

SEPTEMBER 2021
SGI – DELEGATIONEN FÖR GÖTA ÄLV

KÄRRA, LILLA EDETS KOMMUN

MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT (MUR) GEOTEKNIK

38400ORA01



COWI

ADRESS COWI AB
Skärgårdsgatan 1
Box 12076
402 41 Göteborg
Sverige

TEL 010 850 10 00
FAX 010 850 10 10
WWW cowi.se

SEPTEMBER 2021
SGI – DELEGATIONEN FÖR GÖTA ÄLV

KÄRRA, LILLA EDETS KOMMUN

MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT (MUR) GEOTEKNIK

38400ORA01

UPPDRAGSNUMMER
1910-0732 20072

PROJEKTNR. DOKUMENTNR.
A206330 38400ORA01

KONTAKTPERSON SGI
Per Nylander

VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
1.0	2021-09-17	MUR Geoteknik	Vilhelm Berling	Charlotte Junkers	Christina Edström

INNEHÅLL

1	Objekt	10
2	Syfte	10
3	Underlag	11
3.1	Tidigare utförda undersökningar	12
4	Styrande dokument	13
5	Befintliga förhållanden	14
5.1	Topografi och ytbeskaffenhet	14
5.2	Befintliga konstruktioner	17
5.3	Ytgeologi och jorddjup	18
6	Utsättning / Inmätning	19
7	Geotekniska fältundersökningar	19
7.1	Utförda sonderingar och insitu-försök	22
7.2	Utförda provtagningar	22
7.3	Undersökningsperiod	22
7.4	Fältingenjör	22
7.5	Observationer och iakttagelser	22
7.6	Kalibrering och certifiering	23
7.7	Provhantering	23
8	Hydrogeologiska fältundersökningar	23
8.1	Utförda hydrogeologiska fältundersökningar	24
8.2	Undersökningsperiod	24
8.3	Fältingenjör	24

8.4	Kalibrering	25
9	Geotekniska laboratorieundersökningar	25
9.1	Utförda undersökningar	27
9.2	Undersökningsperiod	28
9.3	Laboratorieingenjör	28
9.4	Kalibrering och certifiering	28
9.5	Provförvaring	28
10	Härledda värden	28
10.1	Hållfasthetsegenskaper	28
10.2	Deformationsegenskaper	29
10.3	Indexegenskaper	29
10.4	Hydrogeologiska egenskaper	29
11	Värdering av undersökning	29
11.1	Generellt	29
11.2	Härledda värdens spridning och relevans	29
11.3	Övrigt	31

BILAGOR

Bilaga 1	Laboratorieundersökningar, rutinförsök
Bilaga 2	Laboratorieundersökningar, CRS- och ödometerförsök
Bilaga 3	Laboratorieundersökningar, direkta skjuvförsök
Bilaga 4	Laboratorieundersökningar, triaxialförsök
Bilaga 5	Laboratorieundersökningar, Siktning- och sedimentationsanalys
Bilaga 6	Conradutvärdering av CPTU-R
Bilaga 7	Härledda värden, hållfasthetsegenskaper
Bilaga 8	Härledda värden överkonsolideringsgrad
Bilaga 9	Härledda värden, indexparametrar
Bilaga 10	Utvärdering sensitivitet
Bilaga 11	Diagram, hydrogeologiska undersökningar
Bilaga 12	Datum för upptagning och analys av prover

- Bilaga 13 Provkvalitet CRS-försök
- Bilaga 14 Vingförsök rådata
- Bilaga 15 Kalibreringsprotokoll
- Bilaga 16 Detaljerad undersökning CPTU-R
- Bilaga 17 Koordinatlista för undersökningspunkter
- Bilaga 18 Arkivmaterial - tidigare undersökningar

RITNINGSBILAGOR

- Plan Ritning G-10-1-101 och G-10-1-102 skala 1:100 (A1)
- Sektioner Ritning G-10-2-601 till G-10-2-607 skala 1:200 (A1)
- Enstaka undersökningspunkter Ritning G-10-2-610 till G-10-2-618 skala 1:100 (A1)

Förord

Regeringen har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att minska risken för skred i Göta älvdalen. För att effektivisera det arbetet inrättades Delegationen för Göta älv år 2018. Delegationens arbete leds och samordnas av SGI och består av representanter från Vänersborgs, Trollhättans, Lilla Edets, Ales, Kungälv och Göte-borgs kommuner, Länsstyrelsen Västra Götaland, Länsstyrelsen Värmland, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Sjöfartsverket, Trafikverket, Vattenfall Vattenkraft AB och SGI.

Inom ramen för Delegationens arbete genomförs detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar för områden som utpekats med hög- eller medelhög skredrisk i Göta älvtutredningen år 2009–2011. Stabilitetsutredningarna utförs av geotekniska konsulter vars uppdrag upphandlas och leds av SGI som är delaktiga i arbetet. I konsulternas uppdrag ingår bland annat att presentera en trolig skjuvhållfasthet samt förslag på genomförbara stabilitetshöjande åtgärder.

Utredningsresultaten ligger till grund för SGI:s fortsatta analysarbete, beräkning av sannolikheten för skred samt planering av eventuella stabilitetshöjande åtgärder.

Sekretariatet till Delegation för Göta älv

1 Objekt

På uppdrag av Statens geotekniska institut (SGI) har COWI AB utfört en geoteknisk undersökning vid Kärra i Lilla Edets kommun.

Undersökningsområdet är beläget på östra sidan av Göta Älv, ca 5 km söder om Lilla Edets centrum, se Figur 1 för översiktsbild över området. Enligt älvens längdmätning sträcker sig området från ca km 38/300 i norr till km 39/200 i söder.



Figur 1 Översiktsbild, aktuellt område markerat med vit-streckad linje (kartkälla: eniro.se, 2021).

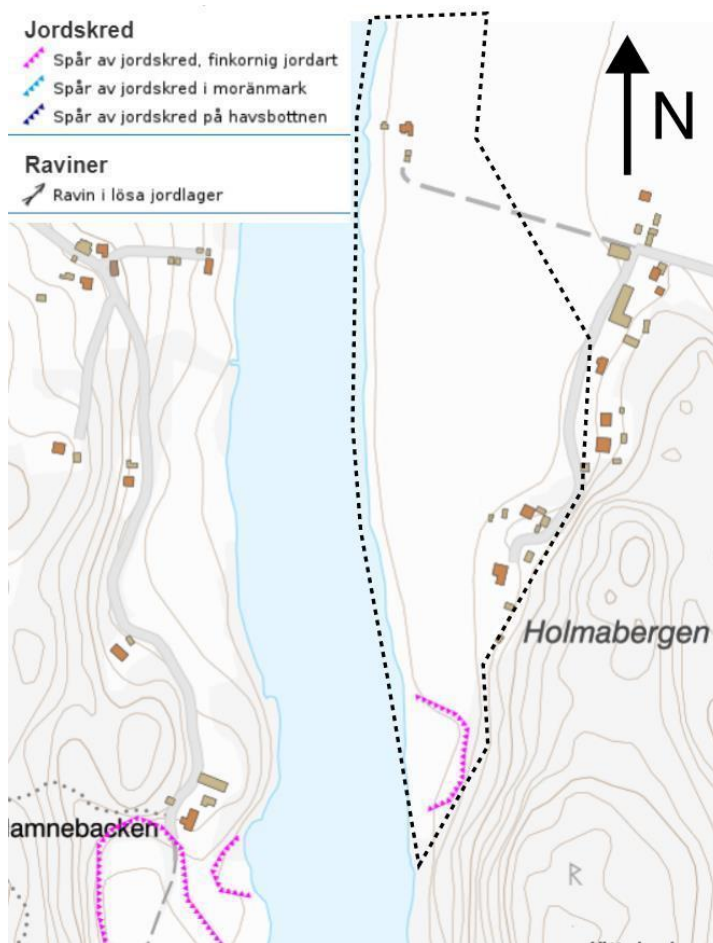
2 Syfte

Syftet med de geotekniska undersökningarna har varit att fastställa jordlagerföljd och geotekniska egenskaper samt hydrogeologiska förhållanden inom området. De geotekniska undersökningarna har utgjort underlag för en fördjupad stabilitetsutredning enligt IEG Rapport 4:2010

3 Underlag

Vid planering av fältundersökningarna har arkivmaterial i form av tidigare undersökningar använts. Dessa redovisas i Kapitel 3.1. Övrigt underlag har utgjorts av:

- > Grundkarta erhållen från beställaren, maj 2020.
- > Kartmaterial erhållet från berörda ledningsägare, juni 2020
- > Batymetrisk mätning av älvbotten från 2018
- > Höjddata från Lantmäteriets WCS-tjänst, nedladdad 2020
- > Geosuite-databas med tidigare utförda undersökningspunkter erhållen från beställaren, maj 2020
- > Jorddjups- och jordartskarta från SGU, nedladdad 2020
- > SGU:s kartvisare för jordskred och raviner, nedladdad november 2020. Ett utsnitt över aktuellt område framgår av Figur 2.



Figur 2. Utsnitt ur SGU:s kartvisare för jordskred och raviner. Aktuellt område är översiktligt markerat med svart-streckad linje (kartkälla: SGU).

3.1 Tidigare utförda undersökningar

Inom aktuellt område har geotekniska undersökningar utförts tidigare. Undersökningarna redovisas i följande handlingar:

- > *Lilla Edets kommun Kärra 8:2, Till/nybyggnad, Enbostadshus. Uppdragsnummer 19-004. Geo-gruppen AB, daterat 2019-05-31*
- > *SGI (2010). Göta älvutredningen. Uppdragsnummer 14087. Golder Associates AB/Sweco infrastructure AB, daterat 2010-12-10.*

Ovan listade handlingar har beaktats och laboratorieundersökningar samt Conradutvärderingar från dessa utredningar redovisas i bilaga 18. Beaktade undersökningspunkter är namngivna 1-8 (Geo-gruppen) och U08041-U08045 (Golder associates AB/Sweco infrastructure AB).

4 Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. För mer information gällande styrande dokument för specifika fält- och laboratorieundersökningar se Tabell 1 till Tabell 3 nedan.

Tabell 1 Planering och redovisning

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Fältplanering	SS-EN 1997-2
Fältutförande	SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk fälthandbok samt SS-EN-ISO 22475-1
Beteckningssystem	SGF/BGS beteckningssystem 2001:2

Tabell 2 Fältundersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Trycksondering (Tr)	SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok
Spetstrycksondering med resistivitetsmätning (CPTU-R)	SS-EN ISO 22476-1: 2012/AC 2013 SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok
Störd provtagning, Skruvprovtagning (Skr)	SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok
Ostörd provtagning, Kolvprovtagning (Kv)	SGF Rapport 1:2009, Standardkolv
Vingförsök (Vb)	SGF Rapport 2:93
Hydrogeologiska mätningar	SS-EN ISO 22475-1:2006 SGI Information 11 Mätning av grundvattennivå och portryck
Installation av grundvattenrör (filterspets)	SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok
Installation av portryckspets	SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok

Tabell 3 Laboratorieundersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Okulär benämning	SS-EN ISO 14688-1 och SS-EN ISO 14688-2
Vattenkvot	SS-EN ISO 17892-1; 2004
Konflytgräns	f.d. SS 027120
Skrymdensitet	SS-EN ISO 17892-2; 2004
Fallkonförsök	SS-EN ISO 17892-6; 2004
CRS-försök	SS 027126
Stegvisa ödometerförsök	SS 027129
Direkta skjuvförsök	SS 027127
Aktivt odränerat och dränerat triaxialförsök	Byggforskningsrådets Geotekniska laboratorieanvisningar, del 9
Kornstorleksfördelning & sedimentationsanalys	SS 027123

5 Befintliga förhållanden

5.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Det aktuella undersökningsområdet består till största delen av åker- eller ängsmark, se Figur 3. I sydost och söder gränsar området till ett trädbevuxet höjdparti med berg i dagen. Utmed älvkanten återfinns en smal remsa med lövträd, bitvis bestående av enstaka träd och bitvis av tätare vegetation.



Figur 3. Vy mot norr över mark med ängsmark (COWI AB, 2020).

I den allra östligaste delen av området återfinns berg i dagen, se Figur 4.



Figur 4. Berg i dagen, vy åt öster (COWI AB, 2020).

Markytan inom området är till största delen flack med en svag lutning från öst till väst med en nivå mellan ca +7 och +10. Vid älven sluttar markytan brantare ned mot älven till nivån ca +1. Slänten precis ovan strandlinjen har en varierande lutning mellan ca 1:2,5 och 1:6. I sydöstra delen av undersökningsområdet stiger markytan brant upp till nivån ca +25.

Bottennivån i Göta älvs farled ligger på ca -10 och lutningen från strandlinjen ned till älvbotten varierar mellan ca 1:3 och 1:7.



Figur 5. Strandkant med erosionsskydd, vy åt norr (COWI AB, 2020).

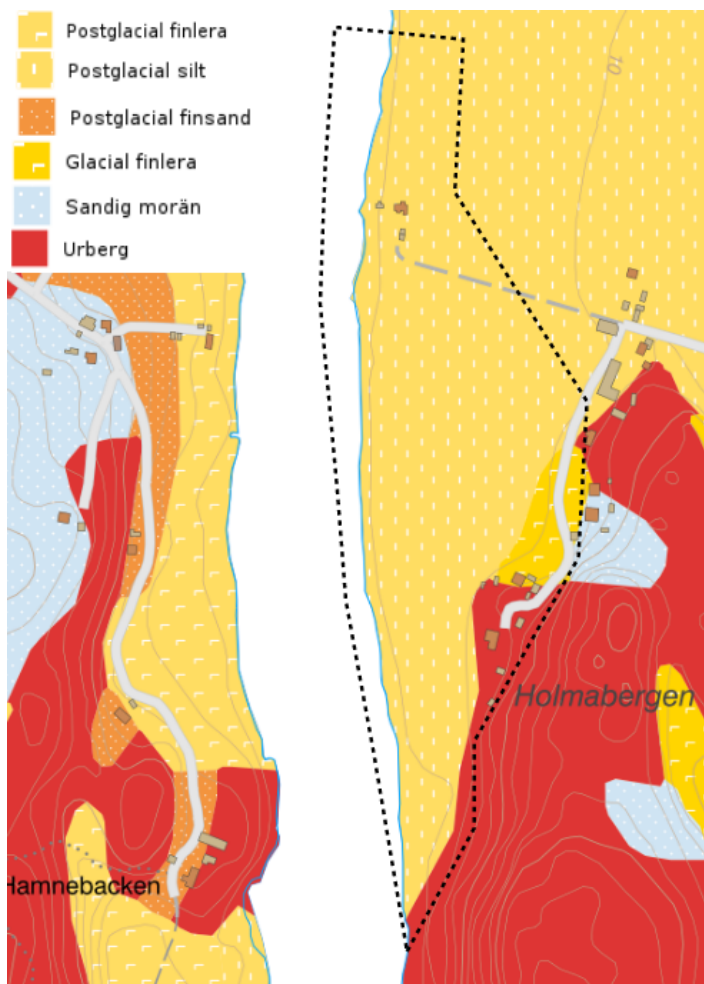
5.2 Befintliga konstruktioner

Inom undersökningsområdets sydöstra del finns flertalet fastigheter med bostadshus samt några ekonomibyggnader. Samtliga byggnader i området förutom en fastighet i nordväst är lokaliserade i den allra östligaste delen av området där berg i dagen återfinns. Ledningar återfinns i anslutning till bostadshusen i området.

Längs med Göta älv, genom hela undersökningsområdet finns ett erosionsskydd av sprängsten, se Figur 5. Mäktighet och utbredning av erosionsskyddet mot djupet är okänt. Vid platsbesök 2020-06-10 bedöms erosionsskyddet närmast strandlinjen ha god kvalitet, dock medför grumlighet i Göta älv svårigheter att bedöma erosionsskyddets kvalitet och utbredning under vattenytan.

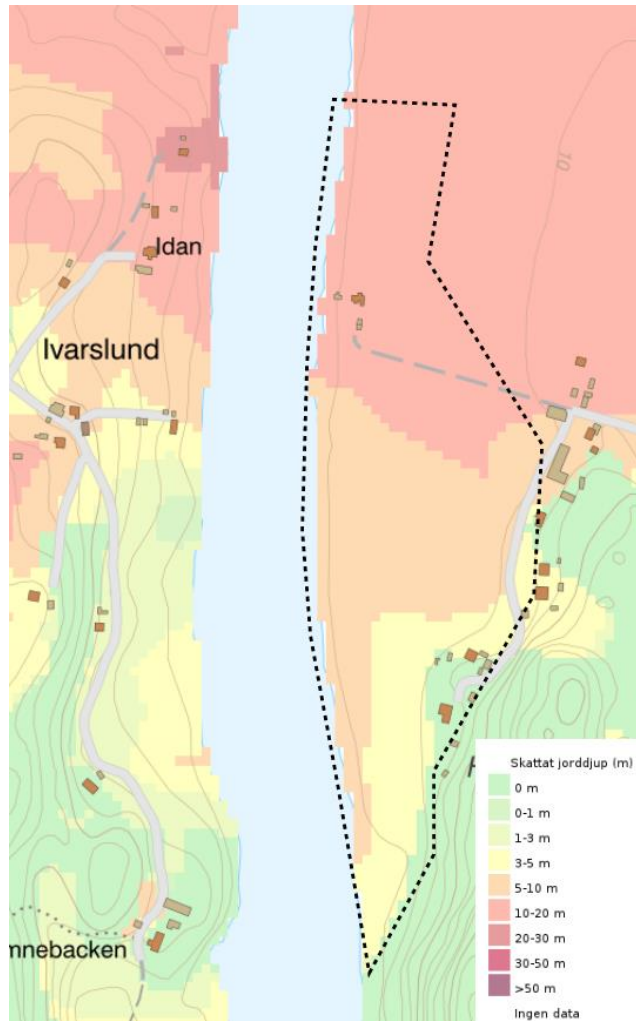
5.3 Ytgeologi och jorddjup

Enligt SGU:s digitala jordartskarta består undersökningsområdet nästan helt av postglacial silt, se Figur 6. I sydöstra delen av området återfinns berg i dagen samt små partier med glacial finlera och sandig morän.



Figur 6 Utklipp från SGU:s digitala jordartskarta, aktuellt område är översiktligt markerat med svart-streckad linje (kartkälla: SGU).

Enligt SGU:s digitala jorddjupskarta är jorddjupet i undersökningsområdet skattat till mellan 3–20 m se Figur 7.



Figur 7 Utklipp från SGU:s digitala jorddjupskarta, aktuellt område är översiktligt markerat med svart-streckad linje (kartkälla: SGU).

6 Utsättning / Inmätning

Utsättning, inmätningar och avvägningar har utförts av Hampus Rydén och Peter Strindberg, COWI AB och redovisas i koordinatsystemet SWEREF 99 och i höjdsystemet RH 2000.

Inmätningar och avvägningar har utförts i mätklass B i enlighet med SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk Fälthandbok.

7 Geotekniska fältundersökningar

Fältundersökningar har utförts i 18 undersökningspunkter, namngivna 20C613-20C631.

Resultaten av undersökningarna redovisas på ritningsbilagorna i plan och sektion, se Ritningsbilagor. För detaljredovisning av CPT-sonderingar, se Bilaga 16. CPT-sonderingar har utförts i användningsklass 0 med 2,5 tons spets. Fältprotokoll med rådata från vingförsök är sammanställt i Bilaga 14.

I Tabell 4 nedan redovisas vilka fältundersökningar som har utförts i respektive undersökningspunkt. Av tabellen framgår datum för utförande och benämning på sonderingsfilen. Undersökningspunkternas koordinater är sammanställda i Bilaga 17.

Tabell 4 Utförda fältundersökningar och provtagningar

Punkt	Metod	Datum	Filnamn vid digital lagring	Signatur
20C613	Tr	2020-08-31	20C613 20200831 2566.TRT	PST
	CPTU-R	2020-08-31	20C613-20200831124801.cpt	HSRN
	KV	2020-09-01	-	HSRN
	Vb	2020-08-31	20C613.vb1	PST
	Pp	2020-09-01	-	HSRN
	Skr	2020-08-31	-	PST
20C614	Tr	2020-08-31	20C614 20200831 2565.TRT	PST
20C615	Tr	2020-08-31	20C615 20200831 2564.TRT	PST
	Skr	2020-08-31	-	HSRN
	CPTU-R	2020-08-31	20C615-20200831101143.cpt	HSRN
	Vb	2020-09-01	20C615.vb1	PST
20C616	CPTU-R	2020-09-04	A20616-20200904093444.cpt	HSRN
	Tr	2020-09-01	20C616 20200901 2570.TRT	PST
	Skr	2020-09-02	-	PST
20C617	CPTU-R	2020-09-03	20C617-20200903132835.cpt	HSRN
	Tr	2020-09-01	20C617 20200901 2569.TRT	PST
	Skr	2020-09-02	-	PST
20C618	CPTU-R	2020-09-03	20C618-20200903122149.cpt	HSRN
	Tr	2020-09-01	20C618 20200901 2568.TRT	PST
	Skr	2020-09-02	-	PST
	Vb	2020-09-02	20C618.vb1	PST
20C619	Tr	2020-09-01	20C619 20200901 2567.TRT	PST
20C620	Tr	2020-09-02	20C620 20200902 2574.TRT	PST

Punkt	Metod	Datum	Filnamn vid digital lagring	Signatur
	Vb	2020-09-08	20C620.vb1	PST
	Skr	2020-09-07	-	HSRN
	CPTU-R	2020-09-07	20C620-20200907100809.cpt	HSRN
20C621	Tr	2020-09-02	20C621 20200902 2573.TRT	PST
	Vb	2020-09-03	20C621.vb1	PST
	Skr	2020-09-03	-	PST
	CPTU-R	2020-09-04	20C621-20200904105426.cpt	HSRN
	Kv	2020-09-07	-	PST
20C622	Tr	2020-09-02	20C622 20200902 2572.TRT	PST
20C623	Tr	2020-09-02	20C623 20200902 2571.TRT	PST
20C624	Tr	2020-09-04	20C624 20200904 2576.TRT	PST
20C625	Tr	2020-09-08	20C625 20200908 2510.TRT	HSRN
	CPTU-R	2020-09-11	20C625-20200911102914.cpt	HSRN
	Skr	2020-09-09	-	PST
	Vb	2020-09-09	20C625.vct	PST
20C626	Tr	2020-09-04	20C626 20200904 2578.TRT	PST
	Skr	2020-09-10	-	PST
	Vb	2020-09-10	20C626.vct	PST
	CPTU-R	2020-09-07	20C626-20200907140301.cpt	HSRN
20C627	Tr	2020-09-04	20C627 20200904 2577.TRT	PST
20C628	Tr	2020-09-08	20C628 20200908 2511.TRT	HSRN
20C629	Tr	2020-09-08	20C629 20200908 2512.TRT	HSRN
	Skr	2020-09-09	-	HSRN
	Kv	2020-09-10	-	HSRN
	CPTU-R	2020-09-11	20C629-20200911092150.cpt	HSRN
	Vb	2020-09-09	20C629.vct	PST
20C630	Tr	2020-09-08	20C630 20200908 2513.TRT	HSRN
	Gw	2020-09-08	-	HSRN
20C631	Tr	2020-09-08	20C631 20200908 2514.TRT	HSRN
	Skr	2020-09-08	-	HSRN

7.1 Utförda sonderingar och insitu-försök

I Tabell 5 nedan redovisas de undersökningar som utförts med respektive metod enligt gällande standarder, se Kapitel 4 Styrande dokument.

Tabell 5 Antalet utförda sonderingar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Trycksondering (Tr)	18
CPT-sondering (CPTU-R)	10
Vingförsök (Vb)	8

7.2 Utförda provtagningar

I Tabell 6 nedan redovisas de undersökningar som utförts med respektive metod enligt gällande standarder, se kap 4 Styrande dokument.

Tabell 6 Antalet utförda provtagningar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Störd provtagning, Skruvprovtagning (Skr)	11
Ostörd provtagning, Kolvprovtagning (Kv)	3

7.3 Undersökningsperiod

De geotekniska fältundersökningarna har utförts under vecka 36-37 år 2020.

7.4 Fältingenjör

Fältarbetena har utförts av Hampus Rydén och Peter Strindberg, COWI AB.

7.5 Observationer och iakttagelser

Fältingenjörernas eventuella noteringar i samband med kolvprovtagning redovisas i bilaga "Datum för upptagning och analys av prover", se Bilaga 12.

Fältgeotekniker har uppgett att kolvprovtagningen delvis var problematisk med prover som inte stannade i kolvhylsan. Slutarbleck användes därav vid provtagning

7.6 Kalibrering och certifiering

COWI AB är kvalitetscertifierat enligt ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 och OHSAS 18001:2007.

Kalibreringsprotokoll för borrhandsvagn, vingdon samt CPT-spets har bilagts denna rapport, se Bilaga 15.

7.7 Provhantering

Provtagning och hantering av jordprover har utförts enligt SGF Rapport 1:2013 Geoteknisk Fälthandbok.

Ostörda prover har förvarats i glasfiberhylsor med tätslutande gummilock i avsedda lådor som tillhandahållits av laboratoriet. Proverna har transporterats på ett sådant sätt att de inte utsatts för temperaturer under fryspunkten eller skadliga vibrationer eller stötar. Jordprover har förvarats kylda och sparas på laboratoriet i upp till sex månader.

Störda prover har förvarats och transporterats i provpåsar av plast.

8 Hydrogeologiska fältundersökningar

I området har hydrogeologiska undersökningar utförts i fyra undersökningspunkter. Installationen av grundvattenrör och porttrycksmätare har utförts i samband med de geotekniska fältundersökningarna.

I Tabell 7 nedan redovisas antalet installerade porttrycksspetsar och grundvattenrör för respektive undersökningspunkt.

Tabell 7 Antalet utförda undersökningar fördelat på metod

Punkt	Hydrogeologisk undersökning	Typ	Installationsdjup (spetsnummer)
20C613	Installation av porttrycksspets (Pp)	Elektrisk porttrycksspets	5m (17906) 10m (17908) 20m (17909)
20C621	Installation av grundvattenrör (Rf)	Stålrör med filterspets	27,2m

Punkt	Hydrogeologisk undersökning	Typ	Installationsdjup (spetsnummer)
20C621	Installation av portrycksspets (Pp)	Elektrisk portrycksspets	6m (17907) 12m (19082) 20m (19081)
20C629	Installation av portrycksspets (Pp)	Elektrisk portrycksspets	5m (19079) 10m (19080)
20C629	Installation av grundvattenrör (Rf)	Stålrör med filterspets	11,8m
20C630	Installation av grundvattenrör (Rf)	Stålrör med filterspets	3,5m

8.1 Utförda hydrogeologiska fältundersökningar

I Tabell 8 nedan redovisas de undersökningar som utförts med respektive metod enligt gällande standarder, se kap 4 Styrande dokument.

Tabell 8 Antalet utförda hydrogeologiska undersökningar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Installation av grundvattenrör (Rf)	3
Installation av portrycksspets (Pp)	8

8.2 Undersökningsperiod

Grundvattenrören är avlästa vid fem tillfällen under perioden september år 2020 till juni år 2021.

Avläsning av portrycksspetsar har utförts med elektrisk portrycksmätare med automatisk avläsning en gång per dygn under perioden september år 2020 till juni år 2021.

8.3 Fältingenjör

De hydrogeologiska mätningarna har utförts av Hampus Rydén, Max Johansson och Mattias Ilmestrand, COWI AB.

8.4 Kalibrering

Kalibreringsprotokoll för de elektriska porttryckspetsarna finns sammanställda hos COWI AB och skickas till beställaren vid förfrågan.

9 Geotekniska laboratorieundersökningar

Geotekniska laboratorieundersökningar har utförts på MITTA geotekniska laboratorium i Onsala.

Resultaten av undersökningarna redovisas i bilagda laboratorieprotokoll och på ritningar, se bilaga 1–5. Datum för upptagning av prover respektive analys redovisas i bilaga 12. Provkvaliteten på de ostörda proverna har utvärderats från utförda CRS- och ödometerförsök, se bilaga 13.

I Tabell 9 nedan redovisas utförda laboratorieundersökningar som utförts på jordprover upptagna med störd respektive ostörd provtagning enligt gällande standarder, se Kapitel 4 Styrande dokument.

Tabell 9 Utförda laboratorieundersökningar

Punkt	Laboratorieanalys	Antal prov/nivåer	Datum för granskning av laboratoriet
20C613	Okulär benämning	16	2020-09-11/ 2020-09-21
	Vattenkvot	28	2020-09-11/ 2020-09-21
	Skrymdensitet	36	2020-09-11
	Konflytgräns	12	2020-09-11
	Skjuvhållfasthet	12	2020-09-11
	CRS-försök	4	2020-09-25
	Stegvisa ödometerförsök	2	2020-10-07
	Direkta skjuvförsök	4	2020-10-19/ 2020-10-14
	Aktivt odränerat triaxialförsök	3	2020-12-14/ 2020-12-18/ 2020-12-20
	Aktivt dränerat triaxialförsök	2	2021-01-04
	Sikt- och sedimentationsanalys	4	2020-09-25/

Punkt	Laboratorieanalys	Antal prov/nivåer	Datum för granskning av laboratoriet
			2021-01-20
20C615	Okulär benämning	3	2020-09-21
	Vattenkvot	3	2020-09-21
20C616	Okulär benämning	4	2020-09-21
	Vattenkvot	4	2020-09-21
20C617	Okulär benämning	4	2020-09-21
	Vattenkvot	4	2020-09-21
20C618	Okulär benämning	3	2020-09-21
	Vattenkvot	3	2020-09-21
20C620	Okulär benämning	3	2020-09-21
	Vattenkvot	2	2020-09-21
20C621	Okulär benämning	15	2020-09-18/ 2020-09-21
	Vattenkvot	27	2020-09-21/ 2020-09-18
	Skrymdensitet	36	2020-09-18
	Konflytgräns	12	2020-09-18
	Skjuvhållfasthet	12	2020-09-18
	Siktning & sedimentation	2	2020-10-22
	CRS-försök	4	2020-10-05
	Stegvisa ödometerförsök	2	2020-10-07
	Direkta skjuvförsök	3	2020-11-24/ 2020-11-26
	Aktivt odränerat triaxialförsök	3	2020-01-12
	Aktivt dränerat triaxialförsök	2	2021-01-26
	Sikt- och sedimentationsanalys	4	2020-10-22/ 2021-01-20
20C625	Okulär benämning	4	2020-09-21
	Vattenkvot	4	2020-09-21

Punkt	Laboratorieanalys	Antal prov/nivåer	Datum för granskning av laboratoriet
20C626	Okulär benämning	3	2020-09-21
	Vattenkvot	3	2020-09-21
20C629	Okulär benämning	11	2020-09-21
	Vattenkvot	18	2020-09-21
	Skrymdensitet	24	2020-09-21
	Konflytgräns	8	2020-09-21
	Skjuvhållfasthet	8	2020-09-21
	Siktning och sedimentation	2	2020-09-25
	CRS-försök	4	2020-09-30
	Stegvisa ödometerförsök	1	2020-11-09
	Direkta skjuvförsök	4	2020-12-19/ 2020-12-21
Sikt- och sedimentationsanalys	2	2020-09-30	
20C631	Okulär benämning	5	2020-09-21
	Vattenkvot	4	2020-09-21

9.1 Utförda undersökningar

I Tabell 10 nedan redovisas de undersökningar som utförts med respektive metod enligt gällande standarder, se kap 4 Styrande dokument.

Tabell 10 Antalet utförda undersökningar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Jordartsbenämning	71
Vattenkvot	100
Konflytgräns	32
Skrymdensitet	96
Skjuvhållfasthet, konförsök	32
CRS-försök	12

Undersökningsmetod	Antal
Stegvisa ödometerförsök	5
Aktivt odränerat triaxialförsök	6
Direkta skjuvförsök	11
Aktivt dränerat triaxialförsök	4

9.2 Undersökningsperiod

Geotekniska laboratorieundersökningar har utförts under perioden september år 2020 till januari 2021.

9.3 Laboratorieingenjör

Laboratorieundersökningarna har utförts av Helena Seger, Tony Axelsson, Peter Hedborg och Magnus Salmi på MITTAs geotekniska laboratorium i Onsala

9.4 Kalibrering och certifiering

MITTA är kvalitets- och miljöcertifierat enligt ISO 9001:2015 resp. 14001:2015. Laboratoriet arbetar med ackrediterade metoder. Laboratoriet ansvarar för att inlämnade prover analyseras enligt angivna gällande standarder.

9.5 Provförvaring

Jordproverna har efter mottagande förvarats i kylrum. Proverna sparas därefter i tre månader efter utförd rutinundersökning.

10 Härledda värden

10.1 Hållfasthetsegenskaper

Härledda värden för siltens egenskaper har utvärderats från utförda CPT-sonderingar, vingförsök och från laboratorieundersökning på ostörda prover (fallkonförsök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök). De härledda värdena är sammanställda i diagram och är bilagda till denna rapport, se bilaga 7.

CPT-sonderingarna är utvärderade med datorprogrammet Conrad version 3.1 och är bilagda till denna rapport, se bilaga 6.

10.2 Deformationsegenskaper

Härledda värden för siltens förkonsolideringstryck har utvärderats från utförda CRS- och ödometerförsök. Laboratorieresultat för utförda CRS- och ödometerförsök försök har bilagts i denna rapport, se Bilaga 2. Utvärderad överkonsolideringsgrad redovisas i bilaga 8.

10.3 Indexegenskaper

Härledda värden för siltens densitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet har utvärderats från utförda laboratorieanalyser av störda och ostörda prover. De härledda värdena är sammanställda i diagram och är bilagda till denna rapport, se bilaga 9.

Förekomsten av högsensitiv silt har utvärderats från CPTU-R och trycksonderingar och redovisas i bilaga 10.

10.4 Hydrogeologiska egenskaper

Uppmätta grundvatten och portrycksnivåer redovisas på ritningsbilagor och i diagram där trycknivån uppritats mot djup och tid, se Bilaga 11.

11 Värdering av undersökning

11.1 Generellt

Fältgeotekniker har rapporterat vissa svårigheter vid upptagning av ostörda prover och har delvis behövt använda slutarbleck. Detta beror troligen på att jordlagerföljden i området utgörs av en silt med ett relativt lågt lerinnehåll som även är gyttjig. Att jordlagerföljden i området utgörs av en gyttjig silt med relativt lågt lerinnehåll bedöms också till viss del ha påverkat resultaten från både in-situ- och laborieförsök.

11.2 Härledda värden spridning och relevans

Sammanställningen av utförda geotekniska undersökningar visar på viss spridning och i vissa fall avvikande enstaka värden sinsemellan resultaten från de olika undersökningsmetoderna. Spridningen bedöms till stor del bero på den varierande lerhalten i området, samt ställvis betydande sandinnehåll. Det låga

lerinnehållet bedöms också delvis ha påverkat kvaliteten på de ostörda proverna. Siltens gyttjeinnehåll har troligen också resulterat i viss spridning.

Speciellt avvikande är de direkta skjuvförsöken utförda på samtliga prover från undersökningspunkt 20C629 och från 5 och 10 m djup i undersökningspunkt 20C621. Den utvärderade skjuvhållfastheten från dessa försök är i stort sett lägre än från alla andra metoder, både de utförda i samma undersökningspunkter och de utförda i övriga undersökningspunkter.

CRS-försöken utförda på prover från undersökningspunkt 20C629 indikerar sämre provkvalitet än övriga punkter. Ingen tydlig "knyck" kan ses på spännings-töjningskurvorna, se bilaga 13 och portrycksupbyggnaden under testerna följer inte det mönster som kan förväntas vid försök på prover av god kvalitet. Bristande provkvalitet kan därför till viss del förklara varför skjuvhållfasthet från direkta skjuvförsök i undersökningspunkt 20C629 är markant lägre än vad som kan förväntas. Med hänsyn till CRS-försökens provkvalitet, kurvornas utseende för de direkta skjuvförsöken, samt att resultatet ligger under konförsökets bedöms resultaten, för undersökningspunkt 20C621 på 5 och 10 m djup, samt undersökningspunkt 20C629 samtliga nivåer ej vara tillförlitliga.

Det odränerade aktiva triaxialförsöket utfört på ostört prov från 12 m djup i undersökningspunkt 20C621 avviker från övriga triaxialförsök. Det försöket utfördes med lägre K_0 än övriga försök, det vill säga att en lägre radialsänkning i förhållande till axialsänkning användes. Detta gäller under såväl konsolideringsfasen som under själva skjuvningen och leder rimligen till lägre utvärderad hållfasthet än om radialsänkningarna hade varit högre.

De dränerade aktiva triaxialförsöken utförda i undersökningspunkt 20C613 avviker starkt från resultaten från övriga triaxialförsök. Detta är troligtvis ett resultat av den större mängd sand som har påträffats i undersökningspunkten och det bedöms därav att dessa värden inte är representativa för området.

Portrycksspetsen installerad på 12 m djup i undersökningspunkt 20C621 har troligen gått sönder under april 2021. Mätningar från och med april visar på ett kontinuerligt stigande portryck, vilket inte har registrerats av övriga portrycksmätare. Därav redovisas mätningar från denna spets enbart till och med sista mars 2021.

Resultaten av nu utförda undersökningar uppvisar till största del överensstämmelse med resultat av tidigare utförda undersökningar i området. Undersökningspunkt U08043 till U08045 från Göta älv-utredningen avviker från nu utförda undersökningar, vilket gäller för både dess index- och hållfasthetsegenskaper. Det bedöms att dessa punkter tillhör en annan geologisk lokal än aktuellt området och har därför inte inkluderats i sammanställningen.

11.3 Övrigt

Enligt SGU:s kartvisare för jordskred och raviner finns det ett skredärr i södra delen av området, se Figur 2.