovades innan man kom fram till den som sedan antogs som standardkolvprovtagare av Svenska geotekniska föreningen, SGF [3].

Under årens lopp har sedan olika nya typer av provtagare tagits fram internationellt och det har emellanåt ifrågasatts om den relativt lilla diametern av 50 mm hos standardkolvprovtagaren varit tillräcklig för att få ostörda prover. En större jämförande undersökning på SGI på 1970-talet visade dock att den svenska standardkolvprovtagaren gav väl så bra prover som någon av de andra internationellt förekommande kolvprovtagarna, varav många hade betydligt större diametrar [4].

En svaghet med alla kolvprovtagare, och även med de flesta öppna rörprovtagare, är att det skapas ett undertryck under provtagarna vid uppdragningen. Detta medför att spänningarna i provet blir omkastade, vilket i sin tur medför påtagliga deformationer och en viss störning av provet. Effekten av detta varierar med provtagare och jordart, men generellt medför det att relevanta värden på jordens naturliga styvhet in situ vid små och i huvudsak elastiska deformationer inte kan mätas på dessa prover i laboratoriet.

Ett första försök att minska detta undertryck gjordes i samband med konstruktionen av en 200 mm kolvprovtagare på Norges Geotekniske Institutt, NGI [5]. Denna provtagare försågs med en trådavskärare i form av en lina som under nedpressningen låg runt provet i ett spår i eggens insida. Linan gick sedan i ett rör på provtagarens utsida och efter att provet stansats in kunde det skäras av med linan för att minska störningen vid uppdragningen. Några norska erfarenheter av denna provtagare har veterligt inte rapporterats. Runt 1980 lånades provtagaren ut till SGI som behövde stora prover för försök i en plane-strainapparat och SGI fick även tillåtelse att genomföra vissa modifieringar. Dessa bestod främst i borttagandet av en inre släppning vid övergången mellan egg och provtagarrör och inkopplandet av trycklyft i ledningen för avskärarlinan. Eftersom den använda borrhjulen inte klarade att trycka ned en stängd kolvprovtagare med dessa dimensioner, förbörades ett hål med större diameter ned till provtagningsdjupet och stabiliserades med bentonitväska. Provtagaren sänktes sedan ned till botten av detta hål varpå provtagarröret pressades vidare medan kolven förblev fixerad på denna nivå. Provtagaren kom på detta vis inte att fungera som en kolvprovtagare utan kolvens enda funktion blev att hindra bentonitväska från att tränga in i provtagaren och att täta upp till vid uppdragningen. Innan avskärningen av provet med linan trycksattes ledningen med ett lufttryck som motsvarade det totala överlagringstrycket på eggens nivå. Detta tryck bibehölls tills eggen passerat förbörningsnivån och det började bubbla i stabiliseringsvätskan. Proverna fördes direkt in till laboratoriet, som i detta fall låg nära provtagningsplatsen, där de trycktes ut och paraffinerades enligt metoder som inhämtats från kanadensiska kollegor. Erfarenheterna från dessa

provtagningar, som utfördes i högplastisk Göteborgslera där det är relativt lätt att få prover av hög kvalitet, var mycket goda [6].

Ungefär samtidigt presenterades två nya typer av provtagare i Kanada; Lavalprovtagaren och Sherbrookeprovtagaren [7, 8]. Båda typerna av provtagare fordrar förborrade stabiliserade hål ned till provtagningsdjupet. Med Lavalprovtagaren trycks sedan ett öppet provtagarrör med innerdiametern 208 mm ned från botten av det förborrade hålet och efter att det cirka 0,6 m långa provet stansats in tätas rörets överdel. Ett större rör med en cirkulär borrhälskrona förs sedan ned runt provtagaren och en slits fylld med borrhälsvätska skapas sedan runt om och en bit under provtagarröret. När detta sedan dras upp hjälper borrhälsvätskan till att skära av provet under provtagaren och att lyfta upp denna. På detta vis undviks att det skapas något undertryck under provet.

Sherbrookeprovtagaren, som tar 350 mm höga prover med diametern cirka 250 mm, är betydligt mer komplicerad. I detta fall roteras tre skärarmar ned under det förborrade hålets periferi och skapar en vertikal cylindrisk slits fylld med borrhälsvätska. Då fullt djup nåtts, fås skärknivarna att röra sig inåt under provet och skapar tillsammans med tryckvattenstrålar en spalt under provet. När provet är helt avskuret vilar dess botten på skärknivarna och det kan lyftas upp inuti provtagaren.

Lavalprovtagaren har provats i Sverige i ett samarbetsprojekt mellan SGI och Université Laval [9]. En jämförelse med prover tagna med standardkolvprovtagaren visade att för prover tagna i högplastisk lera var hållfasthet och förkonsolideringstryck likartade, men responsen inom det ”elastiska” området var styvare för proverna tagna med Lavalprovtagaren. Det visade sig också möjligt att ta prover med relativt god kvalitet även i lågplastiska, högsensitiva jordar där det tidigare visat sig omöjligt att få upp prover med standardkolvprovtagaren trots användning av slutarbleck.

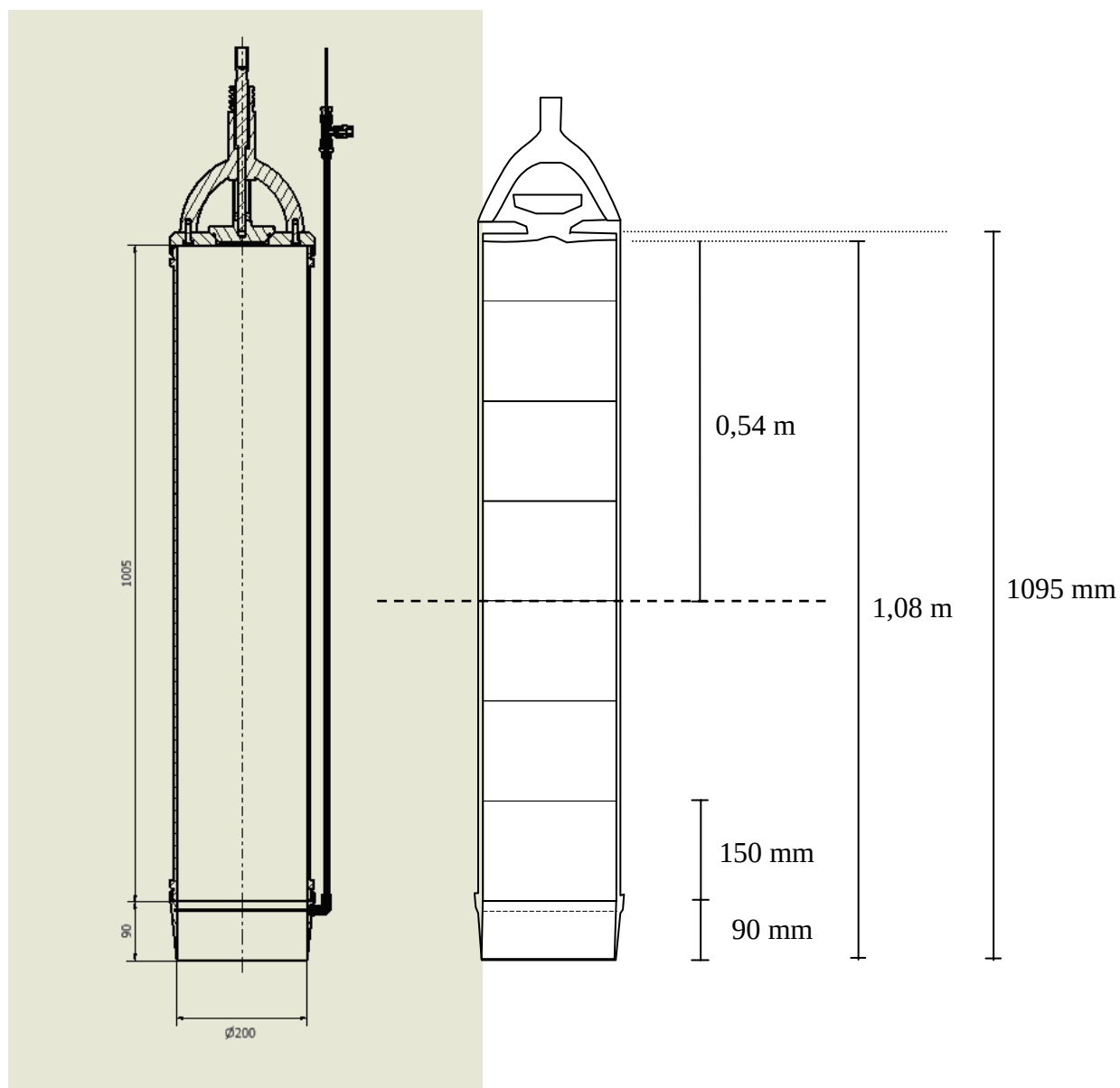
Sherbrookeprovtagaren har ännu inte provats i Sverige. Den har använts i relativ stor omfattning av NGI med goda resultat. Alla hittillsvarande jämförelser har dock gjorts med provtagare av vilka vi i Sverige inte har några egna erfarenheter eller som anses vara sämre än standardkolvprovtagaren. En jämförelse mellan Laval- och Sherbrookeprovtagarna i engelsk varvig och siltskiktad lera gav något högre aktiv skjuvhållfasthet med den senare, men i övrigt likvärdiga provningsresultat [10]. Sherbrookeprovtagaren är den enda provtagare som, bortsett från relativt ytliga prover, tar verkliga blockprover men är relativt komplicerad och ömtålig och tidsåtgång och kostnad för denna typ av provtagning bedöms vara mycket hög.

Vid konstruktionen av SGI:s 200 mm provtagare har erfarenheterna från SGI:s tidigare undersökningar tagits tillvara så att eggen utformats och den inre släppningen tagits bort med ledning av erfarenheterna från 1950-talet och senare. Tråдавskäraren och tryckluften har inkorporerats med ledning av erfarenheter från den modifierade NGI 200 mm provtagaren och förslutningsanordningen i provtagarens överdel har hämtats från Lavalprovtagaren. Förboringstekniken med en ihållig jordskruv och betongitvätska är traditionell och har använts i många olika sammanhang, medan verktyget för att skapa en jämn och ren botten i det förborrade hålet i princip har kopierats från NGI:s utrustning för motsvarande hål för Sherbrookeprovtagaren [11]. Tekniken för hantering av proverna har hämtats från den teknik som utvecklats i samarbetet med Université Laval i samband med tidigare projekt med tagning av stora prover.

3 PROVTAGNING OCH HANTERING I FÄLT

3.1 Utrustning

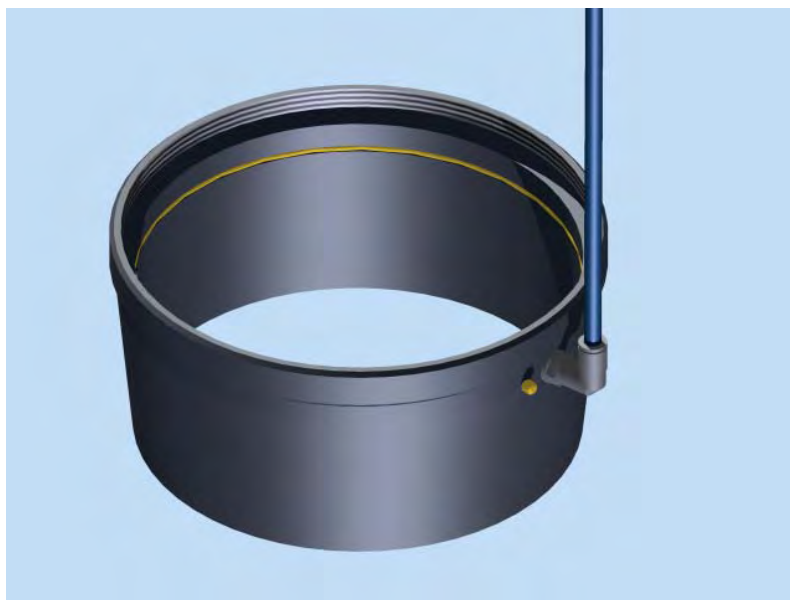
Provtagaren



Figur 1 Provtagare och principskiss för läget för det förborrade hålets underyta samt delprovernas placering

Provtagaren består av:

- Provtagarröret, som är 1 m långt (1005 mm) och har innerdiametern 200 mm. Provtagarröret är tillverkat av ett sömlöst, rostfritt ämnesrör. Av tillverknings-tekniska skäl är det dock inte av syrafast kvalitet utan fordrar rostskyddsbehand-ling mellan provtagningarna. Röret är gängat på utsidan i båda ändar
- Eggen, som är tillverkad av samma ämnesrör och således har samma innerdia-meter som provtagarröret. Eggen har en skärvinkel av 5° utom allra längst ned där den är 45° över en längd av maximalt 0,3 mm. Den har således i princip samma utformning som eggen i standardkolvprovtagaren där den trubbigare de-len också har visat sig nödvändig av praktiska skäl. Eggen är härdad. Vid even-tuella skador på eggen måste denna härdas ur innan den åtgärdas och åter härdas. I eggens överdel finns en invändig gänga så att den kan skruvas fast i provtagar-rörets nederdel. På eggens insida finns ett knappt 3 mm brett och djupt spår som löper runt den inre diametern. I detta spår trycks avskärlinan in. Avskärlinan är en flätad, försträckt 3 mm polyetylenlina med hög hållfasthet och låg egentöj-ning och ingen egen vattenuppsugning. Flätningen medför att tryckluft kan pas-sera genom linan. Linans ena ände fixeras genom att den dras ut genom ett hål i rörväggen och låses med en knut. Den andra änden dras ut genom en vinkel-koppling i rörväggen strax bredvid. I vinkelkopplingen ligger en hylsa som släp-per igenom linan men förhindrar att jordpartiklar och bentonitvätska passerar. Vinkelkopplingen är ansluten till en tryckluftsledning av plast i vilken avskärlin-an löper. I tryckluftsledningens andra ände finns en T-koppling där avskärlin-an löper rakt ut genom en reglerbar tätning i motsatt ände och där en tryck-luftsledning kan kopplas in i 90-gradersanslutningen.



Figur 2 Egg med avskärlina



Figur 3 T-koppling

- Locket, som består av en rund stålplatta med en undre invändigt gängad fals runt periferin så att locket kan skruvas fast i provtagarrörets överdel. I plattans centrum finns ett stort cirkulärt hål där bentonitväska och eventuella lösa jordklumpar i det förborrade hålets botten skall kunna strömma igenom och ut då provtagaren trycks ned. På locket överyta sitter fyra kraftiga bygelben som löper samman över lockets centrum. Där dessa löper samman finns ett gängat vertikalt hål i vilket det inre stångsystemets gängade nederdel löper. Det gängade hålet fungerar som en mutter då det inre stångsystemet roteras och den låsplatta som sitter i stångsystemets nederdel pressas då ned mot hålet. Vid åtdragning sluter låsplattan tätt mot locket med hjälp av en o-ring i ett spår i den förra. Där bygelbenen löper samman finns också en gängad koppling med större diameter i vilken det yttre ihåliga stångsystemet kan skruvas fast.



Figur 4 Lock med låsplatta

- Yttre stångsystem, som skall vara ihåligt och för måttliga djup och lös lera normalt består av s.k. kolvborrör. För större djup och/eller fastare jord kan kraftigare rör behövas.
- Inre stångsystem, som skall passera fritt genom det yttre stångsystemet och dess skarvar. Normalt används ϕ 20 mm sondstänger.

Neddrivningsutrustning

För provtagningen krävs en kraftig neddrivningsutrustning, vanligen en större borrhandsvagn, som:

- klarar att rotera ned och dra upp en 250 mm jordskruv vid förborrningen
- är försedd med utrustning så att bentonitvätska kan pumpas ned genom borrhänderna med reglerad hastighet samtidigt som jordskruven dras upp
- kan greppa ett grovt rörsystem, vanligen ϕ 44 mm kolvborrör
- kan trycka ned och dra upp provtagaren med långsam reglerad hastighet
- är försedd med en wirevinsch med vilken provtagaren kan lyftas på plats före provtagning och lyftas över till riggen för provuttryckning efter provtagning

Kringutrustning

I samband med provtagningen behövs också:

- utrustning för pumpning av vatten från närliggande vattendrag eller hämtning i en stor behållare.
- utrustning för blandning av bentonitvätska.
- utrustning för förborrning med diameter av minst 250 mm. Denna består normalt av en jordskruv med måttlig stigning och ytterdiametern 250 mm. Jordskruven är hålad så att bentonitvätska, dvs. en blandning av bentonitpulver och vatten, kan pumpas ned genom skruv och förlängningsstänger samtidigt som skruven dras upp.
- utrustning för hållrensning. Denna består av en öppen behållare med en något mindre diameter än jordskruven och plan botten. I behållarens centrum finns en gängad anslutning till borrhänder så att den kan firas ned, roteras och dras upp i det förborrade hålet. I behållarens botten finns två diametralt placerade, radiella slitsar. Framför slitsarna sticker snedställda skär ned så att när behållaren roteras med borrhänderna hyvlas material i hålets botten av och matas in i behållaren. Två slutarbleck förhindrar att materialet kan rinna ut vid uppdragningen.
- generatorer för strömförsörjning.

- reglerbar tryckluft i tuber eller från kompressor. Regleringen sker med hjälp av reduceringsventil och manometer.
- tryckluftsslanger i avpassade längder samt avskärlina
- uppläggningsbock för hantering av provtagaren
- utrustning för uttryckning och delning av provet. Denna består av en rigg i vilken provtagarröret med provet kan fixeras vertikalt och i vilken provet kan tryckas ut med hjälp av en domkraft och distansklotsar. Provet skärs av med en tråдавskärare som styrs av riggens överkant.
- utrustning för förslutning och transport av delproverna. Denna består av plattor av laminatskivor på vilka de avskurna delproven placeras och utrustning för att försluta proverna med en blandning av paraffin och vax som armeras med oelastisk gasbinda (specialbeställs från apotek eller köps i specialaffärer för djursjukvård).
- vattenspruta med högtryck för rengöring av provtagaren
- Plats för hantering och temporär förvaring av prover, t.ex. täckt lastbilsflak, tält eller bod.



Figur 5. Lastning av provtagare och kringutrustning.

3.2 Förberedelser

Inspektion på plats

Innan arbetet påbörjas skall sedvanlig ledningskontroll/-utsättning göras. Området skall inspekteras med avseende på främst framkomlighet för fordon och tillgång på vatten. Framkomligheten för fordon avgör bland annat om man kan använda sig av t.ex. ett täckt lastbilsflak på kort avstånd för hantering och preparering av de upptagna proverna, eller om man behöver dra ut sol-, vind- och regnskydd i annan form till provtagningsplatsen. Den kan också vara avgörande för valet av tryckluftsförsörjning. Tillgång till vatten på plats i form av vattenledningar, vattendrag eller brunnar är avgörande för om vatten kan ledas eller pumpas till provtagningspunkten, eller om det måste hämtas med en vattentank från längre håll. En säker extern elförsörjning kan som regel aldrig påräknas på plats utan denna fås normalt genom medförd generator(er).

Planläggning

Arbetet skall vara planlagt så att man vet exakt var och på vilka nivåer prover skall tas. Läge och nivåer baseras på tidigare undersökningar i form av provtagningar och sonderingar, främst provtagning med standardkolvprovtagare och CPT-sonderingar. De avsedda provtagningsnivåerna ligger till grund för hur mycket utrustning som behöver tas med i form av stångsystem, vattenåtgång, bentonitmängder, längder på tryckluftssledningar m.m. Antalet provtagningsnivåer avgör också behovet av provplattor, paraffin och vax, behov av plats för mellanlagring av prover och transportomgångar.

Förberedelser på plats

I förberedelserna ingår att dra fram vatten till provtagningsplatsen. Förborrningen förbereds genom att bentonitväska blandas till lämplig konsistens. Utrustningen skall vara placerad så att den blandade bentonitvätskan inte behöver transporteras vidare utan kan pumpas direkt ned i det förborrade hålet via pump, slangar och de hålade stängerna. Helst blandas så mycket som beräknas gå åt, men för djupare hål får detta göras i omgångar allteftersom blandningen förbrukas. Innan förborrningen påbörjas grävs också helst en fångdamm för bentonitväska eftersom mycket av denna som ligger ovanpå jordskraven efter att den skruvats ned, kommer att lyftas upp då skruven dras upp. Med en fångdamm kommer vätskan att åter rinna ned i hålet då skruven kommit upp men annars flyter den ut över marken runt omkring.



Figur 6 Blandning av bentonitvätska



Figur 7 Uppställning av utrustning på provtagningsplats

Provtagaren inspekteras och förbereds genom att avskärlinan trycks in i spåret på eggens insida. Linan skall vara helt inne i spåret och inte sticka ut någonstans. En tryckluftsledning med lämplig längd väljs sedan ut. Längden på ledningen mellan vinkelkopplingen på eggen och T-kopplingen i andra änden skall helst vara cirka 1,5 m större än det nominella provtagningsdjupet, dvs. djupet till mitten av provet då provtagaren pressats ned till fullt djup vid provtagningen. Avskärlinans fria ände blåses genom tryckluftsledningen med hjälp av en trycklyftspistol och träs genom T-kopplingen. Tryckluftsledningen trycks sedan fast med snabbkopplingarna i båda ändar, varpå avskärlinan sträcks utan att dras ut ur sitt spår i eggen. Den låses sedan genom att tätningen i T-kopplingen dras åt. Eggen och locket skruvas fast i provtagarröret och tryckledningen fixeras vid provtagarens överkant. Låsplattan i locket skruvas ut så att hålet i locket är helt öppet. Provtagarens maximala stanslängd, dvs. den fria längden inuti eggen och provtagarröret upp till lockets underkant kontrolleras, (den kan avvika något från den nominella om eggen åtgärdats efter skada eller förslitning).



Figur 8 Förberedd provtagare

3.3 Förborrning

Förborrningen sker först med hjälp av den ihåliga jordskruven. Denna skruvas och trycks ned med kontrollerad hastighet så att nedträngningsdjupet för varje varvs rotation motsvarar skruvens stigning. Innan neddrivningen påbörjas tätas hålet genom skruvens centrumstång med hjälp av en lös hatt som pressas mot hålet under neddrivningen, men trycks bort då skruven dras upp och bentonitvätska pumpas genom stången. Normalt drivs skruven ned cirka 1 m åt gången på detta vis. Efter att skruven dragits ned till öns-

kat djup dras den upp samtidigt som pumpningen av bentonitväska genom stången påbörjas. Flödet av bentonitväska ställs in så att volymen av den pumpade vätskan per tidsenhet motsvarar den volym under skruven som skapas vid uppdragningen och motsvaras av skruvens tvärsnittsarea och uppdragningshastigheten. Efter att skruven dragits upp läggs en platta över hålet och skruven rensas från uppdragen jord för hand innan plattan tas bort och skruven åter skruvas ned. Proceduren upprepas i cirka 1 m intervall ned tills skruvens underkant når 50 – 100 mm över avsedd nivå för det förborrade hålets botten, vilken i sin tur skall vara belägen 0,54 m över den nominella provtagningsnivån. Eftersom det material som fyller skruvens gängor (utrymmet mellan flänsarna) verkar som en propp, kommer en stor del av den bentonitväska som hamnar ovanför skruven efter att denna dragits ned att lyftas upp samtidigt med skruven. Om en fångdamm grävts, kommer denna att samla upp denna vätska och då skruven nått en nivå där ojämnheter medför att vätska kan passera mellan hålvägg och skruv, kan den rinna tillbaka och pumpningen av ny bentonit minskas eller avbrytas.



Figur 9 Fångdamm för bentonitväska

Jordskraven efterlämnar som regel en något ojämn hålbotten och oftast en viss mängd nedrasat material. Efter att håltagningen med skruven avslutats sänks därför verktyget för hålbottenrensning ned. När det kommit ned till botten roteras verktyget och förs sakta ned tills skärverktygen på dess undersida nått fullt förbörningsdjup. Verktyget lyfts sedan upp och töms på material. Detta sker för hand, men en vattenspruta med högtryck är ofta till stor hjälp. Verktyget sänks sedan åter ned, roteras, tas upp och töms. Detta upprepas tills inga klumpar med fast material följer med verktyget upp.



Figur 10 Verktyg för rensning av hålbotten

3.4 Provtagning

Inför provtagningen skruvas de första stängerna i yttre och inre stångsystem på. Det inre stångsystemet kontrolleras så att hålet i provtagarens lock står helt öppet. Provtagaren lyfts på plats med vinschen och greppas med neddrivningsanordningens chuck. En sista kontroll görs av eggen och att avskärarlinan ligger på sin plats inuti spåret och inte sticker ut någonstans. Provtagaren sänks sedan ned i det förborrade hålet under samtidig påskärning av stänger i de inre och yttre stångsystemen. Då eggen nått det förborrade hålets botten påbörjas instansningen. Under denna fas trycks provtagaren ned med en konstant hastighet av cirka 10 mm/s. Instansningen pågår tills eggen och provtagarröret nästan fyllts, vilket motsvarar en stanslängd av cirka 1,08 m. Eftersom eggens längd har en viss förslitningsmån och kan variera något, skall den maximala stanslängden vara mätt som en del av förberedelserna. Den verkliga stanslängden är normalt något mindre och får aldrig överstiga den maximala.



Figur 11 Provtagare upphängd i neddrivningsutrustningen



Figur 12 Provtagaren på väg ned. I förgrunden syns fångdamm och jordskruven.

Direkt efter att stansningen avslutats stängs locket genom att det inre stångsystemet roterar. Låsplattan trycks då ned och kommer att sluta tätt mot locket då den nått sitt ne-

dersta läge och stångsystemet dragits åt. Därefter får provtagaren stå under en väntetid av minst 10 minuter.

Vid väntetidens slut kopplas tryckluften in. Muttern för tätningen mot avskärlinjan i T-kopplingen lossas så att linan lätt kan dras igenom men endast lite luft passerar. Trycket justeras så att det motsvarar det totala överlagringstrycket på eggens aktuella nivå. Därpå skärs provet av genom att avskärlinjan dras upp tills det tar stopp och provet är helt avskuret. Detta motsvarar en uppdragningslängd av linan av strax över 0,6 m.



Figur 13 Justering av lufttrycket i tryckledning och spalt under provet.

Direkt efter att provet skurits av påbörjas uppdragningen. Denna görs mycket långsamt med en hastighet av cirka 10 mm/s. Då provet dragits upp hela stanslängden och eggens underkant passerat det förborrade hålets botten, börjar det bubbla i bentonitväska i hålet. Luftrycket kan då sänkas och kommer sedan att ersättas av väsketrycket i bentonitväska. Sänkningen av luftrycket bör göras gradvis för att förhindra att bentonitväska tränger in i luftrycksledningen. Efter att provtagaren kommit helt upp i det förborrade hålet kan uppdragningshastigheten ökas något. Uppdragningen skall dock också nu göras med långsam och jämn hastighet, utan vibrationer eller hastiga stopp eller accelerationer. Efter att provtagaren lyfts upp till markytan lyfts den vidare med wirevinschen. Provtagaren får först mellanlanda på en rörbock eller annan ställning så att den kan göras ren, eggen kan skruvas av och den utskjutande cirka 20 mm tjocka delen av provet kapas av. Därpå öppnas låsplattan i locket och locket skruvas av. Detta kan sedan skruvas på i motsatt ände, dvs. i provtagarens nederdel, för att underlätta provtagarens hantering när denna åter lyfts och förs över till uttryckarriggen där den skall stå vertikalt i omvänt läge med nederdelen upp.



Figur 14 Uppdragen provtagare



Figur 15 Rengjord provtagare på rörbock. Provets avskurna underyta syns inuti eggen.



Figur 16 Montering av provtagarrör i uttryckarrigg

3.5 Provhantering

Då provtagaren placerats i provuttryckaren fixeras den med hjälp av en topplatta, vars plana överyta ligger i linje med provtagarrörets ändyta. Provet trycks ut med hjälp av en plan tryckplatta som passar inuti röret och en domkraft. Ett första delprov med en längd av cirka 150 mm trycks ut och skärs av med trådavskärare med topplattan som styrning. Avskärningen repeteras ett antal gånger så att jorden i avskärningsytan blir helt omrörd. Provets skjuts sedan horisontellt på topplattan och över till en provplatta som består av en fyrkantig bit av en laminatskiva vars sidor är cirka 245 x 245 mm långa. Momentet med att skjuta över provet till plattan görs med största varsamhet så att sidokraften på provet fördelas jämnt över en stor yta och att ingen tröskel eller vinkeländring uppstår vid övergången mellan topplatta och provplatta. Provet vilar sedan centriskt på den la-

minerade ytan och platta med prov överförs till det ställe där förslutningen skall göras. Den vidare transporten till förslutningen görs manuellt. Förutom att alla stötar skall undvikas måste man vara observant på att friktionen mellan laminat och prov är låg, speciellt om provet består av kvicklera, och se till att provet inte glider på plattan.

På detta vis trycks prover successivt ut och kapas i sex stycken 150 mm höga delprover som överförs till provplattor. Varje delprov representerar ett visst djupintervall. Vid beräkningen av detta intervall skall observeras att provtagaren vänts så att det först uttryckta provet representerar det djupaste intervallet.



Figur 17 Provuttryckning

Förslutningen av proverna görs genom att en smält blandning av vax och paraffin penslas på så att den täcker provets yta och laminatskivan vid provets bas. Efter det första lagret påförs ett nytt lager som armeras med oelastisk gasbinda. Denna klipps till i lagom längder och läggs på så att delarna överlappar varandra och fixeras med vax och paraffin. Därefter mättas hela lagret med vax och paraffin. Ett tredje lager läggs sedan på där man främst bättrar och ser till att ingen del av provets yta blivit ofullständigt täckt. På den "paraffinerade" överytan anges sedan provtagningsplats, hålnummer, provtagningsnivå, djupintervall och datum med märkpenna.



Figur 18 Förslutning av delprover



Figur 19. Förslutna prover från en provtagningsnivå

Efter förslutningen transporteras proverna manuellt och varsamt till det aktuella transportfordonet. Detta består vanligen av en mjukt fjädrad kombibil med ett plant lastutrymme som är extra stötdämpat med en tjock specialmadrass. Den vidare transporten skall också ske varsamt med anpassat vägval och körstil. Transporten in till laboratoriet skall ske så snart som det är praktiskt möjligt. Om en mellanlagring måste ske skall det-

ta göras i ett svalt och fuktigt utrymme, som dock är garanterat frostfritt och skyddat från direkt solbelysning.

3.6 Återställning och förvaring av utrustning

Efter att proverna tagits om hand rengörs provtagaren. Detta görs i fält efter varje provtagning med hjälp av vattenspruta med högtryck med efterföljande manuell kontroll med diskningsutrustning. Skall fler prover tas på samma plats förbereds provtagaren sedan på nytt som beskrivits under 3.1 Förberedelser. Efter att provtagningen på en plats avslutats, rengörs dessutom jordskruven, hållrensingsverktyget och bentonitblandningsutrustningen. Alla slangar och stänger spolas rena från bentonitvätska och töms på vatten. Provtagningshålen och fångdammarna måste fyllas igen. Detta görs i första hand med det uppskruvade, förborrade och uppgrävda jordmaterialet och i övrigt med jord från närområdet. Man skall beakta att det återfyllda materialet kommer att sätta sig och återfyllningen bör göras med en rejäl råge. Helst bör man återkomma om några dagar och åter fylla på. I övrigt städas området.

I förrådet görs en noggrannare rengöring av provtagaren. Vid behov poleras eggen och provtagarröret invändigt med fint våtslappapper. Alla delar oljas in och rostskyddas. Avskärrarlinan rengörs från jordpartiklar och torkas. Övrig utrustning rengörs, torkas, inoljas och rostskyddas efter behov. Utrustningen skall sedan förvaras i ett torrt utrymme, vilket innebär ett uppvärmt förråd.

4 HANTERING AV PROVER I LABORATORIET

4.1 Förvaring

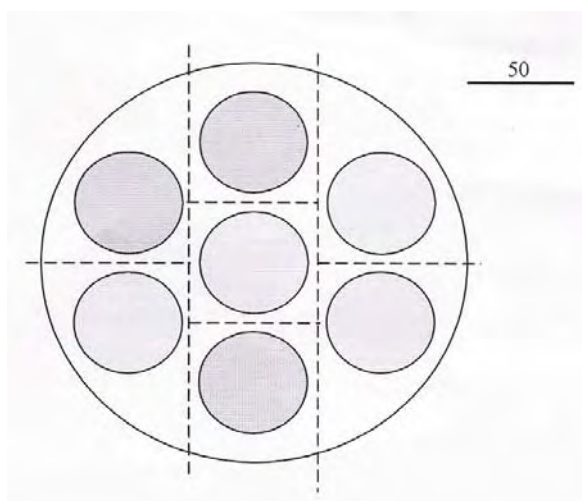
I laboratoriet skall proverna förvaras i klimatrum med hög luftfuktighet och en temperatur nära jordtemperaturen. Alla undersökningar som fordrar ostörda prover bör utföras utan onödigt dröjsmål. Då delar av proverna skärs ut för separata undersökningar och proverna åter försluts, skall dessa återföras till klimatrummet så snart som möjligt.

4.2 Utrustning

Vid undersökning av proverna används som regel samma utrustningar som för prover tagna med standardkolvprovtagare. Detta innebär att proverna i många fall måste delas och trimmas för att passa i utrustningarna, vilka normalt är avpassade för provkroppar med 50 mm diameter. För laboratoriehanteringen av proverna fordras i princip samma utrustning för förslutning av proverna med en smält blandning av paraffin och vax som används i fält. För att öppna förslutningen behövs en skalpell och för delning av proverna en speciell rigg och trådavskärare. För trimning av proverna behövs, beroende på provningsutrustning, roterande fixtur för trimning av provdiameter, vagga för trimning av provlängd samt stansapparat för trimning av prover för ödometerförsök och direkta skjuvförsök.

4.3 Uttagning av delprover

Vid uttagning av delprover används en speciell rigg där de använda provplattorna kan föras in och vertikala och horisontella snitt kan skäras på utvalda ställen och nivåer. För ett maximalt utnyttjande av proverna används som regel ett vertikalt snittmönster enligt nedanstående figur.



Figur 20 Snittmönster för optimalt uttag av prover med 50 mm diameter

Efter att provet tagits ut från klimatrummet markeras det planerade snittet(n) på den ”paraffinerade” ytan. Provets försegling avlägsnas vid de markerade snittytorna med hjälp av en skalpell. Därpå placeras provet i riggen och snitten utförs med en trådavskärare som styrs med hjälp av riggen. Det utskurna delprovet(n) sveps in i en självtätande plastfilm (typ gladpack) och den resterande delen av provet återförsluts direkt med smält vax/paraffin, eventuellt armerat med gasbinda, och återförs till klimatrummet.



Figur 21 Markering av snitt och borttagning av förslutning



Figur 22 Snittning i utskärningsrigg

Vissa bestämningar där proverna inte skall passas in i en speciell provningsutrustning med givna mått, som bestämning av skrymdensitet, vattenkvot, flytgräns, (plasticitetsgräns), organisk halt m.m. kan utföras direkt på de uttagna proverna.

Bestämning av odränerad skjuvhållfasthet med fallkonförsök kan också utföras genom att konen får falla mot plana ytor. Det skall då observeras att vad som kan bestämmas på detta vis är den odränerade skjuvhållfastheten hos provet i dess aktuella tillstånd i laboratoriet och att man för 30-graderskonen då använder en faktor av 0,8. Den utvärdering av den odränerade skjuvhållfastheten i fält som normalt används för fallkonförsök på prover tagna med standardkolvborr är speciellt framtagen för denna typ av prover. Den normala hanteringen och provningsförfarandet för dessa prover kan således inte användas för utvärdering av skjuvhållfastheten i fält från andra prover utan att utvärderingen verifieras med t.ex. vingförsök och/eller CPT-sonderingar. Däremot kan den omrörda skjuvhållfastheten bestämmas på vanligt sätt.

4.4 Trimning av delprover

De delprover som skall användas för triaxialförsök eller mätning av hydraulisk konduktivitet i permeabilitetceller trimmas till rätt dimension med hjälp av trimningsfixturer och trådavskärare. Provets diameter trimmas fram genom att provet placeras med underytan på en roterande piedestal och fixeras upptill med en motsvarande roterande platta. Provet kan sedan roteras runt sin axel och jordmaterialet utanför den avsedda diametern skärs av genom att trådavskäraren förs upp och ned utefter periferin, styrd av två plana och vertikala plattor som ställs in så att rätt diameter erhålls, se Figur 23. Provets yta efter trimningen med trådavskäraren kan ofta bli svagt ”luddig” eller ”smetig” och efterbehandlas då med en rak sickel, som då också styrs av de plana och vertikala plattorna.



Figur 23 Trimming av diametern för ett delprov avsett för triaxialförsök.

Efter att diametern trimmats fram placeras provet i en vagga som är avsedd för prover med den aktuella diametern och provlängden. Vaggans ändtytor skall vara vinkelräta mot dess längdriktning och provets utskjutande ändar skärs av med trådavskäraren så att provet får rätt längd och plana och parallella ändtytor. Därefter vägs provet och monteras i den aktuella provningsutrustningen.

Delprover som är avsedda för ödometerförsök eller direkta skjuvförsök trimmas in i provringen för den aktuella utrustningen med hjälp av en stansapparat, skalpell och trådavskärare. Delprovet trimmas först grovt till en diameter som är något större än den slutliga och en höjd som väl överstiger den som behövs i utstansningsapparaturen. Det grovtrimmade delprovet placeras sedan med underytan centriskt på stansapparatens piedestal. Insidan av provhållarringen (som regel ödometerringen) och eggens in- och utsida fettas in. Dessa delar monteras i stansapparatens överdel och denna trycks ned på styrgejderna.



Figur 24. Infettad egg och provhållarring i stansapparatens överdel



Figur 25 Instansning av prov och successivt avlägsnande av bortstansat material

Provet stansas in i eggen och provhållarringen genom att stansapparatens överdel sakta trycks ned. Efter några millimeters stansning skärs materialet utanpå eggen bort med skalpellen för att förhindra att dragspänningar och sprickor uppstår i provet. Operationen fortsätts på detta vis stegvis tills hela provet stansats in.

Stansapparatens skjutbara överdel trycks ned helt över den undre piedestalen till sitt bottenläge. Det instansade provet sticker då ut några mm ur båda ändar på provhållarringen. Stansapparaten demonteras försiktigt och det utskjutande materialet skärs av längs provhållarringens ändtyor med trådvaskärare så att provet får plana ändtyor och precis fyller ringen. Provet är nu klart för att vägas och placeras i provningsutrustningen.



Figur 26 Instansat prov strax innan ändläget.

5 LITTERATUR

- [1] **Statens järnvägars geotekniska kommission 1914-1922 (1922)**. Slutbetänkande avgivet till Kungl. Järnvägsstyrelsen den 31 maj 1922. Statens Järnvägar, Geotekniska meddelanden nr 2. Stockholm.
- [2] **Kallstenius, T. (1958)**. Mechanical disturbances in clay samples taken with piston samplers. Statens geotekniska institute, Proceedings Nr 16, Stockholm.
- [3] **Kallstenius, T. (1963)**. Studies on clay samples taken with standard piston sampler. Statens geotekniska institute, Proceedings Nr 21, Stockholm.
- [4] **Holm, G. and Holtz, R.D. (1977)**. Study of large diameter piston samplers. Proceedings of International Symposium on Soft Clay, Bangkok, pp. 375-386.
- [5] **Andresen, A. (1981)**. Exploration, sampling and in-situ testing of soft clay. Soft Clay Engineering, Brand, E.W. and Brenner, R.P. Eds. Developments in Geotechnical Engineering 20. Elsevier, Amsterdam.
- [6] **Larsson, R. (1981)**. Drained behaviour of Swedish clays. Statens geotekniska institut. Rapport Nr 12. Linköping.
- [7] **LaRochelle, P., Sarrailh, J., Tavenas, F., Roy, M. and Leroueil, S. (1981)**. Causes of sampling disturbance and design of a new sampler for sensitive soils. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 18, No. 1, pp. 52-66.
- [8] **Lefebvre, G and Poulin, C. (1979)**. New method of sampling in sensitive clay. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 16, No. 1, pp. 226-233.
- [9] **Larsson, R. (1981)**. Får vi några ostörda prover med standardkolvborren? – En jämförelse mellan prover tagna med standardkolvborr och Lavalprovtagaren. Statens geotekniska institut, Varia Nr. 60, Linköping.
- [10] **Hight, D.W., Böese, R., Butcher, A.P., Clayton, C.R.I. and Smith, P.R. (1992)**. Disturbance of the Bothkennar clay prior to laboratory testing. Géotechnique, Vol. 42, No. 2, pp. 199-218.
- [11] **Otter, R. (1996)**. Technical specifications for "block"-sampling – Simplified manual for the Sherbrooke sampler. Norges Geotekniske Institutt, Technical Note, Oslo.

Göta älvutredningen, GÄU delrapporter 1-34

- 1 Erosionsförhållanden i Göta älv
- 2 Fördjupningsstudie om erosion i vattendrag
- 3 Hydrodynamisk modell för Göta älv. Underlag för analys av vattennivåer, strömhastigheter och botten-skjuvspänningar
- 4 Transport av suspenderat material i Göta älv
- 5 Ytgeologisk undersökning med backscatter - Analys för Göta älv och Nordre älv
- 6 Bottenförhållanden i Göta älv
- 7 Bedömning av grundvattenförhållanden för slänter längs Göta älv - Allmän vägledning
- 8 Känslighetsanalys för variationer i grundvattennivå och val av maximala portryck i slänter längs Göta älv – Exempel från en slänt
- 9 Bedömd förändring av maximala grundvattennivåer i Göta älvdalen till följd av förändrat klimat
- 10 Studie av portryckens påverkan från nederbörd och vattenståndsvariation i tre slänter längs Göta älv
- 11 Analys av uppmätta portryck i slänterna vid Äsperöd och Åkerström
- 12 Metodik för inventering och värdering av konsekvenser till följd av skred i Göta älvdalen
- 13 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalys, klassindelning och applicering av metodik i hela utredningsområdet
- 14 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse
- 15 Metodik konsekvensbedömning - Kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv
- 16 Metodik konsekvensbedömning - Sjöfart
- 17 Metodik konsekvensbedömning - Väg
- 18 Metodik konsekvensbedömning - Järnväg
- 19 Metodik konsekvensbedömning - Miljöfarliga verksamheter och förorenade områden
- 20 Metodik konsekvensbedömning - Naturmiljö
- 21 Metodik konsekvensbedömning - Energi och ledningsnät
- 22 Metodik konsekvensbedömning - VA-system
- 23 Metodik konsekvensbedömning - Näringsliv
- 24 Metodik konsekvensbedömning - Kulturarv
- 25 Metodik konsekvensbedömning - Känslighetsanalyser
- 26 Metodik konsekvensbedömning - Bebyggelse och kartläggning, exponering, sårbarhet och värdering av liv - Fallstudie Ale kommun
- 27 Hydrologiska och meteorologiska förhållanden i Göta älvdalen
- 28 Metodbeskrivning sannolikhet för skred: kvantitativ beräkningsmodell
- 29 Kartering av kvicklereförekomst för skredriskanalyser inom Göta älvutredningen. Utvärdering av föreslagen metod samt preliminära riktlinjer
- 30 Quick clay mapping by resistivity – Surface resistivity, CPTU-R and chemistry to complement other geotechnical sounding and sampling
- 31 Inverkan av förändringar i porvattnets kemi, främst salturlakning, på naturlig leras geotekniska egenskaper – Litteraturstudie
- 32 Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv – Riktlinjer
- 33 Metodbeskrivning för SGI:s 200 mm diameter "block-provtagare" - Ostörd provtagning i finkornig jord
- 34 Sjömätning - Göta älv och Nordre älv



Statens geotekniska institut
Swedish Geotechnical Institute
SE-581 93 Linköping, Sweden
Tel: 013-20 18 00, Int + 46 13 201800
Fax: 013-20 19 14, Int + 46 13 201914
E-mail: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se