

# Tekniska anvisningar

---

Version 7.0 - Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv

---

Sekretariatet för Göta älv

2023-02-28

Diariernr: 6.2-2301-0121

Uppdragsnr: 10123

Totalt antal sidor 41

Hänvisa till detta dokument på följande sätt:

*Sekretariatet för Göta älv* 2023, Tekniska anvisningar, Version 7.0 - Avser stabilitetsutredningar längs Göta älv, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping, 2023-02-28.



## Innehållsförteckning

1. Inledning .....	5
2. Syfte och mål.....	5
3. Avgränsningar och hänvisningar .....	5
4. Stabilitetsutredning.....	6
4.1 Programvaror .....	6
4.2 Förberedelser och planering .....	6
4.3 Fältundersökningar .....	8
4.4 Laboratorieundersökningar.....	12
4.5 Geometri, laster och vattennivåer .....	14
4.6 Jordmodell .....	16
4.7 Beräkningar .....	21
4.8 Skredutbredning.....	25
4.9 Dokumentation och leverans .....	26
5. Kompletterande utredningar .....	34
5.1 Projekteringsförutsättningar geoteknik .....	34
5.2 Procentuell förbättring.....	36

## Bilagor

1. Sammanställning av lab- och fältdata (Excel)
2. Val av skjuvhållfasthetsfördelning (Excel)
3. Utvärdering kvicklera CPT och TR (Excel och PDF)
4. Sammanställning grundparametrar (Excel)
5. Datum för upptagning och analys av prover (Excel)
6. Förlaga för redovisning av provkvalitet (Excel)
7. Exempel: PM - Val av jordmodell (PDF)

## 1. Inledning

Till följd av resultaten från Göta älvutredningen (SGI, 2012), gav regeringen SGI uppdraget att inrätta Delegationen för Göta älv. Delegationens uppgift är att samordna arbetet med att minska sannolikheten för skred utmed Göta älv som en del i Sveriges klimatanpassningsarbete. Delegationen har till sitt stöd ett sekretariat på SGI. Sekretariatet administrerar bidragsansökningar för stabilitetshöjande åtgärder samt bedriver utredningsarbete för att öka kunskapen om stabilitetsförhållandena längs älven.

Läs mer om Delegationen för Göta älv på SGI:s hemsida, <https://www.sgi.se/sv/gotaalv/>.

## 2. Syfte och mål

Syftet med dessa tekniska anvisningar är att beskriva de tekniska riktlinjer som gäller vid stabilitetsutredningar samt vid utredning av stabilitetshöjande åtgärder som helt eller delvis finansieras av Delegationen för Göta älv.

Målet med stabilitetsutredningarna är att klargöra om stabiliteten för befintliga förhållanden är tillfredsställande eller inte. Utredningarna används också som underlag för nya beräkningar av sannolikheten för skred som ytterligare ett underlag för bedömning av krav på åtgärdsnivå.

Målet med utredning av stabilitetshöjande åtgärder är att planera och utföra förstärkningsåtgärder alternativt införa kontroll, bevakning samt restriktioner där sannolikheten för skred är oacceptabelt hög.

## 3. Avgränsningar och hänvisningar

De tekniska anvisningarna beskriver riktlinjer för utredningsarbetet. Former och krav avseende respektive uppdrags styrning inklusive administration, möten, kvalitetsgranskning m.m. beskrivs i respektive uppdragsavtal med tillhörande avtalshandlingar såsom förfrågningsunderlag och anbud.

Kapitel 4 innehåller riktlinjer för detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar.

Kapitel 5 innehåller riktlinjer för kompletterande utredningar som kan vara aktuella efter att en fördjupad stabilitetsutredning har färdigställts.

Som bilagor till styrdokumentet finns excelverktyg för sammanställning och utvärdering av jordparametrar samt redovisning av provkvalitet.

För hantering och litterering av geotekniska data och dokument som utredningarna resulterar i, se DGA00XST02 - Anvisningar dokumenthantering (SGI, 2023).

## 4. Stabilitetsutredning

Anvisningarna i detta kapitel (kapitel 4) avser detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar. Anvisningarna är komplement och förtydliganden till IEG:s rapport 4:2010 *Tillståndsbedömning/Klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar* (IEG, 2010).

### 4.1 Programvaror

Följande programvaror erfordras för genomförande och dokumentation av stabilitetsutredningar:

- Minst ett program för stabilitetsberäkning enligt nedan:
  - Geostudio SLOPE/W version 2018 eller senare
  - GeoSuite Stabilitet version 4 eller senare
  - Annan programvara med Morgenstern-Price som beräkningsalternativ efter godkännande av beställare
- GeoSuite Arkiv och Presentation
- CONRAD 3.10
- CAD program som hanterar .dwg 2013 eller senare.
- Officepaketet version 2013 eller senare
- GIS program som hanterar .shp t.ex. ArcGis eller QGIS

### 4.2 Förberedelser och planering

#### 4.2.1 Inventering av befintligt underlag

Fält- och laboratorieundersökningar ska planeras med hjälp av relevant befintligt underlag för området så som geologiska och topografiska kartor, satellitfoton, platsbesök och tidigare utförda undersökningar.

Arkivinventering ska utföras av tidigare utförda utredningar, undersökningar, grundläggning av konstruktioner med mera. Relevant arkivmaterial ska utvärderas, sammanställas och inarbetas i utredningen. Inventeringsarbetet ska dokumenteras i en Markteknisk undersökningsrapport, MUR Geoteknik.

#### 4.2.2 Förekomst av kvicklera

En första bedömning av förekomst av kvicklera görs utifrån kartmaterial av topografiska, geologiska och hydrologiska förhållanden samt resultat från tidigare geotekniska undersökningar. För metodik och arbetsgång hänvisas till *Metodik för kartläggning av kvicklera* (SGI, 2018), <https://www.sgi.se/sv/samhallsplanering--sakerhet/kartlaggning-av-kvicklera/>.

#### 4.2.3 Undersökningsprogram

Utifrån sammanställningen och utvärderingen av befintliga utredningar ska konsulten ge förslag på ett geotekniskt undersökningsprogram med metoder och omfattning som motsvarar aktuell utredningsnivå.

Undersökningsprogrammet ska minst innehålla:

- Uppdragsinformation inklusive namn på ansvarig geotekniker, fältgeotekniker och mätingenjör
- Borrplan med namngivna borrhåll
- Lista med sonderings- och provtagningsmetoder för samtliga punkter
- Riskinventeringslista
- Information om befintliga ledningar, kablar och andra undermarknanläggningar
- Erforderliga tillstånd

#### 4.2.4 Arbetsmiljö, arbetarskydd och säkerhet

Konsulten ansvarar för arbetsmiljö, arbetarskydd och säkerhet i enlighet med kontrakt och eget verksamhetssystem. Arbete där miljöfarligt ämne förekommer ska följa SGF Rapport 2:2013 Fälthandbok Föreordade områden (SGF, 2013).

En riskanalys ska upprättas för undersökningsprogrammet. Riskanalysen ska täcka in fältgeotekniskt arbete samt alla relaterade aktiviteter i fält. Riskerna ska sammanställas i en lista, tillsammans med vidtagna förebyggande åtgärder samt instruktion vid olycka, och levereras med undersökningsprogrammet.

#### 4.2.5 Tillstånd och information

Konsulten ansvarar för att införskaffa erforderliga tillstånd, och för att inhämta och tillhandhålla nödvändig information, vilket bland annat kan inkludera:

- Ledningsanvisning av ledningsägare, för arbete i närhet av ledningar.
- Tillstånd för arbete i naturskyddsområden från kommun och/eller länsstyrelsen.
- Tillstånd för inom kulturhistoriskområde från länsstyrelsen.
- Tillstånd för arbete på älven från Sjöfartsverket och Vattenfall.
- Tillstånd för arbete inom väg- eller spårområde från Trafikverket.
- Trafikanordningsplan för arbete på eller i närheten av väg.
- Löpande kontakter med fastighetsägare/arendator kring markarbeten

## 4.3 Fältundersökningar

### 4.3.1 Styrande dokument

För planering, utförande, dokumentation samt för kalibrering och kontroll av utrustning gäller SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013) kompletterat med styrande dokument som anges i Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Styrande dokument avseende fältundersökningens planering, utförande, dokumentation samt för kalibrering och kontroll av utrustning

Beskrivning	Styrande dokument
Förberedelser, planering, dokumentation	IEG rapporter 10:2010 (IEG, 2010) och 4:2008 (IEG, 2008)
Geoteknisk fältutrustning	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Geoteknisk fältutrustning, kontroll och kalibrering	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013) och metods specifikt referensdokument i denna tabell
Utsättning, avvägning, inmätning	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
CPTU-R	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
CPTU	SS-EN22476-1 (SIS, 2012), svensk standard för CPTU-sondering i första hand, i andra hand SGF Rapport 1:93 (SGF, 1993)  Dissipationstest/avklingningsförsök ska utföras i enlighet med SGI Information 15 (SGI, 2015)
Totaltrycksondering	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Viktsondering, maskinell	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok, SGF Rapport 3:99 Metodbeskrivning för viktsondering (SGF, 1999)
Jordbergsondering	SGF Rapport 4:2012 Metodbeskrivning för Jb-sondering (SGF, 1999) i första hand, i andra hand SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Kolvprovtagning	SGF Rapport 1:2009 Metodbeskrivning för provtagning med standardkolvprovtagare (SGF, 2009) i första hand, i andra hand SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok
Skruvprovtagare	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Vingförsök	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok i första hand, i andra hand SGF Rapport 2:93 Rekommenderad standard för vingförsök i fält (SGF, 1993)
Hydrogeologiska metoder	SGI Information 11 Mätning av grundvattennivå och portryck (Vägverket - VBg; SGI, 1990), i första hand, i andra hand SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok (SGF, 2013)
Inklinometermätning	SGF Rapport 2:2006 Metodbeskrivning för installation av inklinometerorr (SGF, 2006)
Miljötekniska undersökningar	SGF Rapport 2:2013 Fälthandbok Förorenade områden (SGF, 2013)



#### 4.3.2 Metoder och omfattning

##### *Placering av undersökningspunkter*

Den omfattning som beskrivs i detta kapitel gäller då inga tidigare fältundersökningar finns att tillgå. I de fall befintligt geotekniskt underlag kan nyttjas ska omfattningen anpassas därefter.

Generellt bör det utföras undersökningar i minst en sektion per geotekniskt område med förväntat likartade förhållanden med avseende på lermåktighet och topografi.

Vid en **detaljerad utredning** bör 2–3 undersökningspunkter utföras per sektion, beroende på dess längd.

Vid en **fördjupad utredning** bör 3–6 undersökningspunkter utföras per sektion, beroende på dess längd.

Undersökningspunkterna placeras lämpligen i närhet av släntfot, släntkrön och på sådant avstånd från släntkrön att området som kan tänkas påverkas av bedömd skredutbredning omfattas.

Vid förekomst av slänter mot biflöden och raviner ska stabiliteten i dessa undersökas. Minst en undersökningssektion bör finnas per biflöde eller ravin.

Sondering och provtagning ska utföras för att fastställa jordlagerföljd och jordparametrar ned till relevant djup, d.v.s. minst fem meter större än det djup där de potentiellt farligaste glidytorerna kan tänkas gå.

Utbredning av skikt eller lager av friktionsjord ska bestämmas. Måktigheten av förekommande underlagrande friktionsjord ska bestämmas där det är relevant. Friktionsjordslagrens permeabilitet ska uppskattas genom avklingningstest, se instruktioner för CPTu-sondering i avsnitt 4.3.3.

#### 4.3.3 Sonderingar

##### *CPTU-sondering*

CPTU med registrering av totalt neddrivningsmotstånd ska utföras i syfte att kartlägga kvicklereområden. CPTU klass 0 ska alltid eftersträvas. I samråd med beställaren utförs eventuellt även CPTU-R för tolkning av kvicklereförekomst utifrån resistivitetsmätning.

Vid mäktiga sand- och siltlager krävs eventuellt förborring med pryl eller foderrör för att undvika störning av CPTU-sonderingen.

För att lokalisera övergången mellan sand/silt och lera samt erhålla egenskaper för sand/silt utförs en CPTU-sondering minst genom hela sand-/siltlagret.

Sonderingen utförs till för metoden regelrätt stopp, dock maximalt till 45 meter djup om inte annat avtalats.

I friktionsjord som underlagrar leran, alternativt i mäktigare skikt av friktionsjord i lerlager, ska portrycket registreras genom avklingningsförsök.

##### *Jordbergsondering*

Där sonderingsstopp mot misstänkt berg sker kan Jb-totalsondering vara aktuellt.

#### 4.3.4 Provtagningar

##### *Störd provtagning*

Om förborring krävs, inför sondering eller ostörd provtagning, kan skruvprovtagning utföras som förborrningsmetod. Minst ett prov per meter ska tas på förborrat material, och tätare vid förekomst av synliga jordlagergränser.

Fältbenämning ska göras på samtliga störda jordprover. Utvalda störda jordprover skickas till geotekniskt laboratorium för rutinförsök.

##### *Ostörd provtagning*

Ostörd provtagning bör utföras på minst sex nivåer per undersökningsspunkt, och fördelas mot djupet med mindre avstånd mellan provtagningsnivåerna i anslutning till de potentiellt farligaste glidyterna.

Nivåer med ostörd provtagning ska sammanfalla med nivåer för vingförsök.

Fältbenämning ska göras på samtliga ostörda jordprover. Samtliga ostörda jordprover skickas till geotekniskt laboratorium.

Vid **detaljerad utredning** bör kolvprovtagning utföras i minst en punkt per område med förväntat likartade förhållanden med avseende på lermäktighet och topografi.

Vid **fördjupad utredning** bör kolvprovtagning utföras i minst två punkter per sektion.

#### 4.3.5 In-situ-undersökningar

##### *Vingförsök*

Vid **detaljerad utredning** bör vingförsök utföras i minst en punkt per område med förväntat likartade förhållanden med avseende på lermäktighet och topografi.

Vid **fördjupad utredning** bör vingförsök utföras i minst två punkter per sektion.

Vingförsök ska om möjligt utföras till minst fem meter djupare än där de potentiellt farligaste glidyterna kan tänkas gå.

Vingförsök i en punkt där ostörd provtagning utförs ska utföras på samma nivåer som den.

#### 4.3.6 Grundvatten- och portrycksmätningar

Antal punkter för mätning av grund- och porvattentryck inom ett utredningsområde beror på grund- och porvattentrycksituationens påverkan på stabiliteten.

I de fall där dränerat brott är dimensionerande samt där lerans effektivspänning ska användas vid utförande av direkta skjuvförsök eller triaxialförsök behöver portrycket fastställas med extra stor noggrannhet.

##### *Grundvattenrör*

Om mäktigare lager av friktionsmaterial förekommer ska grundvattenrör installeras i minst två provtagningspunkter per sektion varav ett i släntkrön och ett i bakkant av sektionen. I de fall det är möjligt att utföra från land installeras även ett grundvattenrör i släntfot.

### *Portrycksstationer*

Inom undersökningsområdet ska det i anslutning till minst två av provtagningspunkterna i närhet av slänkrön installeras portrycksstationer. En portrycksstation ska bestå av minst tre portrycksmätare i leran samt ett grundvattenrör i friktionsjorden under lerlagret. I de fall lermäktigheten är mycket stor installeras inget grundvattenrör. Installationsdjup bestäms efter utvärdering av CPTu-sondering och provtagning.

### *Mätperiod*

För grundvattennivåer och portryck eftersträvas långa mätperioder, vilket ska beaktas vid val av placering av mätutrustning. Spetsar och rör ska installeras tidigt i uppdraget.

Grundvattenrör och portrycksspetsar ska kunna förses med instrument för automatisk loggning.

#### **4.3.7 Utsättning, avvägning och inmätning**

Undersökningspunkterna ska sättas ut, mätas in och avvägas i koordinatsystem SWEREF 99TM och höjdsystem RH2000. Inmätning förutsätts ske med GPS med RTK.

Inmätning och avvägning ska minst uppfylla mätklass B enligt SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk Fälthandbok (SGF, 2013), vilket innebär mätfel mindre än 1,0 meter i plan och 0,1 meter i höjd.

Utsättning och inmätning av undersökningspunkter ska utföras innan fältundersökningar påbörjas. Undersökningspunkter ska markeras med stakkäpp som märks med punktens ID. På hårdgjorda ytor ska undersökningspunkt markeras med kryss och punkt-ID med sprayfärg.

Utöver undersökningspunkterna kan det bli aktuellt att även avväga beräkningssektionerna.

I de fall som stabiliteten utreds även för vattenförande sidoraviner kan det bli aktuellt med manuell lodning eller ekolodning. Underlag för beslut om lodning ska omfatta stabilitetskontroll som inkluderar känslighetsanalys av hur bottentopografin påverkar säkerhetsfaktorn i sidoravinen.

#### **4.3.8 Hantering av jordprover**

Vid provtagningen ska rådande väderleksförhållanden, datum och tid dokumenteras. Transporten till laboratorium ska dokumenteras avseende väderlek, transportsätt, emballering samt datum och tid.

I samband med provtagningen ska sådan försiktighet och hantering gälla som ger bästa möjliga provkroppar för laboratorieundersökning. Proverna ska skyddas från ovarsam hantering, stötar, kyla och hög värme. För lerprover med potentiellt högsensitiv lera och siltprover kan detta innebära transport på vibrationsdämpande underlag i personbil.

Om nödvändigt, för att uppfylla ovanstående krav, ska konsulten tillhandahålla förvaringsställe i närheten av undersökningsområdet. Proverna ska transporteras till laboratorium senast i slutet av arbetsdagen om särskilt förvaringsställe ej tillhandahålls.

## 4.4 Laboratorieundersökningar

### 4.4.1 Styrande dokument

Laboratieförsök ska utföras enligt aktuellt referensdokument i Tabell 4.2. Ett flertal svenska standarder för laboratorieprovning har upphävts och ersatts med tekniska specifikationer med beteckningen SIS-CEN ISO/TS 17892-nr.

Vid nyare standarder, för vilka aktuellt laboratorium ej hunnit ackrediteras, accepteras föregående standard. Avvikelser gentemot referensdokument ska dokumenteras och meddelas beställaren för godkännande innan arbetet påbörjas.

Tabell 4.2 Styrande dokument för geotekniska laboratorieundersökningar.

Metod	Utförs enligt referens
Planering	SGF Notat 3:2007 "Laboratorieprovning för geotekniska utredningar. En vägledning" (SGF, 2007).
Jordartsbenämning	SS-ISO 14688-1
Skrymdensitet	SS EN ISO 17892-2:2014
Vattenkvot	SS EN ISO 17892-1:2014
Siktanalys	SS 027123 Utgåva 2*
Sedimentationsanalys	SS 027124* eller Våggroppsmetoden (SGI Kvalitetssystem Lab. dok. 8)
Organisk halt (kolorimetermetod)	SS 027107-3
Konflytgräns	SS 027120 Utgåva 2*
Fallkonförsök, ostörd skjuvhållfasthet	SS 027125 Utgåva 1*
Fallkonförsök, omrörd skjuvhållfasthet	SS 027125 Utgåva 1*
CRS-försök	SS 027126 Utgåva 1, SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017)
Direkta skjuvförsök	SS 027127 Utgåva 1, SGF Notat 2:2004, SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017)
Stegvisa ödometerförsök	SS 027129 Utgåva 1*
Triaxialförsök	SIS-CEN ISO/TS 17892-9:2005, SGF rapport 2:2012, SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017)

\*Standard upphävd.

#### 4.4.2 Planering och tider

Val av provtagningsnivåer ska göras utifrån fältbenämningar och sonderingar.

Det är viktigt att laboratorieförsöken utförs på färska jordprover av god kvalitet. Laboratorieförsöken ska därför planeras in i anslutning till tidpunkten för provtagning i fält. Det är önskvärt att rutinförsöken påbörjas inom en vecka från provtagningen, då sensitiviteten förändras fort (SGI, 2012). Ligg tiden bör inte överstiga en månad innan kvalificerade undersökningar som CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök utförs.

För provkroppar på vilka CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök utförs ska densitet och naturlig vattenkvot bestämmas igen i samband med försöket. Resultaten ska sedan jämföras med de från rutinundersökningen för bedömning om proverna för de kvalificerade laboratorieförsöken är representativa.

För planering, utvärdering och redovisning av kvalificerade laboratorieförsök finns god vägledning att följa i SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017).

Datum för upptagning av prover och för utförande av laboratorieförsök ska redovisas i tabellformat enligt mall i Bilaga 5 och biläggas MUR.

#### 4.4.3 Förvaring

Efter transport till laboratorium ska jordproverna förvaras i ett klimatkontrollerat utrymme med en temperatur på mellan +7 och +4 °C samt med en relativ luftfuktighet på minst 65%.

Proverna ska sparas i minst 6 månader efter provtagningstillfället.

#### 4.4.4 Utrustning

Det laboratorium som utför geotekniska undersökningar ska kunna visa dokumentation av spårbara kontroller och kalibrering av utrustning som används. Exempel på utrustning är vågar, fallkoner, torkugnar och elektronisk utrustning för datainsamling.

#### 4.4.5 Metoder och omfattning

Utifrån sammanställning och utvärdering av inventerade laboratorieanalyser ska konsulten ge förslag på ett laboratorieförsöksprogram så att utredningen totalt motsvarar aktuell utredningsnivå.

#### 4.4.6 Rutinförsök

##### *Störda prover*

Rutinundersökning ska utföras på utvalda störda jordprover.

##### *Ostörda prover*

Rutinundersökning ska utföras på samtliga ostörda jordprover.

Vid förekomst av siltig lera ska sedimentationsanalys övervägas.

#### 4.4.7 Ödometerförsök, CRS

CRS-försök ska utföras på utvalda ostörda jordprover, normalt på minst fyra nivåer per provtagningspunkt. Vid förväntat förkonsolideringstryck större än 250 kPa ska deformationshastigheten minskas till hälften i enlighet med SGF Rapport 1:2017.

För bestämning av provkvalitet ska deformationen vid förkonsolideringsspänningen utvärderas enligt Figur 4a i SGI Information 3 (SGI, Chalmers tekniska högskola, 2007).

#### 4.4.8 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök ska utföras på utvalda ostörda jordprover, normalt på minst fyra nivåer per provtagningspunkt, i angränsning till den direkta skjuvzonen för relevanta glidytor. Vid uppmätt förkonsolideringstryck större än 250 kPa ska deformationshastigheten minskas till hälften i enlighet med SGF Rapport 1:2017 (SGF, 2017).

#### 4.4.9 Triaxialförsök (fördjupad utredning)

Vid förekomst av branta slänter samt av djupa och branta glidytor är utförande av triaxialförsök aktuellt. Beräkningar med empiriskt framräknad anisotropifunktion ska utgöra beslutsunderlag.

Triaxialförsök bör utföras på minst tre nivåer per undersökningspunkt för att erhålla en trendlinje för att verifiera den antagna anisotropi-funktionen, se även IEG 4:2010 kap. 4.2, tillägg till Skredkommissionens rapport 3:95. (IEG, 2010).

### 4.5 Geometri, laster och vattennivåer

#### 4.5.1 Geometri

Där inmätning eller lodning är utförd ska resultaten från denna nyttjas för att beskriva och modellera slänt- och bottengeometrin. Där inmätning saknas kan geometrin hämtas från Lantmäteriets NH-data samt från älvens batymetri. Senaste sjömätningen i Göta älv utfördes av SGI 2021 (SGI).

#### 4.5.2 Laster

Vid stabilitetsanalys ska hänsyn tas till laster i omgivning som ex. byggnader och väg/järnväg. Modellering av sådana laster ska ta hänsyn till grundläggning med avseende på lastspridning och lastbärande lager. Laster modelleras enligt TRVINFRA-00230 (Trafikverket, 2022). För hus tillämpas 10 kPa/våning om ej djupgrundläggning t.ex. pålning eller källare.

I de fall undersökningsområdet ligger inom detaljplanelagt område som tillåter en viss förändring av marknivå eller annat lasttillskott så ska stabiliteten kontrolleras för bestämmelserna i detaljplanen. Eventuella åtgärdsförslag ska beakta förutsättningarna i gällande detaljplan.

#### 4.5.3 Vattennivåer

Vattennivåerna i älven styrs av vattendomen från Västerbygdens vattendomstol 1937, de mindre ändringar i denna som Västerbygdens vattendomstol fastställde 1955 samt de som Mark- och miljödomstolen i Vänersborgs tingsrätt fastställde 2015.

Dimensionerande vattenstånd i höjdsystem RH2000 framgår av i Tabell 4.3. De i tabellen angivna vattenstånden baseras på data tillhandahållna av Vattenfall Vattenkraft AB och som kontrollerats och sammanställts av SMHI (Gyllenram, 2020).

Tabell 4.3 Dimensionerande vattenstånd i Göta älv, i höjdsystem RH2000 (Gyllenram, 2020).

Referenspunkt	Ca längdmätning	Vattenstånd		
		MW*	LLW**	HHW**
Vargön ÖVY	-	44,2	42,9	45,4
Vargön NVY	0/000	39,6	39,0	40,0
Trollhättan Hojum kraftverk ÖVY	11/200	39,5	39,1	39,7
Trollhättan Hojum kraftverk NVY	11/200	7,6	6,5	8,5
Trollhättan Oildan kraftverk NVY	11/800	7,5	6,6	8,1
Lilla Edet Sluss 6 ÖVY	31/600	7,2	6,6	7,5
Lilla Edet Sluss 6 NVY	31/600	0,9	-0,1	2,2
Torshamnen	-	0,0	-1,1	1,5

\*MW = medelvärde av dygnsmedelvärden

\*\*LLW/HHW 6 h

I stabilitetsberäkningarna ska lägsta lågvatten nyttjas eftersom slänterna ska dimensioneras för de sänkningshöjder som tillåts enligt Vänerens vattendom.

Nivå vid Torshamnen gäller hela vägen nedströms Frihamnen. Mellan Lilla Edets sluss och Frihamnen ska nivåerna interpoleras.

Vid stabilitetskontroll mot biflöde där uppgifter om vattennivåer saknas ska biflödet antas vara torrlagt i beräkningsanalysen. I de fall observationer tyder på att biflödet aldrig är torrlagt och en vattenfylld fåra bedöms ha betydande inverkan på säkerhetsfaktorn kan mätning av vattennivån bli aktuellt.

## 4.6 Jordmodell

I de jordmodeller som behöver upprättas för stabilitetsberäkningar är valet av lerans skjuvhållfasthet oftast mest avgörande för resultatet (säkerhetsfaktorn).

För att kunna göra ett välgrundat val av skjuvhållfasthet behöver ett flertal olika egenskaper hos leran studeras, både enskilt och sammanvägt. Lerans spänningstillstånd, såväl nuvarande som historiskt, har visat sig ha mycket stor betydelse för en leras egenskaper samt för hur utvärdering och val av skjuvhållfasthet bör utföras.

### 4.6.1 Indelning efter jordlagerföljd

En preliminär indelning av utredningsområdet i lermark respektive fastmark kan göras redan under inventeringsarbetet utifrån topografi, jordartskarta samt platsbesök.

Efter sonderingar och störd provtagning kan lermarken delas upp i mindre områden utifrån lermäktighet, tjocklek hos torrskorpa samt förekommande ytlager av friktionsjord och skikt förekomst.

### 4.6.2 Sammanställning och värdering av parametrar

*För respektive undersökningsspunkt*

Uppmätt skjuvhållfasthet vid kon- och vingförsök ska korrigeras med hänsyn till konflytgräns. Resultat från vingförsök ska även korrigeras med hänsyn till överkonsolideringsgrad. För undersökningsspunkter där portrycksmätning eller ostörd provtagning saknas hämtas värden från närliggande undersökningsspunkt.

För respektive undersökningsspunkt där odränerad skjuvhållfasthet uppmätts genom minst en av metoderna vingförsök, fallkonförsök eller CPT-sondering ska uppmätta parametrar läggas in i bifogad excelmall, Bilaga 1 *Sammanställning av lab- och fälldata*.

För undersökningsspunkter där även kvalificerade laboratorieundersökningar som CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök utförs kompletteras respektive excel-fil del med undersökningsresultaten, dels med empiri för direkt skjuvning enligt avsnitt 4.5.1 i SGI Information 3 *Skjuvhållfasthet – utvärdering i kohesionsjord* (SGI, Chalmers tekniska högskola, 2007) samt SGF Rapport 1:2017 *Metodik för bestämning av skjuvhållfasthet i lera* (SGF, 2017).

För respektive undersökningsspunkt ska en värdering av härledda värden göras, dels mellan resultat från olika metoder, dels mot empiriska samband. Uppenbart felaktiga värden rensas bort och avvikelser dokumenteras i MUR Geoteknik.



*För respektive område*

För respektive område med liknande jordlagerföljd och mäktighet sammanställs resultat, både mot djup och nivå, för åtminstone följande egenskaper:

- densitet
- naturlig vattenkvot
- konflytgräns
- sensitivitet
- odränerad skjuvhållfasthet från samtliga undersökningar samt empiri
- överkonsolideringsgrad, OCR

För sammanställning av grundparametrar respektive skjuvhållfasthet kan bifogade excelmallar Bilaga 4 *Sammanställning grundparametrar* och Bilaga 2 *Val av skjuvhållfasthetsfördelning* användas. Det går även bra att använda egna mallar och program för sammanställningarna så länge de blir tydliga och innehåller efterfrågad information.

Genom jämförelser mellan sammanställningarna kan beslut tas huruvida val av odränerad skjuvhållfasthet bör göras relativt djup under markytan eller relativt nivå över havet. Eventuellt leder jämförelsen till att tidigare vald indelning av lerområden behöver justeras.

I bilaga 7 visas ett exempel på hur härledda värden bör studeras och redovisas inom ett undersökningsområde.

*Conrad*

Det i CONRAD framtagna värdet på överkonsolideringsgrad ska kontrolleras mot resultat från rutinundersökning av ostörda prover samt odometerförsök typ CRS. Vid stor skillnad ska i stället resultat från CRS-försök användas för utvärdering av den odränerade skjuvhållfastheten enligt beräkningsmetod i SGI Information 15, kapitel 8.

**4.6.3 Val av odränerad skjuvhållfasthet***Skjuvhållfasthet på land*

Vid val av skjuvhållfasthet ska resultat från kvalificerade laboratorieundersökningar väga tungt. Ett bra stöd och tips på metodik och arbetsgång finns i *Bestämningar av den odränerade skjuvhållfastheten med specialiserade metoder i praktiska tillämpningar. Delrapport 4 – Rekommendationer för val av odränerad skjuvhållfasthet* (Trafikverket, 2017).

I det slutgiltiga underlaget för val av odränerad skjuvhållfasthet i ett lerområde behövs sammanställning av samtliga härledda värden och särredovisning av respektive metod för jämförelse mot valda värden. Valda värden ska även jämföras mot sammanställning med enbart kvalificerade laboratorieundersökningar samt empiri.

Följande sammanställningar krävs som underlag och motiv för vald skjuvhållfasthet:

- Enbart CPT-sonderingar
- Enbart Vingförsök
- Enbart fallkonförsök
- Enbart skjuvförsök och triaxialförsök ihop med empiri
- Alla resultat exkl CPT
- Alla resultat
- Alla resultat inkl empiri

I alla sammanställningar ska vald skjuvhållfasthet redovisas.

#### *Anisotropi*

Innan triaxialförsök utförs ska stabilitetsberäkningar utföras med empiriskt antagen anisotropieffekt för att visa på möjlig ökning av säkerhetsfaktor.

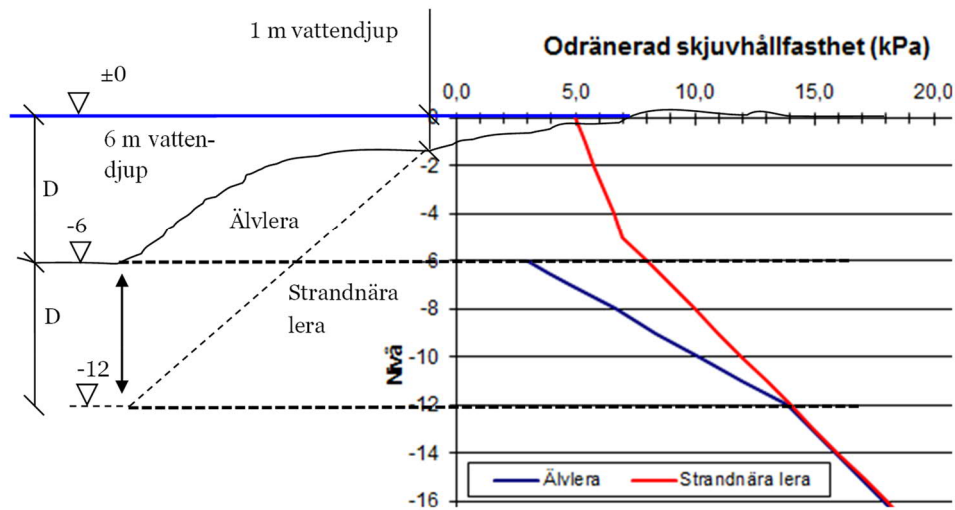
Anisotropi som verifierats ska nyttjas enligt IEG 4:2010 kapitel 2.1, tillägg till Skredkommissionen 3:95 (IEG, 2010). Det innebär att resultaten från triaxialförsök ska jämföras med empiriska värden och normalt att det lägsta av de två alternativen ska användas i beräkningarna. För de beräkningssektioner där anisotropieffekter nyttjas ska även beräkningar utan anisotropi redovisas.

#### *Odränerad skjuvhållfasthet i strandnära områden och under Göta älv*

Om undersökningspunkter i älven saknas ska följande metodik användas:

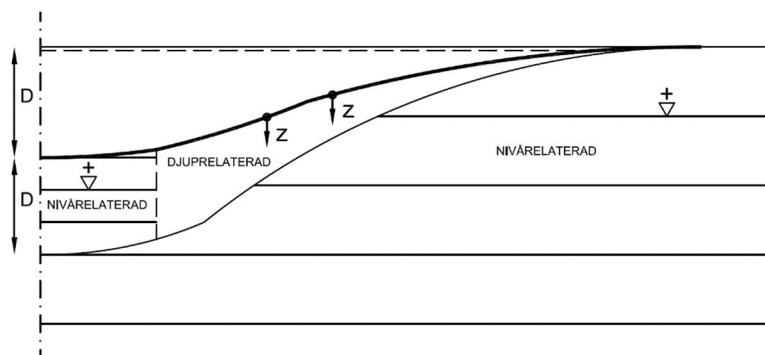
Det grundläggande antagandet är att dagens markyta vid, eller i närheten av, släntkrönet motsvarar avsättningsplanet för lerområdet och att själva älvfåran därefter har bildats genom erosion. Orsaken till minskad odränerad skjuvhållfasthet under älvbotten antas främst bero på en förändrad spänningsnivå till följd av den avlastning som skett i älvfåran.

I beräkningarna ansätts älvlerans hållfasthet omedelbart under älvbotten till 3 kPa och ökar linjärt mot det värde som motsvarar den hållfasthet som råder på land, se Figur 4-1. Inverkan från avlastningen av älvfåran är antagen till det djup under älvbotten som motsvaras av vattendjupet (utifrån medelvattennivån) i respektive tvärsnitt.



Figur 4-1 Illustration av skjuvhållfasthetens antagna förändring mot djupet, i ett exempel med vattendjup 6 meter.

I övergångszonen från vattenbrynet ner till älvbotten antas effekterna av avlastningen också inverka på den odränerade hållfastheten. Leran i detta område modelleras därför med samma materialparametrar som jorden under älvbotten, men med en djuprelaterad materialmodell med utgångspunkt från älvbottens överyta. Se Figur 4-2 där det kilformade området avser övergångszonen.



Figur 4-2 Illustration av de olika områdena för olika skjuvhållfasthetsprofilerna som modelleras.

Som Figur 4-2 visar ska alltså minst tre jordmodeller tas fram för en beräkningssektion i anslutning till Göta älv; landlera (uppdelat i flera lager utifrån fält- och laboratorieresultat); strandnära lera samt älvlera.

Om konsolideringsförhållandena är mer komplicerade än det fall som beskrivs ovan ska hänsyn tas till det. Vid förekomst av fyllnadsmassor måste hänsyn tas till dessas inverkan på konsolideringsförhållanden för underliggande lera.

För slänterna längs Göta älv uppströms Lilla Edet, och mer ju längre uppströms man befinner sig, så vet man att det ursprungliga avsättningslandet för leran inte motsvarar nuvarande markyta, utan låg högre. Nuvarande situation på land är alltså redan en avlastning relativt tidigare spänningshistoria vilket medför överkonsolidering.

#### 4.6.4 Val av dränerad skjuvhållfasthet

Lerans dränerade skjuvhållfasthetsparametrar kan initialt bedömas empiriskt enligt:

$$\varphi' = 30^\circ$$

$$c' = 0,1 \times c_u$$

eller

$$c' = 0,03 \times \sigma'_c$$

Där resultat från odränerade aktiva triaxialförsök finns ska även utvärdering av dränerad skjuvhållfasthet utföras enligt SGF Rapport 2:2012.

I de fall inledande beräkningar visar att kritiska glidytor till en betydande del går i partier där den dränerade skjuvhållfastheten är dimensionerande bör lerans dränerade parametrar bestämmas genom dränerade triaxialförsök i en kompletterande utredning, se vidare i kapitel 5.1.

#### 4.6.5 Grundvatten- och portrycksförhållanden

*Grund- och porvattentryck*

Uppmätta **maxvärden** för grundvatten- och portryck är utgångspunkt för modellering av portrycksförhållandena i leran. Orimliga värden ska först rensas bort.

Hänsyn behöver också tas till:

- Förekommande skikt av friktionsjord i lerlagret samt om skiktet står i kontakt med älven.
- Eventuella bräddnivåer för friktionsjord under leran som kan påverka trycknivån.
- Torrskorpans mäktighet.
- Rådande vattenstånd i älven och dess påverkan.

För uppsprucken torrskorpa ska effekten av vattenfyllda sprickor studeras, med antagandet om vatten från halva sprickdjupet.

*Prognostisering*

I de fall inledande beräkningar visar att dränerade hållfasthetsegenskaper är avgörande för den kritiska glidyten i en sektion ska prognostisering av maximala porvattentrycksnivåer utifrån referensrör från SGU tas fram med återkomsttid 100 år. (Svensson & Sällfors, 1985)

*Förändring vid avlastningsschakt*

Vid åtgärdsberäkningar ska hänsyn tas till att portrycksfördelningen även på lång sikt kan förändras ganska mycket vid avlastning. Vid avlastningsschakt under befintlig grundvattenytas trycknivå sänks grundvattenytan till den nya markytan och portrycksgradienten ökar något och möter tidigare vald portrycksmodell på visst djup. Djupet är bland annat beroende av avlastningens storlek.

## 4.7 Beräkningar

Utifrån beräknade sektioner ska bedömning av stabilitetsförhållanden inom hela utredningsområdet kunna göras. Såväl förväntad utbredning av primär- och sekundärskred som möjliga och omfattning av eventuella åtgärder ska klargöras.

### 4.7.1 Beräkningsmetod

Totalsäkerhetsmetoden ska användas vid samtliga beräkningar som avser befintliga förhållanden och kontrollberäkningar av möjliga stabilitetsåtgärder.

Partialkoefficientmetoden kan vara aktuell att använda vid beräkning av lokal stabilitet för ny bakslänt vid avlastningsschakt eller för utlagd tryckbanks front.

Stabiliteten ska beräknas i såväl odränerad som kombinerad analys.

### 4.7.2 Krav på säkerhetsfaktorer

Framräknade säkerhetsfaktorer ska jämföras med värden enligt tabell 4.2 i IEG 4:2010 (IEG, 2010).

Bedömningen av gynnsamma och ogynnsamma förhållanden ska sammanställas och utgöra underlag för motivering vid val av erforderliga säkerhetsfaktorer.

Vid beräkning av lokalstabilitet i anslutning till förslag till förstärkningsåtgärd med partialkoefficientmetoden gäller säkerhetsfaktorer enligt tabell 4.1 i IEG 6:2008 (IEG, 2008) vid både detaljerad och fördjupad utredning. För SK3 gäller  $F_{EN} \geq 1,1$  och för SK2 gäller  $F_{EN} \geq 1,0$ .

### 4.7.3 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys ska utföras för kontroll av hur förändring av en enskild parameter påverkar beräknad säkerhetsfaktor, alltså en analys av jordmodellens känslighet med avseende på en osäker parameter.

Det är vid känslighetsanalys ointressant hur stor förändring av respektive parameter som väljs eftersom kontrollen enbart är till för att påvisa om det är värt att undersöka en parameter mer i detalj eller om hänsyn till en osäkerhet behöver tas vid en eventuell dimensionering. Urval av beräkningssektioner och val av parametrar för känslighetsanalys görs i samråd med beställaren.

De parametrar som vanligtvis är aktuella för känslighetsanalys vid stabilitetsanalys utmed Göta älv presenteras nedan ihop med förslag på förändring av parametern.

#### *Uppfyllnad*

För områden utan detaljplan, beroende på markanvändning, utförs känslighetsanalys för markjusteringar avseende utbredd last på 10 kPa/m där en sådan är ogynnsam.

#### *Portrycksökning*

För valda beräkningssektioner ska en känslighetsanalys utföras avseende förhöjda portryck om 10 kPa genom hela lerlagret.

*Erosion*

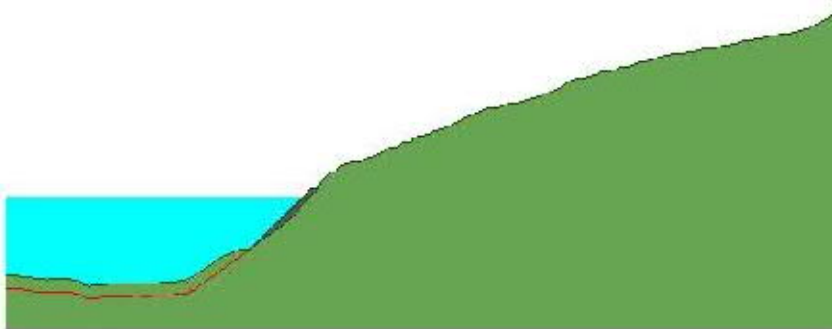
Känsligheten för erosion av slänter och botten under farleden ska studeras genom att de ursprungliga nivåerna generellt sänks med 1 och 2 meter (två fall) och genom en anpassning till befintliga nivåer. De olika typsektionerna utgörs av slänter med eller utan undervattenshylla och med eller utan erosionsskydd i vattenbrynet. Typsektionerna och de geometriska förändringarna som ska studeras framgår av Tabell 4.4 och av Figur 4-3 till Figur 4-8.

De geometriska förändringarna är schematiska och anpassning till förhållanden i aktuell sektion kan bli nödvändig. Befintliga erosionsskydd antas utgöra ett skydd mot erosion i vattenbrynet. Ingen erosion ovan vattenlinjen antas uppstå i dessa fall.

Tabell 4.4. Indelning i typsektioner och geometriska förändringar på grund av erosion av dessa (jämför även Figur 4-3 till Figur 4-8).

Typsektion	Geometriska förändringar av erosion
A1 – Slänt utan undervattenshylla, med erosionsskydd i vattenbrynet	Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Ingen erosion vid underkant erosionsskydd. Slänt eroderas från underkant erosionsskydd med triangulär fördelning mot djupet ned till farledens botten (efter erosion). Ingen förändring av geometrin för slänt vid eller ovanför erosionsskyddet.
A2 – Slänt utan undervattenshylla och utan erosionsskydd i vattenbrynet	Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Slänt eroderas horisontellt med 1 och 2 m vid vattenbrynet med anpassning till farledens botten (efter erosion). Slänt ovanför vattenytan ges lutningen 32 grader och med vidare anslutning till befintlig släntlutning.
B1 – Slänt med undervattenshylla och erosionsskydd i vattenbrynet	Två alternativ föreslås (B1-1 respektive B1-2). För vissa sektioner beräknas endast den ena och för vissa kan båda alternativen bli aktuella. Typsektion B1-1 Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Slänt mellan undervattenshylla och botten i farleden eroderas vertikalt med 1 och 2 m. Undervattenshyllan eroderas med triangulär fördelning från land mot hyllans släntkrön (efter erosion). Ingen erosion vid erosionsskydd. Ingen förändring av geometrin för slänt ovanför erosionsskyddet. Typsektion B1-2 Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Ingen erosion vid undervattenshyllans släntkrön. Triangulär fördelning mot djupet ned till farledens botten (efter erosion). Ingen förändring av geometrin på undervattenshylla eller för slänter över vattenytan
B2 – Slänt med undervattenshylla, utan erosionsskydd i vattenbrynet	Två alternativ föreslås (B2-1 respektive B2-2). För vissa sektioner beräknas endast den ena och för vissa kan båda alternativen bli aktuella. Typsektion B2-1 Botten i farleden sänks 1 och 2 m. Slänt mellan undervattenshylla och botten i farleden samt undervattenshyllan eroderas vertikalt 1 och 2 m. Slänt vid vattenbrynet eroderas horisontellt med 1 och 2 m med vidare anpassning till släntfot.

	<p>Slänt ovan vattenbrynet ges lutningen 32 grader och med vidare anpassning till befintlig släntlutning.</p> <p>Typsektion B2-2</p> <p>Botten i farleden sänks 1 och 2 m.</p> <p>Ingen erosion vid undervattenshyllans släntkrön.</p> <p>Triangulär fördelning mot djupet ned till farledens botten (efter erosion).</p> <p>Ingen förändring av geometrin på och ovan undervattenshyllan eller för slänter över vattenytan.</p>
--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

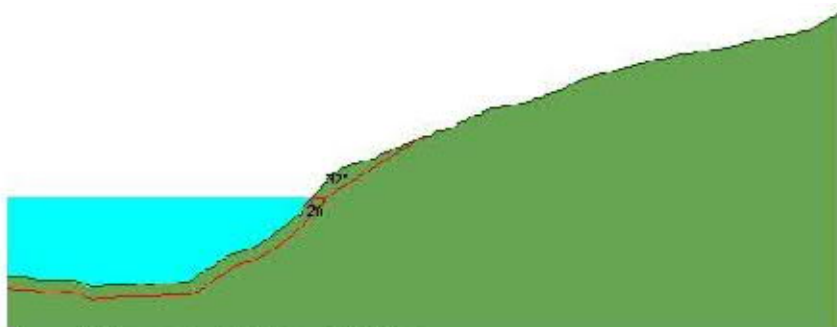


Exempel från sträckan Trollhättan-Lilla Edet



Exempel från sträckan Lilla Edet-Bohus

Figur 4-3. Geometriska förändringar för typsektion A1 (slänt utan undervattenshylla med erosionskydd).

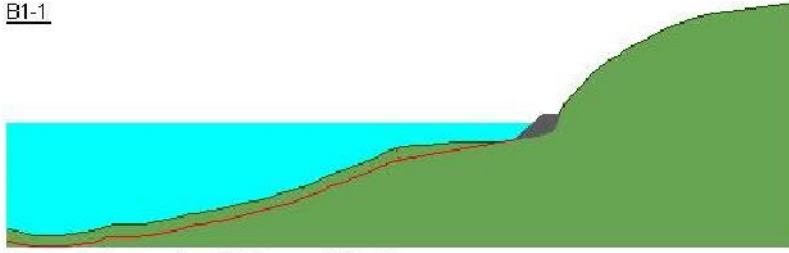


Exempel från sträckan Trollhättan-Lilla Edet



Exempel från sträckan Lilla Edet-Bohus

Figur 4-4. Geometriska förändringar för typsektion A2 (slänt utan undervattenshylla och utan erosionskydd).

B1-1

Exempel från sträckan Trollhättan - Lilla Edet



Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4-5. Geometriska förändringar för typsektion B1 (slänt med undervattenshylla och med erosionsskydd, alternativ B1-1).

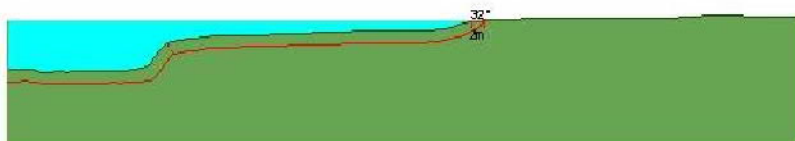
B1-2

Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4-6. Geometriska förändringar för typsektion B1 (slänt med undervattenshylla och med erosionsskydd alternativ B1-2).

B2-1

Exempel från sträckan Trollhättan - Lilla Edet



Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4-7. Geometriska förändringar av typsektion B2 (slänt med undervattenshylla utan erosionsskydd) alternativ B2-1.

B2-2

Exempel från sträckan Bohus-Marieholm

Figur 4-8. Geometriska förändringar för typsektion B1 (slänt med undervattenshylla och med erosionsskydd) alternativ B2-2.



## 4.8 Skredutbredning

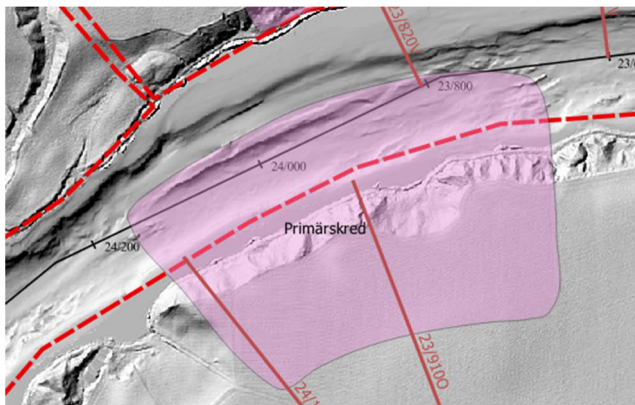
I områden med förutsättningar för kvicklera ska CPTu-R-sonderingar utföras inklusive registrering av totalt nedrivningsmotstånd enligt GÄU Delrapport 32 (SGI, 2012). Förekomst av kvicklera ska verifieras med bestämning av sensitiviteten på upptagna ostörda prover.

Värden på sensitivitet och omrörd skjuvhållfasthet från rutinundersökningar ska sammanställas med resistivitet och utvärderad mantelfriktion från sonderingar, med hjälp av Bilaga 3 Utvärdering kvicklera CPTu och Tr.

Denna sammanställning görs för att kartlägga områden med kvicklera ( $St > 50$ , omrörd skjuvhållfasthet  $< 0,4$  kPa).

Bedömd skredutbredning för primärskred och eventuella sekundärskred ska redovisas i plan, i PM Geoteknik eller som bilaga. Den markerade ytan ska omfatta hela glidytan, även ut i älven, se Figur 4.9. Sekundär skredutbredning redovisas i de fall säkerhetsfaktorn för totalsäkerhetsmetoden understiger kraven. Bedömning av sekundär skredutbredning utförs enligt SGI Varia 638 Modifiering av metoder använda inom Göta älvtredningen kapitel 5.3.3 (SGI, 2012).

Bakåtgripande skred i områden med extrem kvicklera, där sensitiviteten generellt är högre än 200, ska förutsättas kunna sträcka sig till fastmark förutsatt att utbredningen av extrem kvicklera inte kan avgränsas.



Figur 4.9. Illustration av primärskred.

## 4.9 Dokumentation och leverans

Dokumentation av uppdragsresultat ska följa DGA00XST02 - Anvisningar för dokumenthantering (SGI, 2023), med avseende på namnkonvention, filformat och mappstruktur.

I leveranskontrollen undersöks att samtliga filer levererats och att de är i rätt fil-format.

### 4.9.1 Granskningshandling

Granskningshandling ska omfatta:

- MUR inklusive bilagor (pdf)
- PM inklusive bilagor (pdf)
- Signerad och daterad egenkontroll
- Handlingsförteckning över allt som kommer att ingå i slutleveransen med redovisning av namn, innehåll och format

### 4.9.2 Slutleverans

Slutleveransen ska omfatta:

- MUR inklusive bilagor (pdf)
- PM inklusive bilagor (pdf)
- Signerad och daterad egenkontroll
- Handlingsförteckning (pdf) med redovisning av namn, innehåll, format och datum
- Originalformat på samtliga filer (exempelvis Word, Excel, AutoCAD, Slope/W, Conrad)
- Kompletta GeoSuite-databas
- GIS-underlag

I leveranskontrollen undersöks att samtliga filer levererats och att de är i rätt fil-format.

### 4.9.3 Geosuite-databas

Efter godkänd slutleverans ska uppdragets Geosuite-databas laddas upp på Branschens Geotekniska Arkiv (BGA). Databasen ska då endast innehålla nya undersökningspunkter, samt utvalda relevanta arkivpunkter som inte har digitaliserats tidigare. På <http://bga.swedgeo.se/bga/> finns en manual för uppladdning.

### 4.9.4 GIS-underlag

GIS-data som efterfrågas ska levereras i SHP (sex shapefiler) eller ett ESRI FGDB (ArcMap 10.5.1) eller ett geopackage (.gpkg) med tillhörande hjälpfiler. Projektion ska vara SWEREF99TM.

Höjdsystem ska vara RH2000. Filkodning ska vara UTF-8. För stabilitetsutredningar levereras material med geometri och attribut enligt Tabell 4.6.

Tabell 4.5 Förteckning över GIS-lager, geometri och attribut som ska levereras i stabilitetsutredningar.

Lager	Geometri	Attribut	Format	Exempel																
"Undersökningsområde" (Undersökningsområde)	Polygon**	"namn" (namn på delområde) "utrniva" (utredningsnivå för område)	String String	<table border="1"> <thead> <tr> <th>namn</th> <th>utrniva</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ballsered</td> <td>Fördjupad</td> </tr> </tbody> </table>	namn	utrniva	Ballsered	Fördjupad												
namn	utrniva																			
Ballsered	Fördjupad																			
"Sektioner" (Beräkningssektioner*)	Linje	"namn" (namn på sektion)	String	<table border="1"> <thead> <tr> <th>namn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>77/010V</td> </tr> </tbody> </table>	namn	77/010V														
namn																				
77/010V																				
"Beräkningsresultat" (säkerhetsfaktorer*)	Punkt	"id" (unik ID) "sektion" (namn på sektion) "typ" (typ av analys) "faktor" (säkerhetsfaktor)	String String String Numerisk	<table border="1"> <thead> <tr> <th>id</th> <th>sektion</th> <th>typ</th> <th>faktor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23300KX</td> <td>22850OR</td> <td>Kombinerad</td> <td>1,50</td> </tr> <tr> <td>23380K13</td> <td>22850OR</td> <td>Odränerad</td> <td>1,50</td> </tr> </tbody> </table>	id	sektion	typ	faktor	23300KX	22850OR	Kombinerad	1,50	23380K13	22850OR	Odränerad	1,50				
id	sektion	typ	faktor																	
23300KX	22850OR	Kombinerad	1,50																	
23380K13	22850OR	Odränerad	1,50																	
"Åtgärdsförslag" (Utbredning av föreslagen åtgärd)	Polygon**	"namn" (delområde) "atgard" (typ av åtgärd) "volym" (volym i m <sup>3</sup> ) "djup" (djup i meter)	String String Numerisk Numerisk	<table border="1"> <thead> <tr> <th>namn</th> <th>atgard</th> <th>volym</th> <th>djup</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ballsered</td> <td>Avschaktning</td> <td>47000</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Kraftverket-Eilbo</td> <td>Tryckbank</td> <td>37000</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Kraftverket-Eilbo</td> <td>KC-pelare</td> <td>37500</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	namn	atgard	volym	djup	Ballsered	Avschaktning	47000	4	Kraftverket-Eilbo	Tryckbank	37000		Kraftverket-Eilbo	KC-pelare	37500	
namn	atgard	volym	djup																	
Ballsered	Avschaktning	47000	4																	
Kraftverket-Eilbo	Tryckbank	37000																		
Kraftverket-Eilbo	KC-pelare	37500																		
"Kvicklera" (Bedömd utbredning av kvicklera i plan)	Polygon**	"namn" (delområde) "sensvt" (Sensitivitet min-max)	String String	<table border="1"> <thead> <tr> <th>namn</th> <th>sensvt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ballsered</td> <td>40-240</td> </tr> </tbody> </table>	namn	sensvt	Ballsered	40-240												
namn	sensvt																			
Ballsered	40-240																			
"Skredutbredning" (Bedömd skredutbredning)	Polygon**	"namn" (delområde) "typ" (typ av skred)	String String	<table border="1"> <thead> <tr> <th>namn</th> <th>typ</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ballsered</td> <td>Primärskred</td> </tr> <tr> <td>Ballsered</td> <td>Sekundärskred</td> </tr> </tbody> </table>	namn	typ	Ballsered	Primärskred	Ballsered	Sekundärskred										
namn	typ																			
Ballsered	Primärskred																			
Ballsered	Sekundärskred																			

\*) Se exempel i figur 4-10.

\*\*) Polygoner ska vara icke överlappande polygoner.



Figur 4-10. Beräkningssektion inklusive markering av glidyornas bakre skärningspunkt för beräknade säkerhetsfaktorer. Blå punkt och siffra avser kombinerad analys, svart kvadrat och siffra avser odränerad analys.

#### 4.9.5 Språk

Alla rapporter som produceras på beställning av SGI blir offentliga handlingar. Myndigheter har ett uttalat ansvar att använda ett så enkelt språk som möjligt. Även i tekniska rapporter ska därför förkortningar förklaras, figur- och tabellbeskrivningar ska vara utförliga och uttömmande så att innehållet kan förstås utifrån beskrivningstexten.

Det är viktigt att vara konsekvent i användningen av tekniska termer. För underlätta detta rekommenderar SGI följande formuleringar relaterade till geotekniska stabilitetsutredningar:

- Använd orden **utredning** eller **uppdrag** där lämpligt (ej projekt)
- Totalsäkerhets**metoden**, partialkoefficient**metoden**
- Odränerad **analys**, kombinerad **analys**
- Använd begreppet **skredutbredning**, samt **primär** respektive **sekundär skredutbredning** (ej exempelvis skredzon eller skredområde)
- Spetstryckssondering kan förkortas CPTU respektive CPTU-R då resistivitetmätning utförts.

För god läsbarhet bör stycken inte vara för långa, styckeindela efter principen "ny tanke = nytt stycke".

Håll ihop stycken med funktionen *Stycke – Håll ihop med nästa* i Word för att undvika enstaka rader text först eller sist på en sida. Även kapitelrubriker, inledande text till punktlister, tabeller och figurer ska hållas ihop med nästa stycke.

#### 4.9.6 MUR Geoteknik

MUR Geoteknik ska upprättas enligt IEG Rapport 4:2008, rev 1 (IEG, 2008). Extra fokus ska vara på:

- Kalibreringsdokumentation för bl.a. CPTu samt R-modul
- Grundparametrar mot nivå och djup
- Skjuvhållfasthet sammanställning mot nivå och djup
- Conradutvärderingar
- Deformationsegenskaper
- Portrycksmätningar mätserier diagram, grundvattenrör om sådana finns
- Vingförsök rådata
- Bilaga med sammanställning av datum för upptagning av ostörda prover och försök
- Okulärbesiktning och kartering erosionsskydd
- Kartering av berg i dagen
- Provkvalitet diagram, om CRS-försök har utförts, och kommentarer till resultat om sådana finns/behövs
- Ev. foton och observationer från platsbesök om sådana finns, datum och fotoriktning ska framgå

Underrapporter (Fältrapport, Laboratorierapport, Försöksrapport/Fält, Försöksrapport/Lab) är valfria, det viktiga är att all relevant information finns med på ett tydligt sätt samt det framgår i MUR Geoteknik i vilken bilaga eller underrapport den kan hittas.

Relevant information från utförd arkivsökning ska arbetas in, men tydligt särskiljas, i MUR. För benämning av tidigare utförda undersökningspunkter, se DGA00XST02 - *Anvisningar dokumenthantering* (SGI, 2023). För äldre undersökningar som inte finns tillgängliga digitalt (som geosuitedata) ska det bifogas en bilaga till MUR med inscannade ritningar över undersökningarnas läge i plan samt borrhålsprofiler med sonderingsmotstånd.

Foton ska innehålla koordinatposition och fotoriktning i metadata.

Om erosionsskydd förekommer ska dessa mätas in, fotodokumenteras och beskrivas med avseende på fraktion, skick mm.

I fält och laboratorium uppmätta parametrar sammanställs i MUR med hjälp av bilagda Excelverktyg, se Bilagor 1 - 4. Värderna som bedöms felaktiga ska kommenteras och rensas bort så att de inte redovisas i sammanställningen i MUR.

Den från ödometerförsöken utvärderade deformationen vid förkonsolideringsspanningen ska sammanställs borrhålsvis enligt Figur 4a i SGI Information 3 (SGI, Chalmers tekniska högskola, 2007). Redovisning sker som bilaga till MUR och resultatet ska kommenteras under kapitel "värdering av undersökning" med en teori om förklaringar till avvikande provkvalitet.

Resultat från kvalificerade laboratorieresultat CRS-försök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök ska dels levereras uppritade i protokoll i pdf-format, dels levereras som värden i excel-format så att försöken kan ritas upp i senare skeden. Följande parametrar ska levereras i excel-format:

- CRS-försök: tid (s), spänning (kPa), töjning (%), portryck (kPa), tangent-modul (MPa), permeabilitet (m/s), konsolideringskoeff (m<sup>2</sup>/s)
- Direkt skjuvförsök: tid (s), skjuvspänning (kPa), skjuvdeformation (rad)
- Triaxialförsök: tid (s), effektiv axial spänning (kPa), axial töjning (%), effektiv radiell spänning (kPa), skjuvspänning (kPa), medelspänning/effektiv axial spänning (-)

#### 4.9.7 PM Geoteknik

Följande ska ingå i PM Geoteknik:

- Förord från SGI
- Valda grundparametrar samt motivering till valen.
- Sammanställning skjuvhållfasthet inklusive vald skjuvhållfasthet
- Valda parametrar för totalsäkerhetsmetoden
- Vald portrycksprofil
- Beräkningar för samtliga sektioner
  - Odränerad analys
  - Kombinerad analys
  - Känslighetsanalys
  - Eventuella åtgärdsförslag inkl. kontroll av lokalstabilitet med partialkoefficientmetoden
- Avgränsningar som gjorts eller inte gjorts avseende stabiliteten i området
- Spänningsanalys med valt förkonsolideringstryck
- Utvärdering av kvicklera samtliga metoder per borrhål (enligt SGI-mall)
- Bedömd utbredning av kvicklera i plan

- Plan som visar primär respektive eventuell sekundär skredutbredning
- Åtgärdsförslag om stabiliteten ej är tillfredställande för aktuell utredningsnivå
- Eventuellt förslag på vidare utredning

En godtagbar kvalitet på PM förutsätter att beskrivningen av utredningens genomförande, ställningstaganden, beräkningar, sammanfattning och slutsatser är väl underbyggd samt utförligt och tydligt beskriven.

I PM ska endast de värden som beaktas för val av parametrar redovisas. Samtliga parameterintervall ska motiveras, antingen direkt i PM Geoteknik, eller som en separat bilaga, se exempel på bilaga Jordmodell i Bilaga 7.

Det ska framgå vilket delområde som representeras av respektive beräkningssektion. Det ska tydligt motiveras varför en beräkningssektion är placerad i det aktuella läget.

Erhållna kritiska och andra relevanta glidytor, exempelvis för undervattensslänter, ska redovisas som figurer i PM Geoteknik. Om glidyterna för den odränerade och den kombinerade analysen ser olika ut för samma beräkningssektion ska figurer på båda beräkningarna inkluderas i resultatkapitlet.

Vald tillväxt av porvattentryck mot djupet genom lerlagret ska motiveras och redovisas grafiskt mot uppmätta grund- och porvattentryck samt relativt vattenstånd i Göta älv.

Bedömd utbredning av kvicklera ska redovisas i plan, i PM Geoteknik eller som bilaga, samt i beräkningssektioner.

Eventuella anisotropi-funktioner som nyttjas ska beskrivas i PM Geoteknik, tillsammans med de laboratorieresultat som stödjer vald funktion. Om mer än en anisotropi-funktion nyttjas för de olika beräkningssektionerna ska aktuell funktion redovisas tillsammans med övriga indata för respektive beräkningssektion.

Ett resonemang om gynnsamma och ogynnsamma förhållanden, enligt Tabell 4.1.a-i i (IEG, 2010), ska redovisas i PM Geoteknik. Beroende av utredningsområdet storlek och homogenitet ska detta göras för hela området eller för varje delområde.

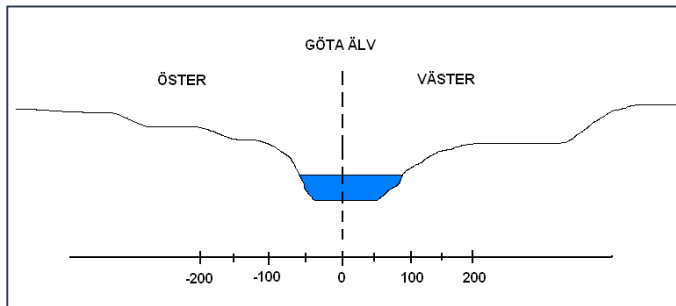
#### 4.9.8 Ritningar

Skalor, format, namnsättning m.m. ska följa PM Dokumenthantering DGA00XST02 - PM dokumenthantering (SGI, 2023).

Nya och relevanta tidigare utförda undersökningspunkter inom relevant område ska redovisas enligt SGF/BGS Beteckningssystem version 2001:2 (SGF; Byggnadsgeologiska Sällskapet, 2001).

Erosionsskydd i inmätt sektion redovisas med avseende på läge och utbredning samt fraktion. Älven redovisas med raster. Strandlinjer markeras med heldragen linje. Sektioner ska redovisas i älvens flödesriktning, det vill säga med väster mot höger på ritningen, se Figur 4-10. Samma princip gäller för biflöden.

Sidomått ska redovisas på sektioner och utgå från projektets längdmätning i älven med 0 på längdmätningsslinjen och positiva värden mot höger (väster), som i Figur 4-10. Koordinat- och höjdsystem ska anges. Längdmätning tillhandhålls av SGI och är densamma som användes inom GÄU.

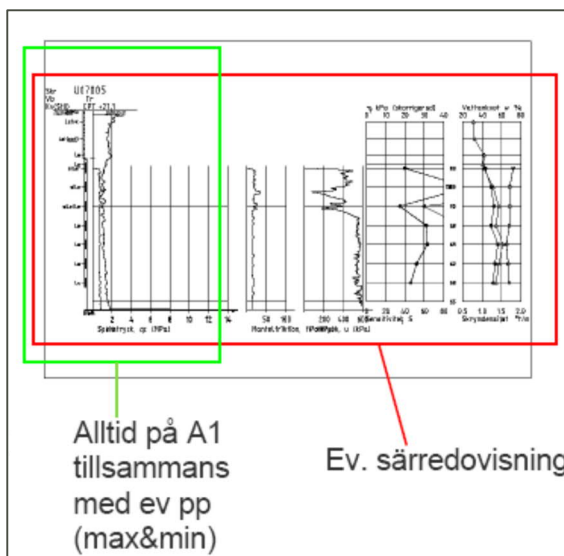


Figur 4-10 Riktning vid redovisning i sektion, med hänsyn till Göta älvs flödesriktning.

Samtliga geotekniska undersökningar i en undersökningssektion ska om möjligt redovisas i samma ritning. Vid korta sektioner och vid omfattande undersökningar kan det dock bli trångt och svåröverskådligt vid sektionredovisningen. I dessa fall bör hänvisningspilar undvikas och särredovisning tillämpas.

Lab-diagram från kolvprovtagningar samt mantelfriktion och portryck från CPTU-sonderingar kan utelämnas och redovisas separat. Den separata redovisningen ska innehålla komplett borrhål med samtliga utförda sonderingar och provtagningar.

Provtagningsnivåer och jordartsbenämningar från kolvprovtagning respektive spetstryck från CPTU-sondering ska dock alltid framgå av sektioneritningarna, se exempel i Figur 4-11.



Figur 4-11 Exempel på CPTu-sondering, där mantelfriktion och portryck kan särredovisas. Spetstryck redovisas alltid i sektionsriktning.

#### 4.9.9 Beräkningar

Samtliga beräkningar ska redovisas i sin helhet i en eller flera bilagor i PM Geoteknik. Tabell 4.6 anger obligatoriska komponenter i den grafiska redovisningen av stabilitetsberäkningarna och kan användas som checklista.

I beräkningarna ska det tydligt framgå vilka trycknivåer som använts och dess variation med djupet. Detta redovisas med ekvipotentiallinjer för trycken där steget mellan varje isobar uppgår till 10 kPa. Isobarerna ska täcka hela beräkningssektionen.

Tabell 4.6 Obligatoriska komponenter för grafisk redovisning av stabilitetsberäkningar.

Komponent, delkomponent	Förklaring
<b>Jordlager</b>	
Lagerindelning	Namngivna jordlager.
Kvicklera	Vid förekomst av kvicklera i beräkningssektion ska bedömd utbredning redovisas i beräkningen, exempelvis genom en skrafferad polygon.
Nyttjade borrhål, läge och beteckning	Om lämpligt med hänsyn till skala och läsbarhet kan geosektion i dxf-format ligga som bakgrund, annars ska borrhålen ritas in.
Vald jordmodell	För samtliga jordlager.
Materialparametrar	För samtliga jordlager.
Anisotropi	Om anisotropi nyttjas ska det och aktuell funktion framgå samt hur den modelleras
<b>Laster</b>	
Placering och utbredning	Text som beskriver vad lasten avser.
Värde i kPa eller kN	Enhet ska anges.
<b>Portryck</b>	
Vald portrycksmodell	Vid antagande om icke hydrostatisk portrycksprofil ska använd profil framgå separat. Detta redovisas med ekvipotentiallinjer för trycken där steget mellan varje isobar uppgår till 10 kPa.
Grundvattenytans läge	
Nivå yttre vattenstånd (Göta älv)	Nivå anges i höjdsystem RH2000. Det ska anges vad vattennivån motsvarar för antagande.
<b>Glidytor och säkerhetsfaktorer</b>	
	Endast relevanta glidytor ska redovisas. Om en mycket liten glidyta inkluderas ska dess relevans kommenteras i text.
Farligaste glidyta, älvslänt	Säkerhetsfaktor anges med två decimaler.
Farligaste glidyta, undervattenslänt	Säkerhetsfaktor anges med två decimaler.
Säkerhetsfaktorns variation - "Safety map" - variation längs x-axel	Säkerhetsfaktorernas variation längs slänten och bortom denna ska anges. Variationerna ska delas in i följande intervall: 1,1–1,3; 1,3–1,5; 1,5–2,0; 2,0–2,5 (kombinerad analys). För odränerad analys redovisas även intervallet 2,5–3,0.
Risk för bakåt- eller framåtgripande skred	Om relevanta glidytor (de inom redovisade intervall) skär genom områden med kvicklera ska den bortre skärningspunkten ritas ut. Intervall för säkerhetsfaktorn för glidytor som skär kvicklereområdet ska framgå.



Komponent, delkomponent	Förklaring
<b>Stämpel- /dokumentidentifiering</b>	
Vald beräkningsmodell	Ex. Morgenstern-Price.
Objektnamn	
Beräkningssektion	Enligt väglinje Göta älv.
Utförd metod	Totalsäkerhetsmetoden eller partialkoefficientmetoden
Utförd analys	Odränerad eller kombinerad analys.
Datum	Format ÅÅÅÅ-MM-DD.
Filnamn	Enligt DGA00XST02 - Anvisningar för dokumenthantering (SGI, 2023).
<b>Skapad av</b>	
<b>Företag och ansvarig</b>	
<b>Övrigt</b>	
Axlar; längdskala x och nivå y	Titel och enhet samt höjdsystem.
Skalstock	
Skala och format	Skala och pappersformat i modellen.
<b>Resultatgrafer</b>	Vid genomgång och granskning av stabilitetsberäkningar är det ofta av kvalitetsskäl väsentligt att studera vissa parametrars förändring längs glidytan. Följande parametrar ska redovisas i grafer tillsammans med stabilitetsberäkningarna:
Portryck	Graf där y-axeln utgörs av parameterns värde i angiven enhet och x-axeln motsvarar glidytagens längd i meter.
Skjuvkraft	Se ovan.
Normalkraft	Se ovan.
Kohesion	Graf där y-axeln utgörs av parameterns värde i angiven enhet och x-axeln motsvarar glidytagens längd i meter. Alternativt kan glidytan redovisas uppdelad i de odränerade respektive dränerade delarna.
Friktionsvinkel	Se ovan.

## 5. Kompletterande utredningar

Utifrån resultaten i en fördjupad utredning kan kompletterande utredningar behöva göras. De kompletterande utredningarna är exempelvis:

- projekteringsförutsättningar geoteknik,
- sannolikhetsberäkningar,
- procentuell förbättring.

I följande kapitel beskrivs anvisningar för respektive typ av kompletterande utredning.

### 5.1 Projekteringsförutsättningar geoteknik

#### 5.1.1 Omfattning

Inom ramen för en fördjupad stabilitetsutredning, där beräknad säkerhetsfaktor inte uppfyller kraven, ska åtminstone en genomförbar åtgärd kunna kontrolleras och beskrivas. Vanligtvis räcker dock inte underlaget i den fördjupade utredningen till att i detalj fastställa åtgärdens utbredning, kostnad samt omgivningspåverkan. Det är också vanligt att det är först efter val av åtgärd som det är möjligt att bedöma kompletterande utredningsbehov för att utreda och bestämma geotekniska projekteringsförutsättningar.

Vid kompletterande utredning för dimensionering av åtgärd och framtagande av projekteringsförutsättningar ska kompletterande undersökningar, beräkningar och bedömningar utföras i sådan omfattning att följande fastställs:

- Val av åtgärd
- Åtgärdens utbredning
- Omgivningspåverkan i såväl permanent- som byggskedet
- Mängder och kostnadskalkyl
- Underlag för klimatpåverkanskalkyl (SGI, 2022)
- Underlag för kontrollprogram

#### 5.1.2 Genomförande, förutsättningar och krav

##### *Kompletterande undersökningar*

De undersökningar som utredningen behöver kompletteras med utförs enligt styrande dokument angivna i tabeller under avsnitt 4.3.2 respektive 4.4.1.

##### *Utvärdering av parametrar*

Upprättade sammanställningar av jordparametrar och portryck i den fördjupade utredningen kompletteras med nya undersökningsresultat och rensas från resultat från undersökningspunkter som inte är relevanta och ligger utanför området som berörs av åtgärden.

### *Beräkningar för permanentsskedet*

Stabilitetsberäkningar för dimensionering av förstärkningsåtgärden utförs med totalsäkerhetsmetoden i både odränerad och kombinerad analys.

Åtgärder ska uppfylla  $F_c \geq 1,4$  och  $F_{\text{komb}} \geq 1,3$  i permanentsskedet.

Permanent förstärkningsåtgärd ska dimensioneras för en teknisk livslängd på 80 år, avseende klimat år 2100, om inte beställaren anger annat.

Om utförd känslighetsanalys visar att stabiliteten påverkas av erosion ska förstärkningsåtgärden dimensioneras för prognosticerad erosion för 2100. Erosionen kan bedömas utifrån att extrapolera differensen mellan resultat från batymetri utförd år 2018 och 2009 respektive år 2020 och 2009. Om det är möjligt att lägga ut erosionskydd behöver ingen hänsyn tas till erosion.

Om känslighetsanalys utförd i den fördjupade utredningen visar att jordmodellen påverkas av portryckshöjning ska prognostisering av maximala porvattentrycksnivåer utifrån referensrör från SGU tas fram med återkomsttid 80 år.

### *Beräkningar för byggskedet*

Beräkningar utförs i sådan omfattning att det framgår vilken säkerhetsfaktor som råder under samtliga arbetsmoment i byggskedet. I beräkningar för byggskedet behöver inte hänsyn till framtida klimat tas. Beräkningsresultaten ska ligga till grund för beslut om erforderliga kontroller under byggskedet samt utgöra underlag för beslut om lämplig arbetsgång.

Om beräknad säkerhet för befintliga förhållanden underskrider kraven för permanentsskedet, får stabiliteten inte försämrats under byggskedet.

### *Kontrollprogram*

Behovet av uppföljning och kontroll avseende geotekniska risker kan behövas för såväl permanent- som byggskedet. Vid utredning av kontrollprogram för permanentsskedet kan följande vara aktuellt att beakta:

- Sättningar hos gator, ledningar och byggnader
- Permanent grundvattenpåverkan
- Ändrade avrinningsförhållanden på grund av åtgärden som leder till erosion

Vid utredning av kontrollprogram för byggskedet kan följande vara aktuellt att beakta:

- Sättningar hos gator, ledningar och byggnader
- Temporär grundvattenpåverkan
- Risk för yterosion av öppna schaktslänter
- Markrörelser på grund av skred, massundanträngning och portrycksökning
- Nedsatt skjuvhållfasthet i leran på grund av installation av KC-pelare, pålar
- Andra pågående arbeten i närområdet som kan påverka stabiliteten negativt

Dels ska utredning visa vilka parametrar och förutsättningar som behöver kontrolleras dels ska lämpliga metoder, mätintervall samt larm- och gränsvärden föreslås.

### *Mängder och kostnadskalkyl*

Förutom detaljerade beräkningar av mängder för schakt- och fyllnadsarbeten, kc-pelare eller annan förstärkningsåtgärd ska erforderliga bygg- och transportvägar samt åtgärder för mellanlagring av massor och andra kostnadsposter förknippade med byggskedet mängdas och beskrivas.

#### **5.1.3 Dokumentation och leverans**

##### *MUR Geoteknik*

En separat MUR Geoteknik upprättas för området som kan beröras av förstärkningsåtgärden. Rapporten ska utföras enligt IEG Rapport 4:2008, rev 1 (IEG, 2008).

##### *Projekterings-PM Geoteknik*

I projekterings-PM beskrivs det geotekniska utredningsarbetet inklusive ställningstaganden och bedömningar som lett fram till slutligt val av åtgärd samt utformning av den.

Minst följande punkter ska ingå:

- Beskrivning av, och motiv för, vald jordmodell utifrån sammanställningar.
- Beskrivning av antagna laster samt prognosticerad erosion och portryck.
- Om erosionskydd behövs ska detta beskrivas i åtgärdsförslaget.
- Beskrivning av beräkningsanalysen inklusive resultaten.
- Motiv för vald åtgärd.
- Redovisning av åtgärdens utbredning och omfattning.
- Mängder och kostnadsuppskattning.
- Förslag på arbetsordning vid genomförande.
- Förslag på kontrollprogram för genomförande.
- Förslag på vilka projekteringsförutsättningar avseende geoteknik som bör gälla vid projekteringen.

## **5.2 Procentuell förbättring**

### **5.2.1 Omfattning**

Ibland innebär åtgärden som krävs för att uppfylla  $F_C \geq 1,4$  och  $F_{komb} \geq 1,3$  orimligt stora ingrepp i naturvärden och/eller i befintlig markanvändning alternativt en betydligt större kostnad än vad som går att motivera samhällsekonomiskt. Då kan dimensionering av åtgärd genom beaktande av procentuell förbättring av säkerhetsfaktor enligt kapitel 4.5.2.4 i IEG 4:2010 (IEG, 2010) övervägas.

## 5.2.2 Genomförande förutsättningar och krav

### *Beräkningar*

Stabilitetsberäkningar för dimensionering av förstärkningsåtgärden utförs med totalsäkerhetsmetoden i både odränerad och kombinerad analys.

Åtgärder ska uppfylla  $F_c$  enligt Figur 4.1a respektive  $F_{\text{komb}}$  enligt 4.1b i IEG 4:2010 vad gäller totalstabilitet. Ny slänt i bakkant av avlastningsschakt respektive ny slänt i front av tryckbank ska dock alltid uppfylla  $F_c \geq 1,4$  och  $F_{\text{komb}} \geq 1,3$  i permanentsskedet.

Permanent förstärkningsåtgärd ska dimensioneras för teknisk livslängd på 80 år, avseende klimat år 2100.

Om utförd känslighetsanalys visar att stabiliteten påverkas av erosion ska förstärkningsåtgärden dimensioneras för erosion fram till år 2100. Erosionen kan bedömas utifrån att extrapolera differensen mellan resultat från batymetri utförd år 2018 och 2009 respektive år 2020 och 2009. Som stöd kan även SGI:s erosionsprognoser studeras. Underlagen kan erhållas från SGI.

Om åtgärden innebär utläggning av erosionsskydd behöver ingen hänsyn tas till erosion.

Om känslighetsanalys utförd i den fördjupade utredningen visar att jordmodellen påverkas av portryckshöjning ska prognosticering av maximala porvattentrycksnivåer utifrån referensrör från SGU tas fram med återkomsttid 80 år.

## 5.2.3 Dokumentation och leverans

I projekterings-PM beskrivs det geotekniska utredningsarbetet inklusive ställningstaganden och bedömningar som lett fram till slutligt val av åtgärd med hänsyn till procentuell förbättring av säkerhetsfaktorn, samt utformning av åtgärden.

Följande punkter ska minst ingå:

- Beskrivning av, och motiv för, vald jordmodell utifrån sammanställningar.
- Beskrivning av antagna laster samt prognosticerad erosion och portryck.
- Om erosionsskydd behövs ska detta beskrivas i åtgärdsförslaget.
- Beskrivning av beräkningsanalysen inklusive resultaten.
- Motiv för vald åtgärd.
- Redovisning av åtgärdens utbredning och omfattning.
- Mängder och kostnadsuppskattning.

# Referenser

- Gyllenram, W. (2020). *Kontroll av framtagna vattenstånd Göta älv*. Norrköping: SMHI.
- IEG. (2008). *Rapport 4:2008 Tillämpningsdokument Dokumenthantering*. Stockholm: Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik.
- IEG. (2008). *Rapport 6:2008, Rev 1 Tillämpningsdokument EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar*. Stockholm: IEG.
- IEG. (2010). *IEG Rapport 10:2010 EN 1997-2, Dimensionering av geokonstruktioner - Del 2: marktekniska undersökningar*. Stockholm: Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik.
- IEG. (2010). *Rapport 4:2010 Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befinlig bebyggelse och anläggningar*. Stockholm: IEG.
- SGF. (1993). *Rapport 2:93 Rekommenderad standard för vingförsök i fält*. Stockholm: Svenska geotekniska Föreningen.
- SGF. (1993). *SGF Rapport 1:93 Rekommenderad standard för CPT-sondering*. Göteborg: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (1999). *SGF Rapport 2:99 Metodbeskrivning för jord-bergsondering*. Linköping: Svenska geotekniska föreningen.
- SGF. (1999). *SGF Rapport 3:99 Metodbeskrivning för viktsondering*. Göteborg: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2006). *Rapport 2:2006 Metodbeskrivning för installation av inklinmeterrör*. Stockholm: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2007). *SGF Notat*. Hämtat från [www.sgf.net](http://www.sgf.net): <http://www.sgf.net/web/page.aspx?refid=2677>
- SGF. (2009). *Rapport 1:2009, Metodbeskrivning för provtagning med standardkolvprovtagare. - Ostörd provtagning i finkorning jord*. Stockholm: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2013). *Rapport 1:2013, Geoteknisk fälthandbok*. Göteborg: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2013). *Rapport 2:2013 Fälthandbok för orendade områden*. Göteborg: Svenska Geotekniska Föreningen.
- SGF. (2017). *SGF Rapport 1:2017 Metodik för bestämning av skjuvhållfasthet i lera*. Linköping: Svenska Geotekniska Föreningen.

- SGF; Byggnadsgeologiska Sällskapet. (2001). *Beteckningssystem för geotekniska utredningar, version 2001:2*. Svenska Geotekniska Föreningen; Byggnadsgeologiska Sällskapet.
- SGI. (2012). *GÄU Delrapport 32 Hantering av kvicklereförekomst vid stabilitetsbedömning för Göta älv - Riktlinjer*. Göteborg: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2012). *Skredrisk i Göta älvdalen i ett förändrat klimat*. Göteborg: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2012). *Varia 637 Sampling in sensitive clay*. Linköping: SGI.
- SGI. (2012). *Varia 638 Modifiering av metoder använda inom Göta älvutredningen*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2015). *Information 15 CPT-sondering*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2018). *SGI Publikation 46 Metodik för kartläggning av kvicklera*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2022). *Klimatpåverkansberäkningar för stabilitetshöjande åtgärder, Version 1.0, Krav på resultatredovisning av åtgärder längs Göta älv*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI. (2023). *DGA00XST02 Anvisningar dokumenthantering. DGA00XST02 Anvisningar dokumenthantering*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SGI, Chalmers tekniska högskola. (2007). *Information 3 Skjuvhållfasthet - utvärdering i kohesionsjord*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- SIS. (2012). *S-EN ISO 22476-1:2012, Geoteknisk undersökning och provning - Fältprovning - Del 1: Spetstrycksondering med elektrisk spets, CPT och CPTU (ISO 22476-1:2012)*. Swedish Standard Institute.
- Sjöfartsverket. (den 11 04 2019). [sjofartsverket.se/](http://www.sjofartsverket.se/). Hämtat från <http://www.sjofartsverket.se/sv/Sjofart/Lotsning/Lotsomraden/Vanerns-sjotrafikomrade/Broar--slussar/>
- Svensson, C., & Sällfors, G. (1985). *Beräkning av dimensionerande grundvattentryck*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola Geohydrologiska forskningsgruppen.
- Trafikverket. (2017). *Bestämningar av odränerad skjuvhållfasthet med specialiserade metoder i praktiska tillämpningar Delrapport 4*. Göteborg: Trafikverket.
- Trafikverket. (2022). *TRVINFRA-00230 Krav Geokonstruktion, Dimensionering och utformning*. Borlänge: Trafikverket.
- Vägverket - VBg; SGI. (1990). *Info 11 Mätning av grundvattennivå och portryck*. Linköping: Statens geotekniska institut.







**STATENS  
GEOTEKNISKA  
INSTITUT**

Statens geotekniska Institut

581 93 Linköping

[www.sgi.se](http://www.sgi.se)

E post: [sgi@sgi.se](mailto:sgi@sgi.se)

Växelnr: 013-20 18 00