MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT/GEOTEKNIK

BESTÄLLARE: STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

26000VRA01
Fördjupad stabilitetsutredning Hjärtum Sörängen

UPPDRAGSNUMMER SWECO: 12706515
UPPDRAGSNUMMER SGI: 19064
DIARIENUMMER SGI: 4.2.12-1902-0153

DATUM: 2020-02-07

SWECO CIVIL AB
GÖTEBORG GEOTEKNIK

UPPDRAGSLEDARE: ANN-LOUISE ELLIOT
HANDLÄGGARE: HANNA BLOMÉN

Sweco
Skånegatan 3
411 40 Göteborg

Telefon 031-627500
www.sweco.se

Sweco Civil AB
Org.nr 556507-0868
Styrelsens säte: Stockholm

En del av Sweco-koncernen

Ändringsförteckning

VER.	DATUM	ÄNDRINGEN AVSER	GRANSKAD	GODKÄND

Innehållsförteckning

Förord från SGI .....

1 Objekt **1**

2 Ändamål och skede **2**

3 Underlag för undersökningen **2**

3.1 Tidigare utförda undersökningar 2

4 Styrande dokument **3**

5 Geoteknisk kategori **4**

6 Befintliga förhållanden **4**

6.1 Topografi & ytbeskaffenhet 4

6.2 Vattenavrinning och dränering 4

6.3 Befintliga konstruktioner 4

7 Positionering **5**

7.1 Mätningsarbeten 5

7.2 Undersökningsperiod 5

7.3 Mätingenjörer 5

7.4 Kalibrering 6

8 Geotekniska fältundersökningar **6**

8.1 Utförda fältförsök 6

8.2 Utförda provtagningar 6

8.3 Undersökningsperiod 6

8.4 Fältingenjörer 6

8.5 Kalibrering och certifiering 6

8.6 Provhantering 7

8.7 Övrigt 7

9 Geotekniska laboratorieundersökningar **7**

9.1 Utförda undersökningar 7

9.2 Undersökningsperiod 7

9.3 Laboratorieingenjörer 8

9.4 Kalibrering och certifiering 8

9.5 Provförvaring 8

10 Hydrogeologiska undersökningar **8**

10.1 Utförda undersökningar 8

10.1.1 Korttidsobservationer 11

10.1.2 Långtidsobservationer 11

10.2 Undersökningsperiod 12
10.3 Fältingenjörer 12
10.4 Kalibrering och certifiering 12

11 Härledda värden 12
11.1 Hållfasthetsegenskaper 12
11.2 Indexegenskaper mfl 13
11.3 Deformationsegenskaper 13
11.4 Hydrogeologiska egenskaper 13

12 Värdering av undersökning 13
12.1 Generellt 13
12.2 Klassning av CPT-R 14
12.3 Grundvatten och portryck 15
12.4 Härledda värdens spridning och relevans 16
12.5 Provkvalitet 16

BILAGOR

Bilaga 1	26000VRA2, Laboratorierapport
Bilaga 2	Datum för provtagning och analys
Bilaga 3	Vingförsök, rådata
Bilaga 4	Kalibreringsprotokoll
Bilaga 5	Conradutvärdering av CPT-R
Bilaga 6	Grundvattenmätningar
Bilaga 7	Portrycksmätningar
Bilaga 8	Hållfasthetsegenskaper - härledda värden
Bilaga 9	Indexegenskaper mfl – härledda värden
Bilaga 10	Deformationsegenskaper – härledda värden
Bilaga 11	Hydrogeologiska egenskaper – härledda värden
Bilaga 12	Provkvalitet enligt SGI information 3
Bilaga 13	Okulärbesiktning och kartering erosionsskydd

RITNINGAR

Beteckning	*Typ*	*Skala H/L*	*Format*
G-10-1-001	Plan	1:2000	A1
G-10-2-001	Sektion, km 25/730V	1:100/1:500	A0
G-10-2-002	Sektion, km 25/890V	1:100/1:500	A0
G-10-2-003	Sektion, km 26/100V	1:100/1:500	A0
G-10-2-004	Sektion, km 25/670VRS1	1:100/1:500	A0
G-10-2-005	Sektion, km 25/730VRS2	1:100/1:500	A0
G-10-2-006	Sektion, km 25/730VRS3	1:100/1:500	A0
G-10-6-001	Enstaka borrhål; 19SW03, 19SW10	1:100	A1

Förord från SGI

Regeringen har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att minska sannolikheten för skred i Göta älvdalen och för att underlätta det arbetet har en delegation inrättats, Delegationen för Göta älv. Delegationen består av representanter från Vänersborgs, Trollhättans, Lilla Edets, Ale och Kungälvs och Göteborgs kommuner, Länsstyrelsen Västra Götaland, Länsstyrelsen Värmland, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Sjöfartsverket, Trafikverket, Vattenfall Vattenkraft AB och SGI.

I arbetet med Delegationen för Göta älv utför SGI detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar för att klargöra stabilitetsförhållandena inom de områden som utpekats med hög- eller medelhög skredrisk inom Göta älvutredningen 2009–2012. Dessa utredningar ligger sedan till grund för beräkning av sannolikheten för skred och projektering av stabilitetshöjande åtgärder.

Stabilitetsutredningarna utförs av geotekniska konsulter på uppdrag av SGI. Då resultaten från dessa utredningar utgör underlag till fortsatt analysarbete, har SGI varit delaktiga i framtagandet av fält- och laboratorieundersökningar, val av hållfasthet, beräkningar samt redovisning av resultat. Konsulten har fått uppdraget att i möjligaste utsträckning ta fram en trolig skjuvhållfasthet inför beräkningarna. Dessa utredningar redovisar därmed inte slutgiltiga bedömningar av stabilitetsförhållandena, sannolikheten för skred eller vilka åtgärder som kommer att utföras för aktuellt område.

Sekretariat till Delegation för Göta älv

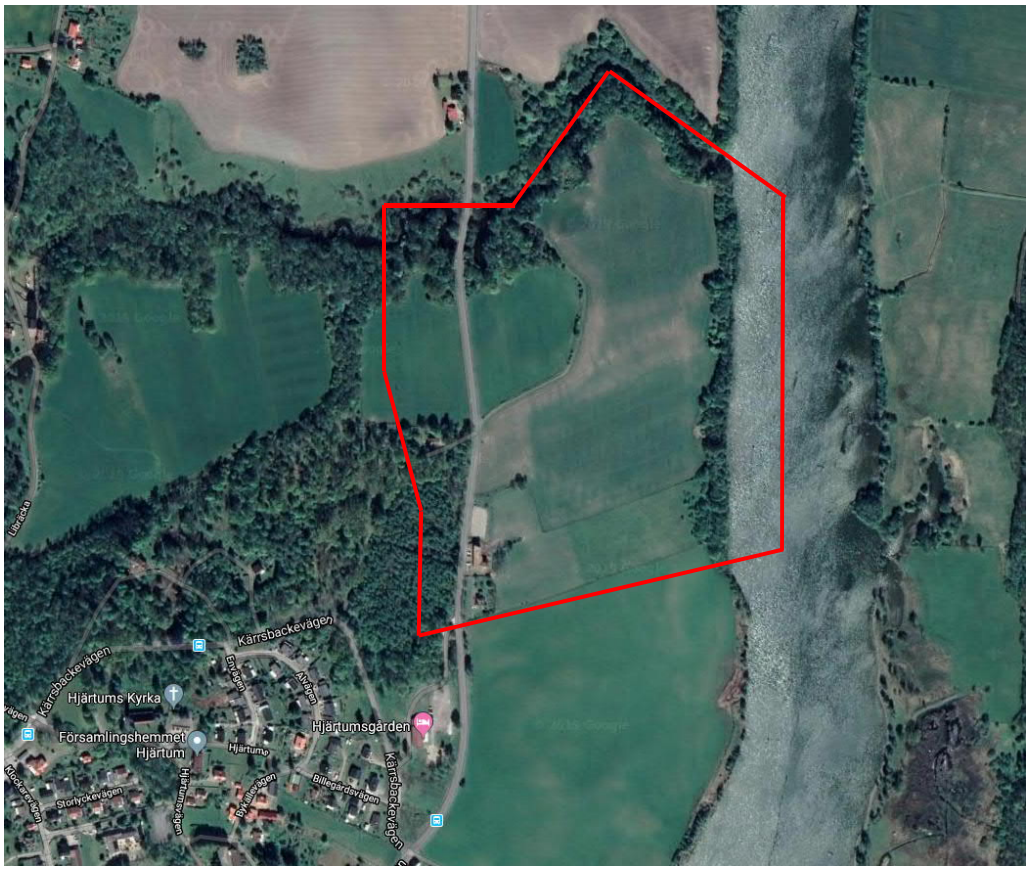
1 Objekt

På uppdrag av Statens geotekniska institut, SGI, har Sweco utfört en fördjupad stabilitetsutredning för området Hjärtum-Sörängen. Arbetet har utförts i nära samarbete med beställaren.

Aktuellt utredningsområde är beläget längs Göta älvs västra sida, drygt 5 km norr om Lilla Edets tätort. Utbredningen är cirka 500 meter längs med älven och området är cirka 250 meter brett. I den västra delen skär Kungälvsvägen (väg 2025) genom området i nord-sydlig riktning. I den norra delen avgränsas utredningsområdet av Sollumsån som är ett biflöde till älven. Utredningen omfattar även slänterna på den södra sidan om ån, från Göta älv och cirka 400 meter uppströms ån. Se Figur 1 för översikt över utredningsområdet.

Området utgörs till största del av åkermark. Inom området finns det bebyggelse i form av en bondgård med tillhörande bostadshus i den sydvästra delen.

Föreliggande handling redovisar enbart nu utförda undersökningsresultat.



Figur 1 Ungefärligt utredningsområde markerat med röd linje. Bild från https://www.google.se/maps (2019-11-01)

2 Ändamål och skede

Syftet med detta uppdrag är att utföra en fördjupad stabilitetsutredning, ta fram beräkningsparametrar och klargöra de geotekniska förutsättningarna med avseende på stabilitetssituationen i området.

3 Underlag för undersökningen

För undersökningen har följande underlag har använts:

- Digital grundkarta erhållen från beställaren
- Höjddata från Lantmäteriets WCS-tjänst, 2019-04-23. (ESRI FGDB, 1m grid, SWE99 TM, RH 2000)
- Älvens bottentopografi utifrån batymetrisk sjömätning i Göta Älv (Vattenfall AB 2018. ESRI FGDB, 1m grid, SWE99 TM, RH 2000)
- Ledningsunderlag har erhållits från ledningsägare i området
- Tidigare utförda undersökningar enligt kapitel 3.1
- Observationer och fotodokumentation från platsbesök
- Geologiska och geohydrologiska kartor, SGU

3.1 Tidigare utförda undersökningar

Undersökningar inom området har tidigare utförts av:

- Göta älvutredningen, GÄU, Delområde 5, Intagan – Ström. Markteknisk undersökningsrapport/ Geoteknik (05RA004). Statens geotekniska institut 2011-08-31. Uppdragnummer: 14085, Diarienummer: 6-1001-0027
- Göta älvutredningen, GÄU, Delområde 11, Delsträckorna Intagan - Ström samt Intagan - Lilla Edet (delområdena 5 och 7 på land). Försöksrapport/Fält (11RA004), undersökningar utförda 2010-08-26 till 2010-10-01. Statens geotekniska institut 2010-12-10. Uppdragnummer: 14098, Diarienummer: 6-1001-0040

Tidigare utförda undersökningar på land och i älven har i tillämpliga delar inarbetats i detta uppdrag. Nu framtagna planritningar redovisar undersökningspunkternas lägen i plan. På sektionsredovisningar finns delar av resultaten från dessa äldre undersökningspunkter redovisade. Resultat från tidigare utförda hållfasthetsbestämningarna finns med i sammanställning över härledda värden, se Bilaga 8. Inga protokoll från tidigare utförda laboratorieundersökningar finns redovisade i denna rapport.

4 Styrande dokument

Följande styrande dokument har legat till grund för detta uppdrag:

- Riktlinjer för tekniskt arbete (avser stabilitetsutredningar längs Göta älv) DGA00XST01, Version 2.0. Statens geotekniska institut, 2019-11-05
- Riktlinjer för dokumenthantering DGA00XST02, Version 2.0. Statens geotekniska institut, 2019-11-05

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1 och SS-EN 1997-2, med tillhörande nationell bilaga BFS 2013:10 – EKS 10. Se Tabell 1 till Tabell 5 för standarder och styrande dokument.

Tabell 1 Planering och redovisning

Undersökningsmetod	*Standard eller annat styrande dokument*
Fältplanering	SS-EN 1997-2 samt IEG Rapport 4:2010
Fältutförande	Geoteknisk fälthandbok SGF Rapport 1:2013 samt SS-EN-ISO 22475-1, SS-EN-1997-1 och SS-EN 1997-2
Beteckningssystem	SGF/BGS beteckningssystem Version 2001:2 med kompletterande beteckningsblad 2016

Tabell 2 Fältundersökningar – sondering, in-situ

Undersökningsmetod	*Standard eller annat styrande dokument*
Vingförsök (Vb)	SGF Rapport 2:93
Spetstrycksondering (CPT)	SS-EN ISO 22476-1:2012 med tillägg SS-EN ISO 22476-1:2012/AC:2013. CPT-R enligt SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok.
Trycksondering (Tr)	SGF Metodblad 2008-01-28 (viktsonderingspets) samt SGF Rapport 3:99

Tabell 3 Fältundersökningar - provtagning

Undersökningsmetod	*Standard eller annat styrande dokument*
Störd provtagning med skruvborr (Skr)	SS-EN ISO 22475-1:2006 och SGF Rapport 3:99. Provtagningskategori B, kvalitetsklass 3-4
Ostörd jordprovtagning, kolvprovtagning (Kv StII)	SGF Rapport 1:2009 och SS-EN ISO 22475-1

Tabell 4 Laboratorieundersökningar

Undersökningsmetod	*Standard eller annat styrande dokument*
Okulär jordartsklassning	SS-EN ISO 14688-1 och 14688-2
Jordartsförkortning	Beteckningsblad IEG 2011-05-08 (Bilaga C IEG Rapport 13:2010)
Materialtyp och tjälfarlighetsklass	AMA Anläggning 13
Lab-undersökningar	Laboratorierapport – standard, 26000VRA02, Sörängen. Mitta Sverige AB 2020-02-07

Tabell 5 Hydrogeologiska undersökningar

Undersökningsmetod	*Standard eller annat styrande dokument*
Grundvattenrör (Rf/Rö)	SS-EN-ISO 22475–1:2006
Por-och grundvattentryck	SS-EN 1997-2 kap 3.6 och SS-EN ISO 22475-1:2006 kap 9. Allmänna krav SGI Information 11.
Portrycksmätning (Pp)	SS-EN-ISO 22475–1:2006

5 Geoteknisk kategori

Undersökningar har utförts i omfattning och typ med förutsättning att de geotekniska förutsättningarna för objektet och tillhörande arbeten omfattas av geoteknisk kategori 2 (GK2).

6 Befintliga förhållanden

6.1 Topografi & ytbeskaffenhet

Aktuellt område utgörs idag främst av åkermark som faller svagt mot Göta älv i öster och Sollumsån i norr. Från släntkrönet faller marken mot strandbrinken med lutning ca 1:2 men är bitvis brantare. Marken i anslutning till vattendragen är bevuxen med träd och sly. Åkermarken är flack och marknivåerna varierar mellan cirka +15 och +21.

Dimensionerande vattenstånd i Göta älv uppströms Lilla Edet har inhämtats från SGI:s styrdokument (DGA00XST01). Dämningshöjden i älven är norr om slussarna i Lilla Edet +7,6 (HHW) och sänkningshöjden +6,6 (LLW). Medelvattennivån (MW) i Göta älv är här +7,5.

6.2 Vattenavrinning och dränering

Enligt markägare inom området finns dräneringsledningar nedgrävda i ”fiskbensmönster” på åkermarken. Lägen och kapaciteter på dessa har ej undersökts. På flera ställen längs släntkrönet syns tydligt var dräneringsledningar mynnar, i form av rör samt spår av urspolning av jordmaterial.

6.3 Befintliga konstruktioner

I den västra delen skär Väg 2025, Kungälvsvägen, genom området i nord-sydlig riktning. Vägen passerar över Sollumsån på en äldre stenbro. Bron är sedan tidigare förstärkt och höjd med betongelement.

Befintligt bostadshus samt ladugård som finns inom området är sannolikt grundlagda på berg och bedöms inte ha någon påverkan på stabiliteten. På åkern mellan bostadshuset och älven finns enligt fastighetsägaren jordvärme nedlagd.

Inom området finns idag markförlagda ledningar och kablar. Ledningsutsättning är utförd av berörda ledningsägare innan fältarbeten startades.

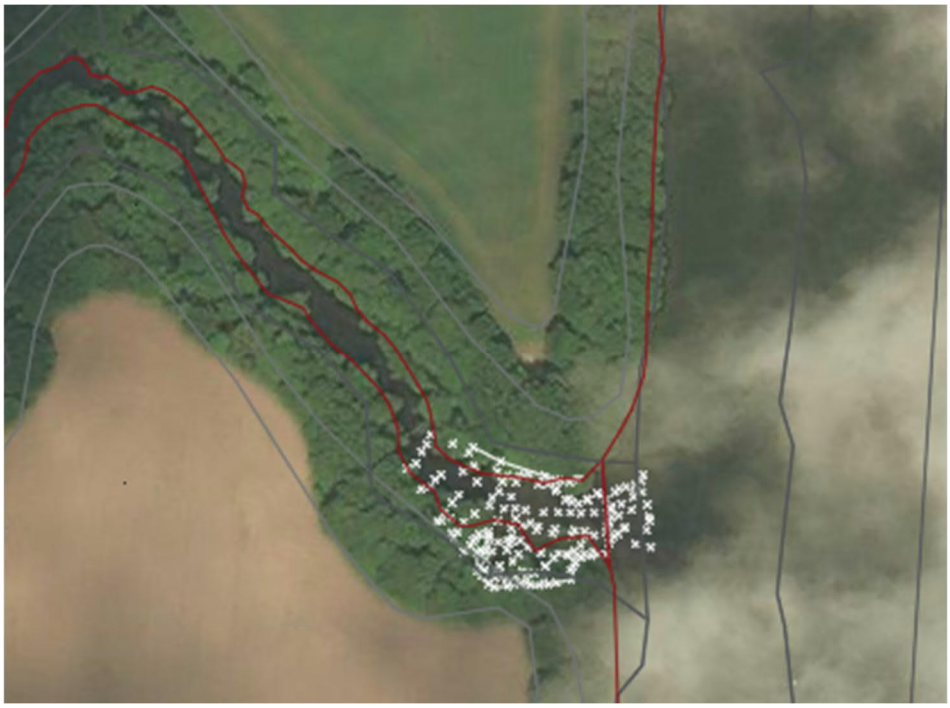
7 Positionering

7.1 Mätningsarbeten

Utsättning och inmätning av undersökningspunkterna har utförts med GPS av typ nätverks-RTK. Inmätning av undersökningspunkter har utförts i mätningsklass A, enligt SGF Geoteknisk Fälthandbok 1:2013. Större delen av punkterna i sektionerna har även utförts i mätningsklass A.

Lodning med enstrålelod från båt har utförts i den nedre delen av Sollumsån, vid mynningen till älven, se Figur 2. Inmätning av undersökningspunkter har utförts i mätningsklass A.

Koordinatsystem i plan: SWEREF99 TM
Höjdsystem: RH2000



Figur 2 Översikt över område för lodning med enstrålelod vid Sollumsåns mynning. Vita kryss markerar läge för mätpunkt vid llodning.

7.2 Undersökningsperiod

Utsättning och inmätning av undersökningspunkter samt mätning av sektioner utfördes under juni 2019. Lodning i Sollumsån är utförd under augusti 2019.

7.3 Mätingenjörer

Mätarbeten har utförts av mättekniker Per Tenwald och René Folke, Sweco Civil AB. All mätpersonal är från Sweco Civil AB.

7.4 Kalibrering

Kalibreringsprotokoll för använd utrustning kan erhållas vid efterfrågan.

8 Geotekniska fältundersökningar

8.1 Utförda fältförsök

Aktuella fältförsök omfattar:

- Spetstrycksondering (CPT-R) 13 punkter
- Trycksondering (Tr) 3 punkter
- Vingförsök (Vb) 8 punkter, 111 nivåer

Sonderingarna är utförda med geoteknisk borrbandvagn Geotech 504D samt Geotech 604D.

Vingförsöken, rådata, redovisas i Bilaga 3.

Kartering av erosionsförhållandena i området har utförts okulärt och redovisas i Bilaga 13.

8.2 Utförda provtagningar

Aktuella provtagningar omfattar:

- Ostörd provtagning (Kv StII) 6 punkter, 64 nivåer
- Störd provtagning (Skr) 11 punkter

Provtagningarna är utförda med geoteknisk borrbandvagn Geotech 504D samt Geotech 604D. Störd provtagning av ytjord har utförts med skruvborr ø 60 mm. Ostörd provtagning har utförts med standardkolvborr ø 50 mm (StII).

Fri vattenyta har noterats i provtagningshål som en indikation på den fria vattenytans läge vid undersökningstillfället.

För bedömning av upptagna kolvprovers kvalitet har uppkommen volymförändring vid utförda CRS-försök (upp till förkonsolideringsspänningen) sammanställts mot provernas naturliga vattenkvot. Detta visas tillsammans med begränsningslinjer enligt förslag i SGI Information 3, se resultat i Bilaga 12.

8.3 Undersökningsperiod

Sondering och provtagning är utförd under maj och juni 2019.

8.4 Fältingenjörer

Ansvarig fältingenjör har för fältundersökningarna varit Ulf Gyllunger. Biträdande fältpersonal har varit Anders Fersters, Niklas Johansson, Joakim Larsson och Michael Karlsson. All fältpersonal är från Sweco Civil AB.

8.5 Kalibrering och certifiering

Kalibreringsprotokoll för använda vinginstrument och CPT-sond redovisas i Bilaga 4.

8.6 Provhantering

Upptagna störda jordprover har bedömts okulärt i fält direkt vid provtagningen enligt SS-EN-ISO 14688-1. Provtagningsprotokoll har upprättats av ansvarig fältingenjör för varje provtagningspunkt. Utvalda prover har skickats till geotekniskt laboratorium för klassificering.

Prover kategori B (Skr) har förvarats frostskyddat i dubbla plastpåsar. Prover kategori A (Kv) har förvarats frostskyddat i kolvprovtagningslådor. Prover har transporterats med bil på provtagningsdagen till Mittas kontor i Gottskär (Kungsbacka) alternativt till deras inlämningsställe i Göteborg för vidare transport.

8.7 Övrigt

Utförda undersökningspunkter är benämnda 19SWxx, där 19 står för årtal, SW för Sweco och xx är en löpande numrering. Resultat av utförda undersökningar redovisas i denna handlings tillhörande ritningar och bilagor. Undersökningspunkterna är inlagda i en databas (GeoSuite).

9 Geotekniska laboratorieundersökningar

9.1 Utförda undersökningar

Följande analyser har utförts på störda jordprover:

- Jordartsbenämning och bedömning av tjälfarlighetsklass 40 st
  varav
  - o analys av vattenkvot 40 st
  - o analys av konflytgräns 13 st
- Rutinundersökning 40 st

Följande analyser har utförts på ostörda jordprover:

- Rutinundersökning 63 st
- Fallkon 63 st
- CRS-försök 24 st
- Odränerat direkt skjuvförsök 24 st
- Triaxialförsök, odränerat aktiv 6 st

Utförda analyser redovisas i Laboratorierapport 26000VRA02, daterad 2019-11-01, se Bilaga 1.

Datum för provtagning och utförda analyser är sammanställda i Bilaga 2.

9.2 Undersökningsperiod

Laboratoriearbete har utförts mellan 2019-05-29 – 2019-09-15. Diagram och tabeller i Laboratorierapporten är daterade, där det framgår när respektive prov analyserades och testades.

9.3 Laboratorieingenjörer

Laboratoriearbete har utförts under ledning av Peter Hedborg, ansvarig lab tekniker, Mitta AB. Biträdande lab tekniker redovisas med signatur på protokoll, i tabeller och diagram.

9.4 Kalibrering och certifiering

Geotekniska laboratorieanalyser är utförda av Mitta AB, som är kvalitets- och miljöcertifierade enligt ISO 9001 och ISO 14001. Kalibreringsdata för använd utrustning finns dokumenterad på laboratoriet enligt godkända certifieringsrutiner samt redovisas i Bilaga 1.

9.5 Provförvaring

Proverna har efter mottagande förvarats i kylrum. Proverna sparas efter utförd undersökning i minst tre månader, om inget annat överenskommes.

10 Hydrogeologiska undersökningar

10.1 Utförda undersökningar

Aktuella hydrogeologiska undersökningar omfattar:

- Installation av 2 öppna grundvattenrör (sandfilterspets) (Rö)
- Installation av 15 portrycksspetsar typ Geotech Elektrisk PVT-mätare
- Montering av 1 barometer typ Geotech

I punkt 19SW02 i nordöstra delen av utredningsområdet installerades fem stycken portrycksspetsar på 5, 10, 15, 25 och 40 meters djup, se Figur 3. I en ek strax norr om punkten finns en barometer, se Figur 4. Denna avläses på samma sätt som portrycksspetsarna och används för att justera de uppmätta portrycken för alla portrycksspetsar inom hela undersökningsområdet.

Figur 3 De fem installerade portrycksspetsarna i punkt 19SW02, fotoriktning åt syd-öst.

Figur 4 Placering av barometer strax norr om punkt 19SW02, fotoriktning åt nord-öst. Barometern är fastsatt på en låg gren i trädet, se röd cirkel för läget.

I punkt 19SW03, placerad söder om infartsvägen till området, installerades ett grundvattenrör på 8,5 meters djup.

I punkt 19SW05 i södra delen av utredningsområdet installerades fyra stycken portryckssspetsar, på 6, 11, 16 och 21 meters djup samt ett grundvattenrör på 33,3 meters djup, se Figur 5.

Figur 5 De fyra installerade portryckssspetsarna och grundvattenröret i punkt 19SW05, fotoriktning åt söder. Grundvattenröret längst till vänster i bild.

I punkt 19SW06 i sydöstra delen av utredningsområdet installerades sex stycken portryckssspetsar, på 5, 10, 15, 20, 25 och 30 meters djup, se Figur 6.

Figur 6 De fem installerade portryckssspetsarna i punkt 19SW06, fotoriktning åt öster.

10.1.1 Korttidsobservationer

I grundvattenrören har Divers installerats vilka har loggat trycket 4 ggr per dygn sedan 2019-06-28. Sista avläsning gjordes 2019-10-30.

Det är osäkert om någon del av mätningar i 19SW03G representerar de naturliga nivåerna i grundvattenmagasinet. Några dagar efter installation av röret visade det sig att mycket finmaterial hade ansamlats i röret och därför utfördes en spolning i röret. Detta gav en avsänkning som ses i mätserien i början av juli 2019. Återhämtningen skedde därefter mycket långsamt, troligen på grund av att finmaterial fortsatt kom in i röret, möjligen i kombination med låg genomsläpplighet i magasinet. Det går inte utifrån den relativt korta mätserien avgöra om röret ännu har återhämtat sig ifrån installationen och spolningen, eller om den fortsatt uppåtgående trenden av mätresultaten enbart beror på att nivåerna stiger naturligt under årstiden. Oavsett går det att konstatera att responsen i röret är mycket trög.

I slutet av juli ses ett språng i mätserien i 19SW03G. Anledningen till detta är okänd men det är heller inte nödvändigt att klarlägga eftersom nivåerna vid detta datum ändå är störda av spolningen och de går därför inte använda i analysen. Tryckavläsarens (Diverns) funktion är säkerställd genom kalibrering mot manuellt uppmätta nivåer.

Vid analys av mätserien i 19SW05 observerades att nivåerna några månader efter installationen möjligen fortsatt kan vara påverkade av installationen. Det fanns då en misstanke om att funktionen inte var så bra som önskvärt. Enligt fältanteckningar från installationen framgår att röret installerades i friktionsmaterial men detta är något tvetydigt jämfört med friktionsjordens nivå utifrån den CPT-R-sondering som är utförd i samma punkt. Ett funktionstest utfördes därför av röret 2019-10-30 och resultatet visar att responsen är mycket trög vilket kan bero på att filtret ej installerats i tillräckligt permeabelt material och tillrinningen därför inte är tillräcklig.

Använda portrycksspetsar av typ Geotech med elektisk PVT-mätare har inbyggt minne som loggat trycket 4 ggr per dygn sedan installation i juni. Under de första dagarna efter installationen bedöms att trycket ej har stabiliserats, och de redovisas därför inte på ritningar. Sista tömning av mätdata gjordes 2019-10-30. Mätarna är fortfarande i funktion och kan läsas av även fortsättningsvis.

Portryckspetsen installerad 25 meter under markytan i punkt 19SW02 påvisar värden sedan slutet av september 2019 är avvikande från övriga spetsar installerade i samma punkt samt även i förhållande till övriga portrycks- och grundvattenmätningar i området. Dessa mätningar har därför ej använts i analysen.

10.1.2 Långtidsobservationer

Långtidsobservationer har ej utförts inom ramen för detta uppdrag. Portryckspetsarna är kvarsittande varför mätning fortsättningsvis kan fortgå, och mätintervall kan även justeras. Divers finns inte kvar i grundvattenrören.

Minnet hos portrycksspetsarna kan lagra ca 2000 mätningar. Därefter skrivs den äldsta datan över. Batterierna klarar ca 100 000 mätningar.

10.2 Undersökningsperiod

Installation av grundvattenrör och portryckspetsar utfördes under juni månad 2019. Loggning av nivåer och tryck har för detta uppdrag utförts från installation fram till och med 2019-10-30.

10.3 Fältingenjörer

Installation har utförts av Ulf Gyllunger, fältingenjör på Sweco Civil AB.

10.4 Kalibrering och certifiering

Dokumentation på utförd kalibrering av portrycksspetsarna från leverantören redovisas i Bilaga 4.

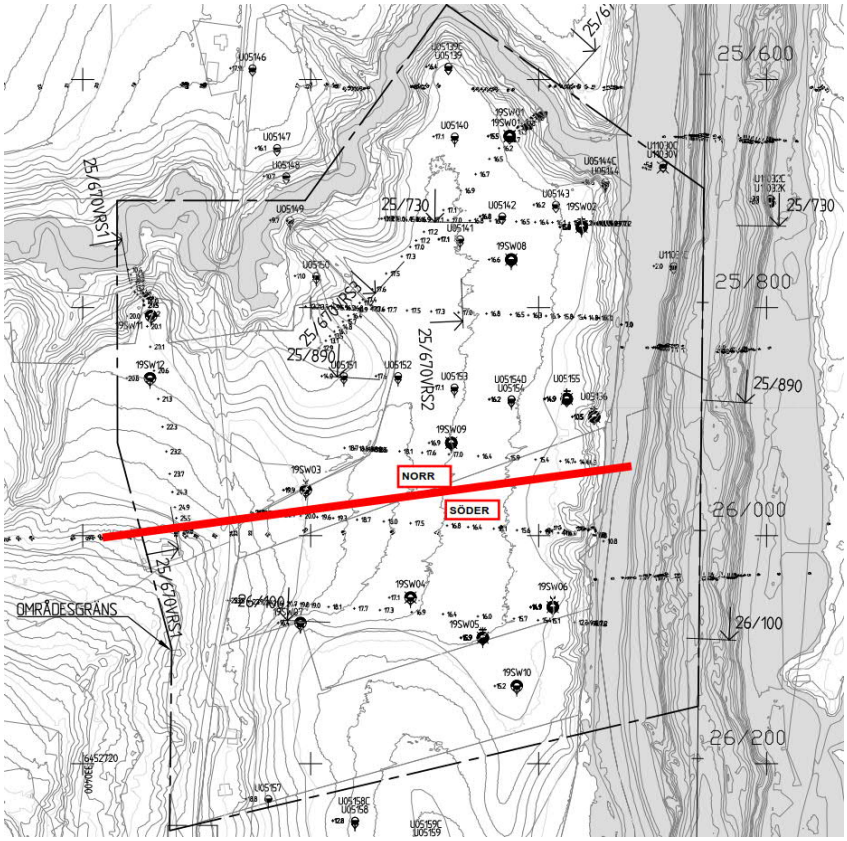
11 Härledda värden

Sammanställning för redovisning av härledda värden utgörs av resultat från undersökningar utförda för aktuellt uppdrag tillsammans med undersökningar från den tidigare utförda Göta älv utredningen på land. Avsteg från detta är gjort avseende deformationsegenskaper samt hydrogeologiska egenskaper, då enbart resultat från nu utförda undersökningar har nyttjats vid framtagning av härledda värden.

Utförda CPT-R-sonderingar har utvärderats i Conrad, se resultat i Bilaga 5.

11.1 Hållfasthetsegenskaper

Sammanställning av odränerad skjuvhållfasthet, uppdelat för punkter inom Norra respektive Södra delområdet redovisas i Bilaga 8. Gränsen mellan de två delområdena visas i Figur 7 nedan.



Figur 7 Indelning av utredningsområdet i två delar, Norr och Söder, vid analys av grundparametrar och skjuvhållfasthet.

11.2 Indexegenskaper mfl

Sammanställning av tunghet, sensitivitet, vattenkvot och konflytgräns från punkter inom respektive delområde redovisas i Bilaga 9.

11.3 Deformationsegenskaper

Lerans förkonsolideringstryck (S'_c) har utvärderats från nu utförda CRS-försök, vilka redovisas tillsammans med effektivspänning och portryck i den aktuella punkten, se Bilaga 10.

11.4 Hydrogeologiska egenskaper

Uppmätta värden för grundvatten redovisas i Bilaga 6 och portryck i Bilaga 7, för härledda värden se Bilaga 11.

12 Värdering av undersökning

12.1 Generellt

Samtliga laboratorieresultat tillsammans med resultat från vingprovning i fält och utvärderade egenskaper från CPT-R-sonderingar (med CONRAD version 3.1) har införts i

av beställaren tillhandahållna excelark (ett för varje undersökningspunkt) för kommande bearbetning.

12.2 Klassning av CPT-R

Målsättningen för uppdraget var att eftersträva att CPT-R-sonderingar utfördes enligt klass 0. Nedan redovisas klassificering utifrån uppmätta nollvärden, se Tabell 6, jämförda med tillåtna totala mätonoggrannheter för respektive sonderingsklass enligt SGF Rapport 1:2013 (Geoteknisk fälthandbok).

Vid nedanstående klassning har inte hänsyn tagits till att sonden vid utförandet använt kalibrering för klass 0, men att ett högre spetstryck har uppkommit under neddrivning på större djup än ungefär 20 m. Hänsyn har ej heller tagits till att lutningen tidvis varit något större än de 2 grader som tillåts för CPT-klass 0 och 1.

Ingen justering av R-värden, ”offset”, har gjorts.

Tabell 6 Differens av nollvärde före och efter sondering samt bedömd CPT-klass

	Portryck, kPa		Friktion, kPa		Spetstryck, MPa		
Borrhål	**Differens före och efter sondering**	**Klass**	**Differens före och efter sondering**	**Klass**	**Differens före och efter sondering**	**Klass**	**Bedömd CPT-klass**
19SW01	-1.00	0	1.10	0	-0.03	1	**1**
19SW02	-0.20	0	0.40	0	-0.01	0	**0**
19SW03	1.90	1	0.00	0	-0.01	0	**1**
19SW04	-1.00	0	0.20	0	-0.02	0	**0**
19SW05	-1.30	1	0.20	0	-0.01	0	**1**
19SW06	-0.40	0	0.20	0	0.02	0	**0**
19SW07	0.70	0	0.20	0	0.00	0	**0**
19SW08	-0.80	0	0.10	0	-0.01	0	**0**
19SW09	-1.40	1	0.00	0	0.01	0	**1**
19SW10	0.30	0	0.00	0	-0.01	0	**0**
19SW11	-0.20	0	-0.30	0	-0.02	0	**0**
19SW12	-0.70	0	0.00	0	-0.02	0	**0**

12.3 Grundvatten och portryck

Grundvattenrör och portrycksspetsar kan med fördel läsas av under längre tid (>1 år) för att årstidsvariation ska kunna. Grundvattennivåerna kan vid god funktionalitet hos rören förväntas variera med årstid och nederbördsförhållanden med låga värden under sommar och höst och höga värden under vintern vilket innebär att de nu uppmätta värdena sannolikt inte är maxvärden.

Uppmärksammade avvikelser;

- 19SW02P, nivå 25m, bedöms visa felaktiga värden från början av september 2019.
- 19SW03G bedöms ha trög respons och därför ej visa korrekta värden, se Kapitel 10.1.1.
- 19SW05G bedöms ha trög respons och därför ej visa korrekta värden, se Kapitel 10.1.1

12.4 Härledda värdens spridning och relevans

Undersökningsresultaten visar som förväntat att det för skjuvhållfastheten finns variationer mellan de olika sonderings- och undersökningsmetoderna på samma nivå. Inom respektive delområde kan konstateras att resultaten från punkterna är relativt samlade för respektive metod, men generellt skiljer sig metoderna något från varandra.

Resultat från enstaka nivåer uppvisar avvikande värden från förekommande trender, vilka ska bortses från vid framtagande av valda skjuvhållfastheter och grundparametrar.

12.5 Provkvalitet

I Bilaga 12 har en utvärdering gjorts av provkvalitén utifrån utförda CRS- försök. Utvärderingen baseras på SGI information 3 och bygger på förhållandet mellan provets naturliga vattenkvot (%) och volymändring vid rekonsolidering (%). Resultat från de nu utförda försöken visar att provernas kvalitet kan bedömas som *Någorlunda* i de flesta fall och *Dåliga* i några fall. Motsvarande resultat för proverna utförda inom ramen för Göta älv utredningen i samma geografiska område visar också på *Någorlunda* i de flesta fall men här även *God* kvalitet i några fall.