Statens geotekniska institut

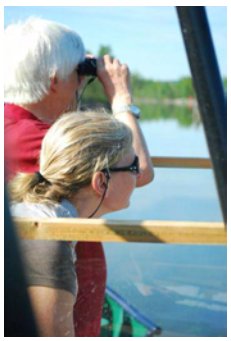
Kartering av kvicklereförekomst för skredriskanalyser inom Göta älvutredningen

– Utvärdering av föreslagen metod samt preliminära riktlinjer

Hjördis Löfroth

GÄU - delrapport 29

Linköping 2011



GÄU
Göta älvutredningen
2009 - 2011

Foto SGI

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT
SWEDISH GEOTECHNICAL INSTITUTE

Göta älvutredningen - delrapport 29

Kartering av kvicklereförekomst för skredriskanalyser inom Göta älvutredningen – Utvärdering av föreslagen metod samt preliminära riktlinjer

Mapping of quick clay for landslide risk analyses within the Göta River Commission - Evaluation of proposed method and preliminary guidelines

Hjördis Löfroth

LINKÖPING 2011

Göta älvutredningen
delrapport 29

Statens geotekniska institut (SGI)
581 93 Linköping

Beställning

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

Dnr SGI

6-1001-0041

Uppdragsnr SGI

14099

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 älvdalen 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 (kvicklera) 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.

Kartering av kvicklera inom Göta Älv uppdraget

Uppdragsledare för arbetet med kartering av kvicklera inom Göta älvuppdraget har varit Hjördis Löfroth. I arbetet med utvärdering av föreslaget tillvägagångssätt och i upplägget av de preliminära riktlinjerna har ett flertal personer varit aktivt delaktiga på olika sätt. Dessa personer är Pascal Suer, Johan Axelsson, Linus Dunkers, Karin Lundström, David Schälin, Peter Zackrisson och Marius Tremblay. Synpunkter på de preliminära riktlinjerna har också erhållits av arbetsgruppen för hantering av kvicklera, med Helen Åhnberg, som uppdragsledare.

Linköping 2011

Marius Tremblay
Uppdragsledare, Göta älvutredningen

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 SAMMANFATTNING 7

2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID KARTERING AV KVICKLERA 7

3 UTVÄRDERING AV FÖRESLAGET TILLVÄGAGÅNGSSÄTT 8

3.1 Generellt 8
3.2 Verktyg i GIS 8
3.3 Bedömning av kvicklera från CPT och trycksondering 9
3.4 Studie om användning av resistivitet för avgränsning av kvicklereområden 12

4 PRELIMINÄRA RIKTLINJER 13

4.1 Inledning 13
4.2 Kartering av kvicklera i Göta älvuppdraget 13
4.3 Redovisning av karterad kvicklera 14

5 REFERENSER 15

6 BILAGOR 16

6.1 Bilaga 1: Redovisning av automatiskt identifierade friktionslager från totaltrycksondering och CPT-sondering. 16
6.2 Bilaga 2: En vägledning till Excel-program för utvärdering av kvicklera från CPT- och (total)trycksondering med registrerat totalt nerdrivningsmotstånd. 17
6.3 Bilaga 3: Förslag på redovisning av kvicklera i plan och sektion. 19

1 SAMMANFATTNING

Inom Göta älvuppdraget har en översyn gjorts av de praktiska möjligheterna att använda ett stegvis tillvägagångssätt för kartering av kvicklera baserat på kartmaterial, sonderingar och provtagning. Möjligheten att ta fram ett verktyg i GIS för detta har undersökts. Den bedömning som gjorts var, att endast de bakgrundsdata som är relativt enkla att få tillgång till, och som kan ge information om var kvicklera finns eller inte finns är värda att fokusera på. Sålunda har tidigare skred lagts in i SGI:s Tittskåp. En exportfunktion för sensitiviteter i Geosuite, som exporterar samtliga maximalt uppmätta sensitiviteter från gamla och nya undersökningar till ArcGIS, har tagits fram. En applikation i GIS för bedömning och redovisning av permeabla skikt/friktionslager utifrån sonderingar har tagits fram och testats inom ett utvalt område.

Möjligheten bedöma förekomsten av kvicklera genom att mäta det totala neddrivningsmotståndet vid CPT-sondering och totaltrycksondering, har undersökts. Ett program i Excel har utvecklats inom Göta älvuppdraget för att kunna göra denna jämförelse på ett rationellt sätt för samtliga sonderingar. För att utvärdera träffsäkerheten i denna metod för utvärdering av kvicklera gjordes en jämförelse mellan kvicklera, utvärderad från totaltrycksondering och CPT, och kvicklera bestämd med fallkonförsök i laboratoriet för samtliga undersökningspunkter inom delområde 5 och 7. Resultaten visar att nästan alla nivåer som utvärderats som kvicklera med fallkonförsöken också klassificerades som kvicklera med de båda sonderingsmetoderna. Såväl CPT-sondering som totaltrycksondering klassificerar dessutom ytterligare nivåer som kvicklera, vilka inte är kvicka enligt fallkonförsöken. Sammanfattningsvis innebär en utvärdering med CPT- och totaltrycksondering mer kvicklera i ett område än vad det faktiskt finns, enligt utvärdering med fallkonförsök.

På basis av resultatet av utvärderingen av föreslaget tillvägagångssätt för kartering av kvicklera, togs preliminära riktlinjer för kartering av kvicklera fram, vilka redovisas i denna rapport. Dessa ligger till grund för arbetet inom de olika delområdena i Göta älvuppdraget.

2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT VID KARTERING AV KVICKLERA

Kvicklera definieras som lera med en sensitivitet St>50 och en omrörd, odränerad skjuvhållfasthet τ_R<0.4. Kartering av kvicklera har hittills huvudsakligen gjorts genom upptagning av ostörda prover i fält och bestämning av lerans ostörda och omrörda, odränerade skjuvhållfasthet med fallkonförsök på laboratoriet.

Kartering av kvicklera, dels genom studier av topografi, geologi och hydrologi, dels genom olika typer av sonderingsmetoder, beskrivs i Rankka et. al. (2004). I denna rapport föreslås att kartläggning av områden med kvicklera eller högsensitiv lera lämpligen kan göras stegvis.

En första bedömning av om ett område har förutsättningar för kvicklera skulle då kunna göras utifrån topografiska, geologiska och hydrologiska förhållanden baserad på kartmaterial. Om tidigare utförda geotekniska undersökningar finns tillgängliga, och då särskilt provtagning med sensitivitetsbestämning, skulle den första bedömningen därefter kunna förfinas. Områden där förutsättningar för kvicklera inte bedöms finnas kan på detta sätt grovt särskiljas från områden där förutsättningar för kvicklera bedöms finnas. För att sedan kartlägga områden med kvicklera, skulle geotekniska fältundersökningar

kunna utföras, eventuellt kombinerade med metoder som ytresistivitet. Verifiering av att kvicklera påträffats måste dock göras genom upptagning av kolvprover och bestämning av sensitivitet på laboratoriet.

3 UTVÄRDERING AV FÖRESLAGET TILLVÄGAGÅNGSSÄTT

3.1 Generellt

I ett tidigt skede av Göta älvuppdraget gjordes en översyn av de praktiska möjligheterna att använda ett stegvis tillvägagångssätt för kartering av kvicklera baserat på kartmaterial, sonderingar och provtagning enligt ovan. Diskussioner fördes också med SGU och Geovetarcentrum i Göteborg om möjlig samverkan. Ett första utkast till preliminära riktlinjer för kartering av kvicklera inom Göta älvuppdraget togs fram. I detta arbete identifierades till viss del avsaknaden av lämpliga ”verktyg” för att kunna genomföra karteringen i enlighet med föreslagna riktlinjer på ett rationellt sätt. Detta omfattade frågeställningar bland annat om hur vi på bästa sätt skulle kunna nyttja den geologiska informationen och hur utvärdering av kvicklera från sonderingar skulle kunna göras på bästa sätt.

3.2 Verktyg i GIS

Redovisning av såväl bakgrundsdata som ny information inom Göta älvuppdraget redovisas i GIS-miljö. Därför var det naturligt att försöka ta fram ett relativt enkelt GIS-verktyg baserat på dessa bakgrundsdata, för att i stora drag kunna avgränsa områden antingen med eller utan kvicklera. En genomgång gjordes av vilken typ av bakgrundsdata som var relevant och en lista togs fram omfattande:

- Infiltrationsområde
- Höjd över nuvarande havsyta
- Områden med friktionsjord/morän gränsande till leromården för infiltration
- Läge för kustlinjen vid olika tidpunkter under isavsmältningen
- Randmoräner, tjocklek på grovkornigt material
- Organisk jord ovan lerlagret
- Lugnvatten respektive strömmande vatten under isavsmältningen
- Grundvattenförhållanden/artesiskt grundvatten
- Jorddjup/lermäktighet
- Sensitivitet
- Permeabla skikt
- Tidigare skred

En genomgång av ovan listade bakgrundsdata visade att en del data fanns som digitala kartor, annan data fanns sannolikt endast på äldre papperskartor och viss data endast i rapporter eller arkiv. Annan väsentlig bakgrundsdata skulle endast kunna utvärderas från tidigare geotekniska undersökningar. En mindre litteraturgenomgång genomfördes med fokus på möjligheterna för bedömning av kvicklereförekomst i Göta älvdalen ut-

ifrån geologiska kartor. På basis av denna konstateras att kvicklera i Göta älvdalen varken kan förutsägas eller uteslutas enbart på basis av geologisk information (Suer, 2010).

På basis av detta förarbete kom vi fram till att endast de bakgrundsdata som vi relativt enkelt kan få tillgång till, och som kan ge information om var kvicklera finns eller inte finns är värda att fokusera på. Information om tidigare skred är väsentlig, eftersom leran i områden där det gått ett skred inte längre är kvick. Den information som finns om tidigare skred i Göta älvdalen har också lagts in i det s k tittskåp som byggts upp inom Göta älvuppdraget.

I Geosuite (Autograf) finns en funktion för att i undersökningsdatabasen söka efter värden på sensitiviteten som kan läggas i ett fält för export ur GS Presentation. Denna exportfunktion har utvecklats av Vianova/Geosuite AB på uppdrag av SGI (Funktionen finns med i alla kommande versioner av Geosuite). Värdena på sensitiviteten exporteras som en csv textfil och kan härefter visualiseras i ArcGIS. På så sätt exporterades samtliga maximalt uppmätta sensitiviteter från såväl tidigare som inom Göta älvuppdraget utförda provtagningar till ArcGIS.

En applikation i GIS för bedömning och redovisning av permeabla skikt/friktionslager utifrån sonderingar togs fram och testades inom ett utvalt område. Detta fungerar så att för enskilda CPT-sonderingar och totaltrycksonderingar jämförs skillnaden i sonderingsmotstånd med hjälp av ett av SGI framtaget skript. När sonderingsmotståndet ökar mer än ett visst förutbestämt värde, vilket man själv väljer, identifieras detta som friktionsjord. När sonderingsmotståndet därefter minskar mer än motsvarande förutbestämda värde, klassas det som skikt av friktionsjord/permeabelt skikt. För att det skall klassas som skikt måste det ha en viss minsta tjocklek, vilket man också väljer själv. I de fall sonderingsmotståndet har ökat mer än det förutbestämda värdet, men inte minskar innan sonderingen stoppas, klassas detta som friktionsjord (men inte skikt). Applikationen i ArcGIS fungerar så att utvärderade skikt redovisas tillsammans med nivån för skiktet. Även stopp i friktionsjord redovisas på liknande sätt. Ett förslag på redovisning av skikt framtagna på detta sätt redovisas i Bilaga 1.

Sammanfattningsvis kan konstateras att bedömning av kvicklereområden utifrån topografisk, geologisk och hydrologisk information med hjälp av ett GIS-verktyg, kräver betydligt mer insatser än vad som är relevant inom Göta älvuppdraget. Detta ingår också som en del i ett doktorandarbete vid Göteborgs universitet. Resultat från tidigare undersökningar kan däremot på ett relativt enkelt sätt utnyttjas, t.ex. redovisning i ArcGIS av maximal sensitivitet vid tidigare provtagning.

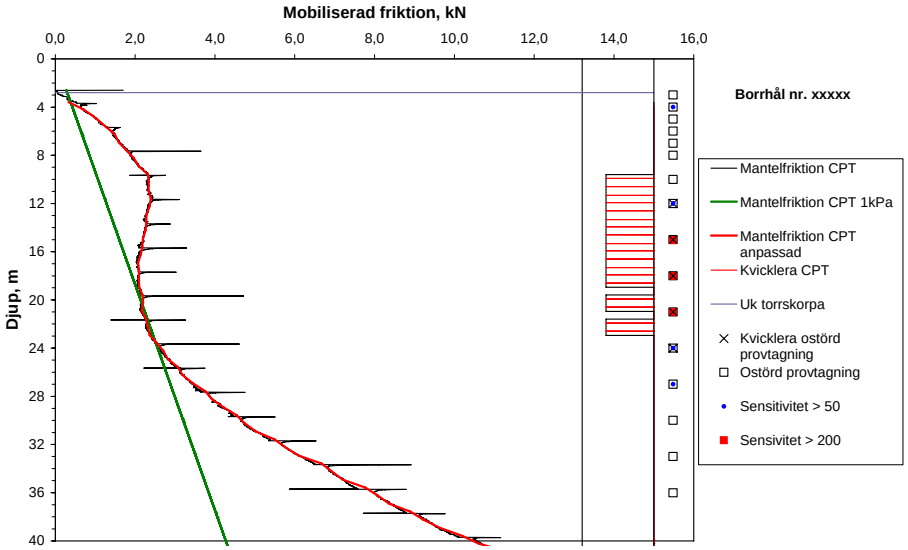
3.3 Bedömning av kvicklera från CPT och trycksondering

Samband mellan lutningen på kurvan för matningskraft mot djup för olika typer av sonderingar har tidigare undersökts (Möller et.al., 1982, Rankka et.al., 2004). I den senare av dessa studerades vridtryck sondering (norsk metod), totalsondering (norsk metod som anpassats för svenska förhållanden under namnet Jb-totalsondering), totaltrycksondering med vriden spets och CPT-sondering. I denna studie konstaterades att ett samband finns för samtliga metoder, men kan förväntas vara beroende av faktorer som dimensionen på stängerna, formen på spetsen, diametern på spetsen i förhållande till den på stängerna, m.m. De sonderingsmetoder som används inom Göta älvuppdraget är framför allt totaltrycksondering och CPT. Därför är dessa två metoder intressanta för

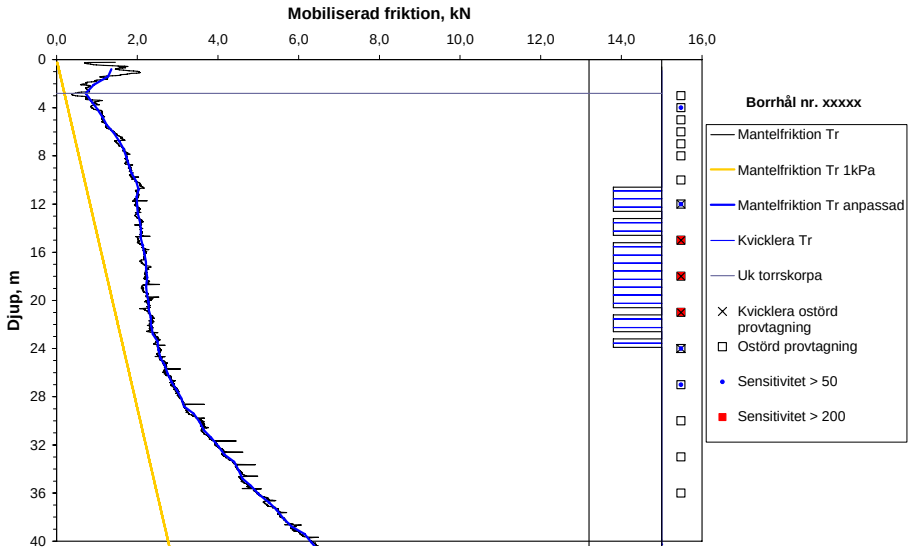
kartering av kvicklera, förutom upptagning av prover för bestämning av sensitivitet på laboratoriet.

För att kunna bedöma förekomsten av kvicklera behöver det totala neddrivningsmotståndet vid CPT-sondering och totaltrycksondering mätas. Det uppmätta neddrivningsmotståndet, kompletterat med tyngden av stängerna och, för CPT-sonderingen, reducerat med spetskraften, motsvarar mantelfriktionen längs stängerna (i kN). Denna mantelfriktion jämförs sedan med en mantelfriktion av 1 kPa längs med stängerna (Larsson, 2009). I de fall lutningen på kurvan för mantelfriktion längs stängerna mot djupet är mindre än lutningen på kurvan för 1 kPa mantelfriktion, klassas leran som kvicklera.

För att kunna göra denna jämförelse på ett rationellt sätt för samtliga sonderingar inom Göta älvuppdraget utvecklades ett program i Excel. En vägledning för detta program redovisas i Bilaga 2. Resultatet från en trycksondering med utvärderad kvicklera redovisas i Figur 3-1 och resultatet från en CPT-sondering med utvärderad kvicklera i samma undersökningspunkt redovisas i Figur 3-2. En skraffering till höger i diagrammet visar de delar av profilen som programmet har utvärderat som kvicklera. Även resultat från laboratorieförsök i samma undersökningspunkt kan läggas in. Dessa resultat redovisas längst till höger i diagrammet med olika symboler för sensitivitet >50, sensitivitet >200 och kvicklera. Symbolerna kan också kombineras med varandra, t.ex. för en kvicklera med sensitivitet >50.



Figur 3-1: Utvärderad kvicklera - resultat från CPT-sondering samt jämförelse med laboratorieresultat.



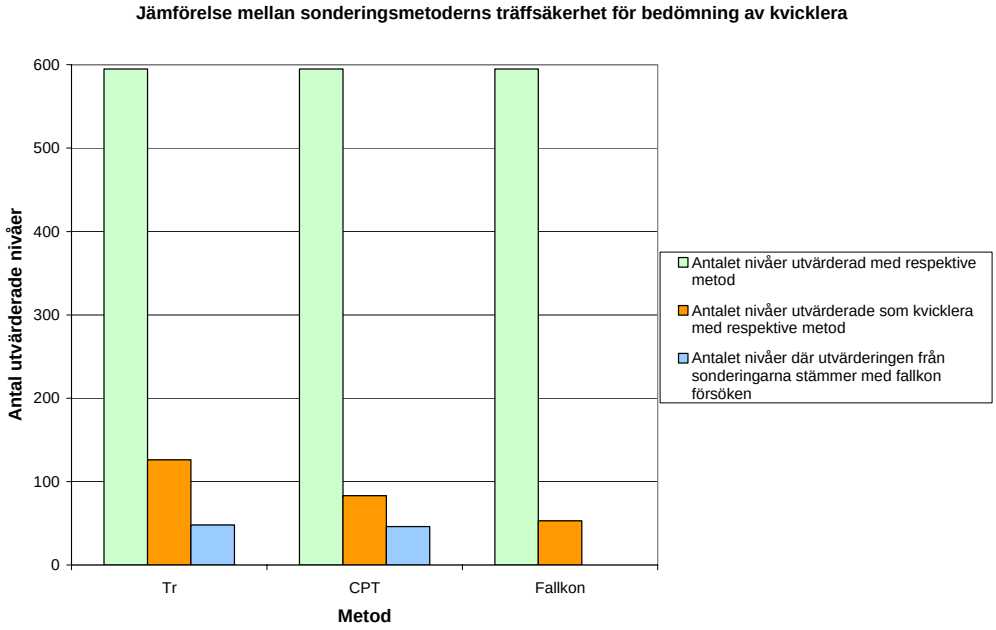
Figur 3-2: Utvärderad kvicklera - resultat från totaltrycksondering samt jämförelse med laboratorieresultat.

I båda diagrammen syns ”pikar” med jämna mellanrum. Dessa beror på att när sonderingen stoppas för skarvning av stängerna ”växer dessa fast” i leran. För att inte dessa pikar skall innebära att leran felaktigt tolkas som kvick, har kurvan jämnats ut genom medelvärdesbildning där alla värden över en halv standardavvikelse tas bort. Det är denna utjämnade kurva som sedan jämförs med kurvan som motsvarar en mantelfriktion av 1 kPa längs stängerna. Trots denna utjämning förekommer det att programmet felaktigt kan tolka enstaka nivåer som kvicka på grund av ojämnheter och pikar i kurvan för sonderingsmotståndet. Ojämnheter som också kan bero på skikt av grövre material i leran. Utifrån resultatet av programmet måste därför en ingenjörsmässig bedömning av omfattningen av kvicklera göras.

För att utvärdera träffsäkerheten i denna metod för utvärdering av kvicklera gjordes en jämförelse mellan kvicklera utvärderad från totaltrycksondering och CPT, och kvicklera bestämd med fallkonförsök i laboratoriet. Samtliga undersökningspunkter inom delområde 5 och 7 (DO5 och DO7) inom Göta älvuppdraget, där provtagning och sondering utförts i samma punkt, togs med i studien. Sammanlagt 595 nivåer utvärderades, av vilka 53 nivåer utvärderades som kvicklera enligt fallkonförsöken. Med CPT-sondering identifierades 46 av dessa 53 nivåer som kvicklera (Figur 3-3). Dessutom klassificerades ytterligare 37 nivåer som kvicklera enligt CPT-sonderingen, vilka inte utvärderats som kvicklera enligt fallkonförsöken. Med totaltrycksondering utvärderades 48 av de 53 nivåerna som kvicklera (Figur 3-3). Dessutom identifierades ytterligare 78 nivåer som kvicklera enligt totaltrycksonderingen, vilka inte utvärderats som kvicklera enligt fallkonförsöken.

Resultaten visar att nästan alla nivåer som utvärderats som kvicklera med fallkonförsöken också klassificerades som kvicklera med de båda sonderingsmetoderna. Såväl CPT-sondering som totaltrycksondering klassificerar dessutom ytterligare nivåer som kvicklera, vilka inte är kvicka enligt fallkonförsöken. Här är CPT-sonderingen betydligt mer träffsäker än totaltrycksonderingen. Sammanfattningsvis innebär en utvärdering med CPT- och totaltrycksondering mer kvicklera i ett område än vad det faktiskt finns, enligt utvärdering med fallkonförsök. CPT-sonderingen ger då den bästa överensstämmelsen

med fallkonförsöken. Utvärderingen med totaltrycksondering gav i detta fall mer än dubbelt så många nivåer med kvicklera som det faktiskt fanns.



Figur 3-3: Träffsäkerhet för totaltrycksondering respektive CPT-sondering vid bedömning av kvicklera. Jämförelse med fallkonförsök på samma nivå i samma undersökningspunkt.

Motsvarande jämförelse med samtliga nivåer där fallkonförsöken utvärderat sensitiviteter över 50, dvs. alla nivåer med kvicklera samt även nivåer med sensitiviter >50 som inte är kvicka, visade betydligt sämre överensstämmelse. I detta fall visade fallkonförsöken lika mycket eller mer sensitiv lera än sonderingarna och en betydligt sämre träffsäkerhet. För att kunna kartera icke-kvick lera med sensitiviteter över 50 utifrån sonderingar, bör en ny relation tas fram utifrån en liknande jämförelse.

3.4 Studie om användning av resistivitet för avgränsning av kvicklereområden

För att om möjligt på ett rationellt sätt kunna avgränsa områden med kvicklera initierades inom Göta älvuppdraget en studie i samarbete med Lunds tekniska högskola (LTH). Studiens syfte var att utreda möjligheten att ytterligare avgränsa områden med kvicklera med hjälp av ytresistivitetsmätningar, kalibrerade mot mätningar med resistivitets-CPT (CPT-R) med samtidig mätning av mantelmotståndet och koppla detta till lerans kemiska sammansättning. Resistivitetsmätningar ger i dag enbart svar på var förutsättningar för kvicklerebildning finns. Avsikten var att detta förfarande för kompletterande kartering av kvicklera vid positivt resultat, kunde bli aktuell utanför området med sonderade sektioner för stabilitetsberäkning, eftersom ytresistivitetsmätningar är en mer rationell metod än geotekniska sonderingar för att kartlägga utbredning av områden där förutsättningar för kvicklera finns. Resultatet av denna studie redovisas i Löfroth et.al., 2011.

4 PRELIMINÄRA RIKTLINJER

4.1 Inledning

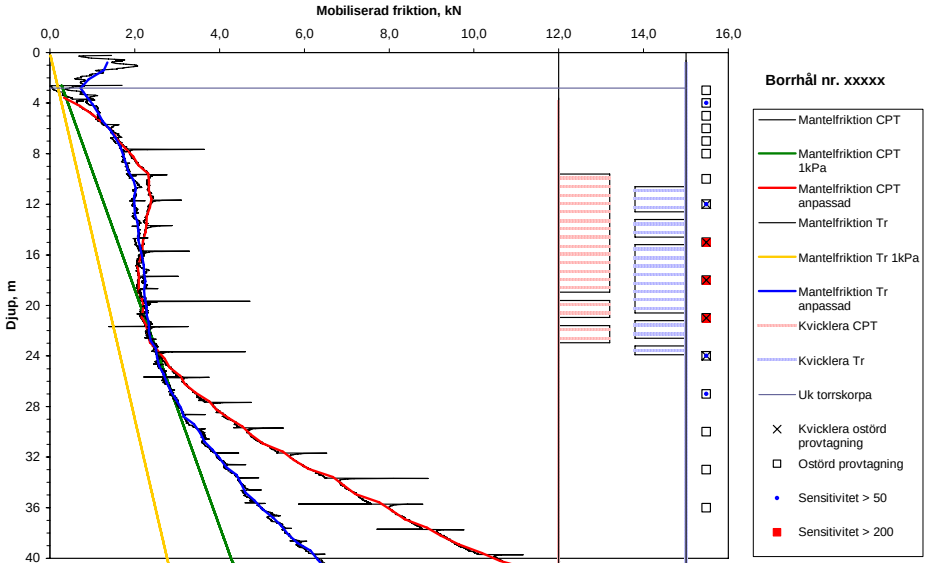
Nedan beskrivna preliminära riktlinjer för kartering av kvicklera baseras på resultatet av den utvärdering av föreslaget tillvägagångssätt för kartering av kvicklera som beskrivs i Kapitel 3 ovan.

4.2 Kartering av kvicklera i Göta älvuppdraget

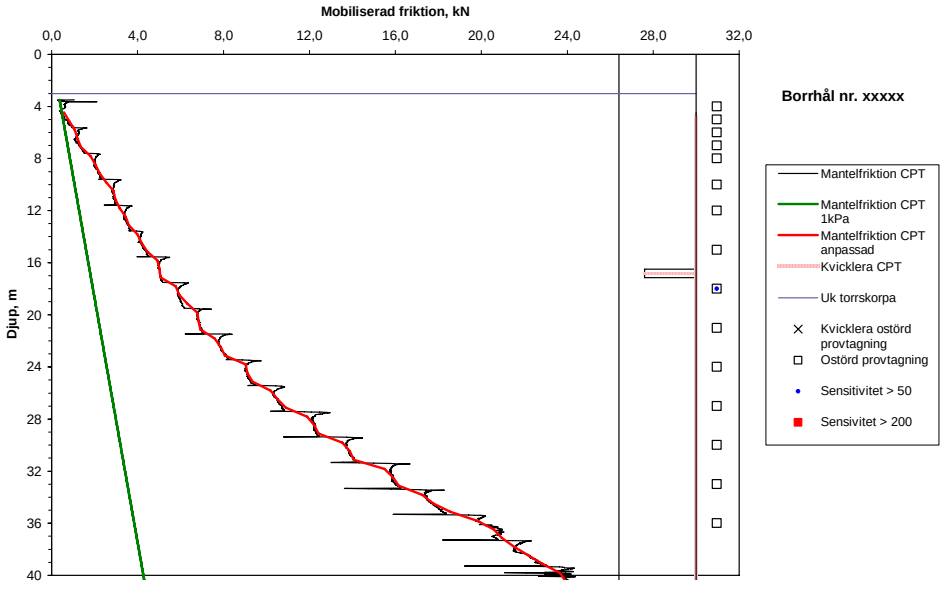
Inom Göta älvuppdraget görs kartering av kvicklera genom upptagning av kolvprover och bestämning av sensitivitet och omrörd hållfasthet på laboratoriet, samt genom att mäta det totala neddrivningsmotståndet vid främst CPT-sondering, men även vid trycksondering, mäts. Det uppmätta neddrivningsmotståndet kompletterat med tyngden av stängerna och, för CPT-sonderingen, reducerat med spetskraften, motsvarar mantelfriktionen längs stängerna (i kN). Denna mantelfriktion jämförs sedan med en mantelfriktion av 1 kPa längs med stängerna. I de fall lutningen på kurvan för mantelfriktion längs stängerna mot djupet är mindre än lutningen på kurvan för 1 kPa mantelfriktion, klassas leran som kvicklera. På upptagna kolvprover bestäms sensitivitet och omrörd skjuvhållfasthet på laboratoriet. För att en lera skall klassas som kvicklera skall den ha en sensitivitet $S_t > 50$ och en omrörd, odränerad skjuvhållfasthet $\tau_R < 0{,}4$ kPa. Om både kolvprovtagning, CPT och trycksondering gjorts i samma borrhål är det utvärderingen från kolvproverna som gäller före utvärderingen från CPT, vilken i sin tur gäller före utvärderingen från trycksondering.

I Göta älvuppdraget har ett Excel-program tagits fram för bedömning av kvicklera utifrån registrerat totalt neddrivningsmotstånd vid CPT-sondering och trycksondering. En skraffering till höger i diagrammet visar de delar av profilen som programmet har utvärderat som kvicklera, se Figur 4-1. En ingenjörsmässig bedömning av djupet för kvicklera måste sedan göras utifrån denna utvärdering. När bestämning av sensitivitet och omrörd skjuvhållfasthet från ostörd provtagning finns tillgänglig, skall även detta redovisas i diagrammet. De fall som redovisas är; då sensitiviteten St > 50 och den omrörda skjuvhållfastheten $\tau_R > 0{,}4$ kPa, då sensitiviteten St > 50 och den omrörda skjuvhållfastheten $\tau_R < 0{,}4$ kPa, dvs. kvicklera, och kvicklera där sensitiviteten St > 200, se Figur 4-1 och Figur 4-2.

Något som man t.ex. kan notera i kurvor från sonderingarna är ”pikar” med jämna intervall, se figur 2. Dessa ”pikar” som beror på att stängerna ”växer fast” i leran vid skarvningen, gör utvärderingskurvan för kvicklera något trappstegsformad. Dessa trappsteg kan i vissa fall av programmet felaktigt tolkas som kvicklera. Något som man sedan måste ta hänsyn till i den ingenjörsmässiga bedömningen. Manual till programmet redovisas i Bilaga 2.



Figur 4-1: Resultat från CPT- och trycksondering med utvärderad kvicklera, samt utvärdering från kolvprovtagning.



Figur 4-2: Resultat från CPT-sondering med tydliga ”pikar”

4.3 Redovisning av karterad kvicklera

Redovisning av karterade områden med kvicklera görs i plan och sektion. På sektionsritningar markeras över- och underkant på kvicklera på så sätt att de kan tas ut som tolkade ”lager” i Geosuite Presentation Autograf. På planer markeras kvicklera genom att djup för överkant och underkant kvicklera, bedömd vid sondering och provtagning, markeras vid sonderings- respektive provtagningspunkten. Geosuite Presentation kommer att justeras för att möjliggöra denna redovisning. Ett förslag på redovisning av kvicklera i plan och sektion redovisas i Bilaga 3.

5 REFERENSER

Larsson, R. (2009). Personlig kommunikation.

Löfroth, H, Suer, P, Dahlin, T, Leroux, V and Schälin, D. (2011). Quick clay mapping by resistivity – Surface resistivity, CPTU-R and chemistry to complement common geotechnical sounding and sampling. Statens geotekniska institut, SGI, GÄU Rapport 30. Linköping.

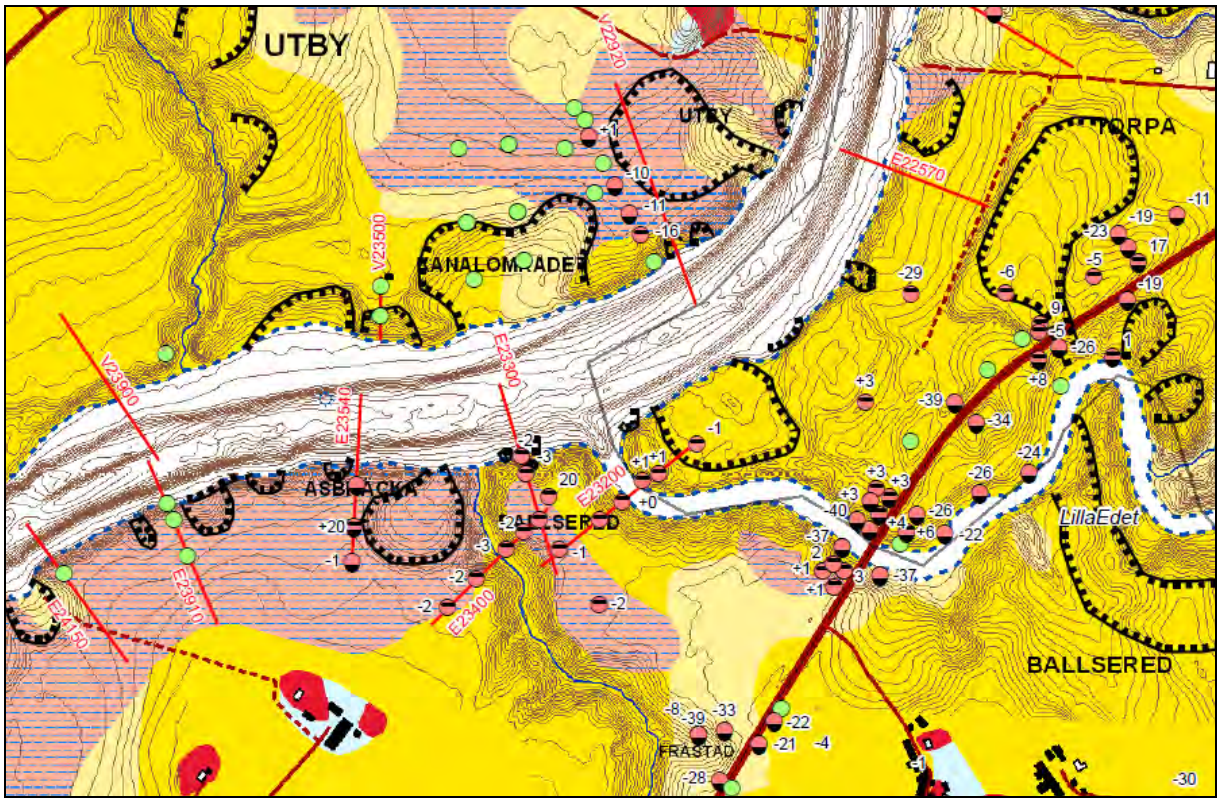
Möller, B, and Bergdahl, U. (1982). Estimation of the sensitivity of soft clays from static and weight sounding tests. European symposium on penetration testing, 2, ESOPT, Amsterdam. Proceedings, Vol. 1 s 291-295.

Rankka, K, Andersson-Sköld, Y, Hultén, C, Larsson, R, Leroux, V, Dahlin, T. (2004). Quick clay in Sweden. Statens geotekniska institut, SGI, Rapport 65. Linköping.

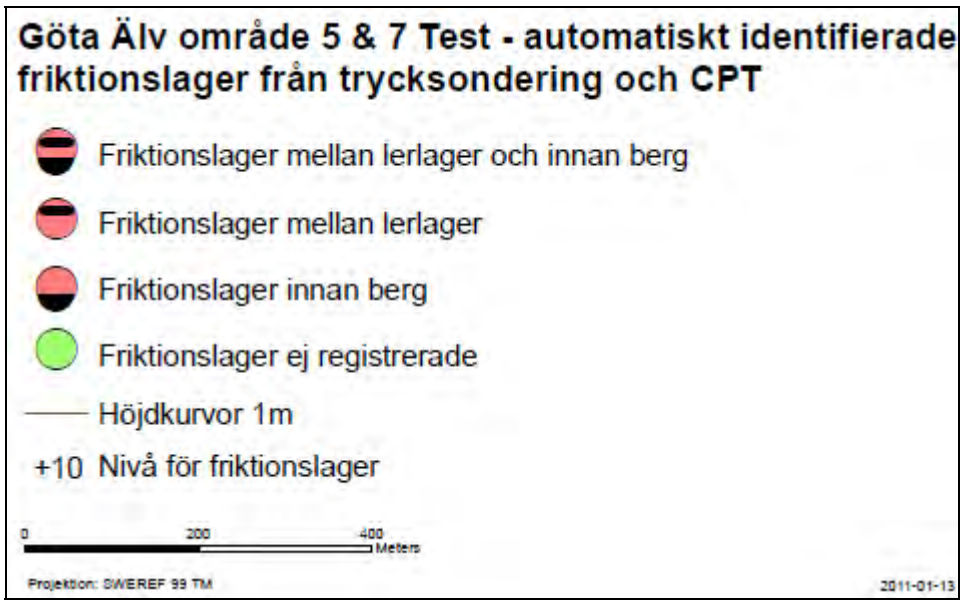
Suer, P. (2009). Kvicklera i Göta älvdalen kan inte förutsägas/uteslutas genom geologiska kartor – arbetsmaterial. Statens geotekniska institut, dnr 6-1001-0041.

6 BILAGOR

6.1 Bilaga 1: Redovisning av automatiskt identifierade friktionslager från totaltrycksondering och CPT-sondering.



Bakgrundskarta © Lantmäteriet



6.2 Bilaga 2: En vägledning till Excel-program för utvärdering av kvicklera från CPT- och (total)trycksondering med registrerat totalt nerdrivningsmotstånd.

Detta dokument är en hjälp och vägledning för hur programmet ska användas. Den innefattar också en beskrivning av vilka förberedelser som behöver göras i Conrad för att kunna exportera nödvändiga data.

De indata som behövs för att programmet ska kunna utvärdera kvicklera från sonderingarna är följande;

- för **CPT**; djup, nettospetstryck (qt) och matningskraft
- för **trycksondering**; djup och matningskraft.

Förberedelser i Conrad

Data för att utvärdera CPT-resultat behöver exporteras från Conrad och sparas enklast som en text-fil (.txt). För att detta ska fungera behöver de lokala inställningarna i Conrad ändras enligt följande.

- Öppna Conrad
- Välj *Inställning* och *Parametrar*. Klicka på fliken *Egna kanaler*
- Fyll i första tomma raden: Parameter: **Matningskraft**, Enhet: **kN**, ID: **A** och Offset: **0**. Stäng rutan.
- Öppna en sondering välj *Redigera*, *Mätdata* och säkerställ att det finns en kolumn längst till höger som heter **Matningskraft**. Om datavärdet i kolumnen visar 9999 betyder det att ingen registrering av matningskraften har skett under sonderingen.
- Välj *Arkiv* och *Exportera*. Markera exempel och välj *definiera*. Välj datakälla *Rådata* och markera med ett kryss i kolumnen *Sparas* vid djup, spetstryck qt och matningskraft och tryck på *Ok*. Markera exempel och tryck på *Ok*, spara filen i formatet .txt.

Användning av programmet i Excel

- Öppna programmet och spara en kopia av arbetsboken och döp den till sektionsnamn + sonderingspunkt, exempelvis E11000-U01001.
- **Flik CPT-Data**: Indata som behövs för att skapa trendkurvorna importeras till kolumnerna B, C och D. För att underlätta kopieringen finns det 3 hjälpkolumner (O-Q)som kan användas.
    - Öppna txt-filen (exporten från Conrad) och kopiera in datan i hjälpkolumnerna. (Om all data hamnar i samma kolumn följ anvisningarna pss som för Tr nedan).
    - När datan ligger i separata kolumner kopiera värdena till kolumn B-D.
- **Flik Tr-Data:** Indata som behövs för att skapa trendkurvorna importeras till kolumnerna B och C. För att underlätta kopieringen finns det tre hjälpkolumner (M-O) som kan användas.

- Öppna SND-filen med Tr-sonderingen från Autograf. Välj att öppna den med t. ex. ”Notepad”.
- Kopiera datan från SND-filen och klistra in i hjälpkolumnerna i Tr-Data-fliken.
- Om alla data hamnar i samma kolumn (vilket den troligtvis gör): Markera infogad data och välj *Data*, *Text till kolumner*. Steg 1 av 3 kryssa i *Med fast bredd* och sedan *Nästa*. Steg 2 av 3: skapa en ny kolumnbrytning (pil) så när intill det går bakom den andra datakolumnen (mätvärdet) *Nästa*. Steg 3 av 3 klicka på A*vancerat* och sedan *Decimaltecken* och ändra från komma till punkt. Markera den tomma kolumnen och välj *Kolumndataformat* till *Importera inte denna kolumn* och sedan *Slutför*.
- Kopiera nu värdena från hjälpkolumnerna och klistra in den i kolumn B-C.

- **Flik Lab-data**: fyll i ev värden från lab-undersökningar.
- **Flik CPT-data**: mata in djupet för underkant torrskorpa.
- I de 3 sista flikarna visas nu diagram med de inmatade värdena, se vidare nedan.
- Byt alla fliknamn till exempelvis CPT-data 01001 och diagramrubrikerna till 01001.

OBS! Det är viktigt att inga ändringar görs i områden med färgad bakgrund.

Under fliken Utvärdering kvicklera så redovisas trendlinjen för respektive sondering. I diagrammet visas också gränsvärdeslinjen för kvicklera 1 kPa och en skraffering som visar de delar av profilen som programmet har utvärderat som kvicklera (CPT röd och Tr blå). Det är möjligt att flytta utvärdering längs x-axeln om graferna hamnar utanför diagrammet, funktionen återfinns under fliken CPT-data högst upp.

I programmet ska underkant torrskorpa matas in för att ge utvärderingen en startpunkt i profilen där förekomsten av kvicklera kan förkomma. När sensitivitet och omrörd skjuvhållfasthet från ostörd provtagning är infört i lab-fliken, redovisas det i diagrammen som en kvadrat med tilläggssymboler. Symbolerna är indelade i tre kategorier,

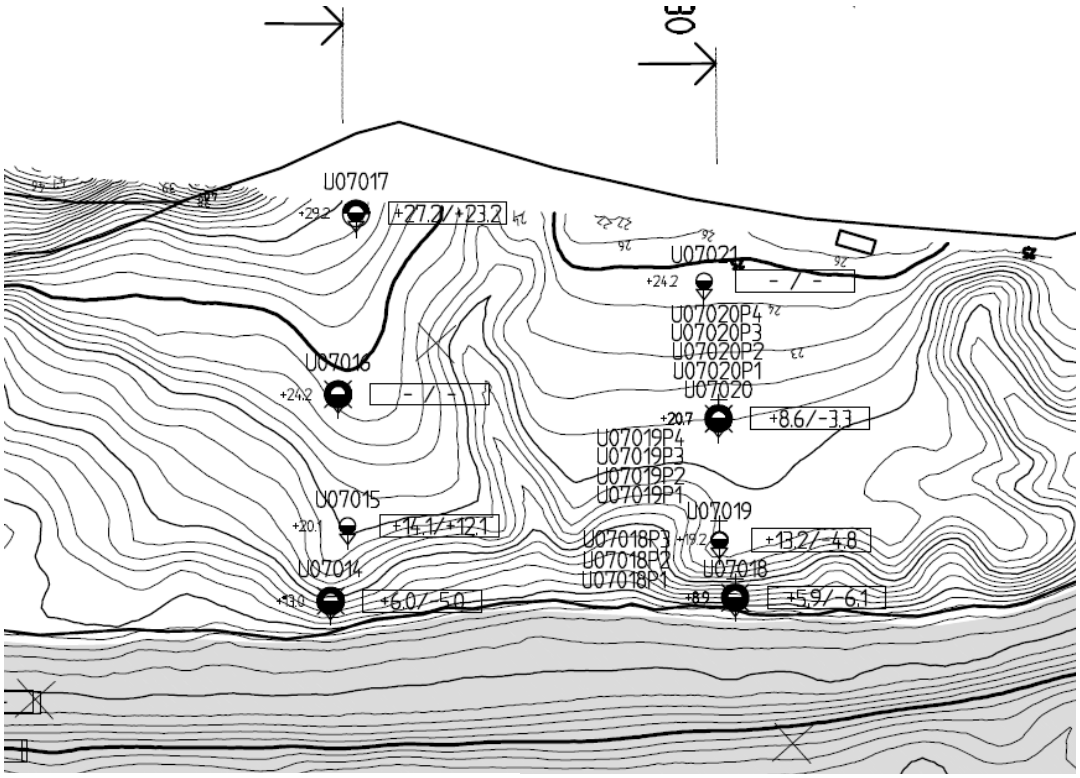
- Blå prick, sensitiviteten St > 50 och den omrörda skjuvhållfastheten tau_R > 0,4 och lerans klassas inte som kvicklera.
- Svart kryss, sensitiviteten St > 50 och den omrörda skjuvhållfastheten tau_R < 0,4 och leran klassas som kvicklera.
- Röd kvadrat med ett Svart kryss, St > 200 och den omrörda skjuvhållfastheten tau_R < 0,4 och leran klassas som kvicklera.

Utvärderingen av ev. förekomst av kvicklera genomförs med en kontroll mellan lutningen på trendkurvan och gränsvärdeslinjen 1 kPa (Rankka et al., 2004 SGI rapport 65 p68). Om lutningen på trendkurvan är brantare än 1 kPa, utvärderar programmet det som kvicklera och vice versa.

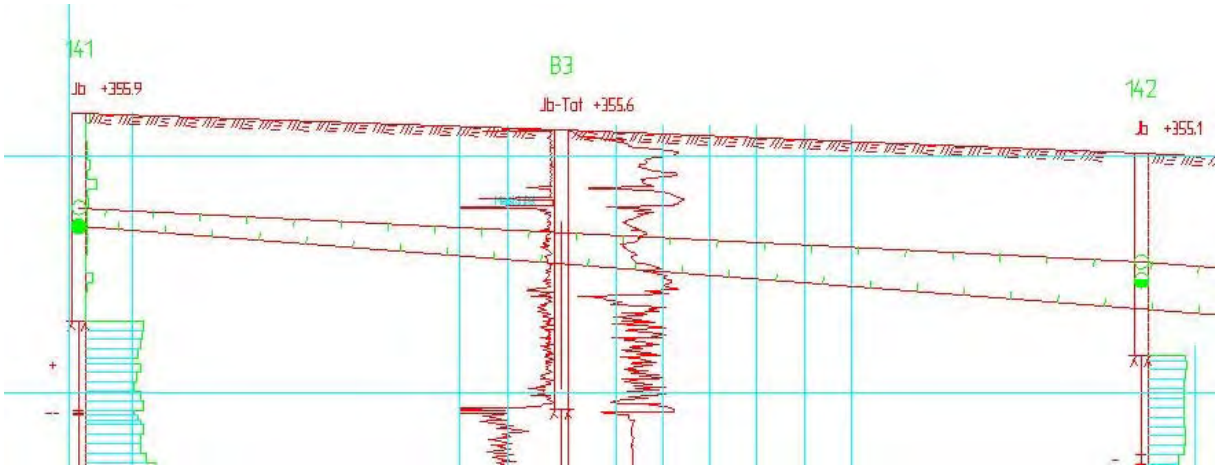
Lycka till med användningen av programmet och vid eventuella frågor: kontakta David Schälin ank. 013-201846 david.schalin@swedgeo.se

6.3 Bilaga 3: Förslag på redovisning av kvicklera i plan och sektion.

Plan:



Sektion:



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 bottenskjuvspänningar

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 ”blockprovtagare” - 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