



SGI, Statens geotekniska institut

19140, Nerängen detaljerad stabilitetsutredning, 23600V

Markteknisk undersökningsrapport/ Geoteknik (MUR/GEO)

Diariennr SGI: 6.2-1910-0743

MUR Geoteknik

Uppdrag
Stabilitetsutredning Nerängen, Göta Älv
Uppdragsnummer
776882
GNR
19220
Beställare
Statens geotekniska institut, SGI
Beställarens referens
Per Bolin

Datum
14/02/2020
Revidering

Uppdragsledare
Mikael Isaksson
Telefon
010-505 48 60
Mail
Mikael.isaksson@afry.com

Upprättad av:
Maria Margenberg
Darko Asanovic
Granskad av:
Axel Josefson

MUR Geoteknik

Förord från SGI

Regeringen har gett Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att minska sannolikheten för skred i Göta äldalen och för att underlätta det arbetet har en delegation inrättats, Delegationen för Göta älv. Delegationen består av representanter från Vänersborgs, Trollhättans, Lilla Edets, Ales, Kungälv 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 bör utföras för aktuellt område.

Sekretariatet till Delegation för Göta älv

MUR Geoteknik

Innehållsförteckning

Förord från SGI	2
1 Objekt	5
2 Syfte	5
3 Underlag för planering av fältundersökningar.....	6
4 Styrande dokument	6
5 Arkivmaterial	8
6 Befintliga förhållanden.....	8
6.1 Topografi	9
6.2 Ytbeskaffenhet	10
6.3 Befintliga byggnader och anläggningar	12
7 Utsättning/Inmätning	13
8 Geotekniska fältundersökningar.....	13
8.1 Geotekniska undersökningar.....	13
8.1.1 Geoteknisk kategori.....	13
8.1.2 Tidigare utförda undersökningar	13
8.1.3 Utförda undersökningar.....	13
8.1.4 Fältingenjörer	14
8.1.5 Kalibrering och certifiering	14
8.1.6 Provhantering	14
9 Hydrogeologiska undersökningar	14
9.1 Utförda undersökningar	14
10 Laboratorieundersökningar	14
10.1 Utförda undersökningar	14
10.2 Laboratorieingenjörer	15
10.3 Kalibrering och certifiering.....	15
10.4 Provförvaring	15
11 Härledda värden.....	15
11.1 Utvärdering och korrigerig	15
11.2 Hållfasthetsegenskaper	16
11.3 Deformationsegenskaper.....	16
11.4 Hydrogeologiska egenskaper	16

MUR Geoteknik

11.5	Övriga egenskaper	17
12	Värdering av undersökning	17
12.1	Härledda värdens spridning och relevans	17
13	Övrigt	17
14	Ritningar	18

Bilagor

Bilaga 1	Sammanställning skjuvhållfasthet
Bilaga 2	Sammanställning jordparametrar
Bilaga 3	Konsolideringsdiagram
Bilaga 4	Portrycksmätningar
Bilaga 5	Utvärdering av CPT-sonderingar CONRAD
Bilaga 6	Fältrapport
Bilaga 7	Laboratorierapport
Bilaga 8	Kalibreringsprotokoll
Bilaga 9	Kontroll av provkvalitet, kolvprovtagning
Bilaga 10	Datum för upptag och analys av prover
Bilaga 11	Bilder från platsbesök 2019-11-14

MUR Geoteknik

1 Objekt

På uppdrag av SGI, Statens geotekniska institut, har AFRY (ÅF Infrastructure AB) utfört geotekniska undersökningar inom delområdet Nerängen, Lilla Edets Kommun. Området är beläget ca 8 kilometer norr om Lilla Edet och omfattar en sträcka på ca 1 km på älvens västra sida.

Uppdraget omfattar en detaljerad stabilitetsutredning med stabilitetsberäkningar för rådande förhållanden. Inom uppdraget har stabilitetsberäkningar utförts i fem sektioner. Både stabiliteten ner mot älven samt stabiliteten för en ravin har undersökts. I Figur 1-1 redovisas undersökt område översiktligt på satellitkarta.



Figur 1-1 Översikt över ungefärligt läge på utrett område från satellitkarta. (Omarbetad från maps.google.se).

2 Syfte

Syftet med undersökningarna har varit att ta fram underlag för den detaljerade stabilitetsutredningen för det aktuella undersökningsområdet.

Föreliggande rapport redovisar resultaten av i uppdraget och tidigare utförda geotekniska undersökningar inom området.

MUR Geoteknik

3 Underlag för planering av fältundersökningar

- Information om uppdraget har erhållits från beställaren: terrängmodell, batymetri, fastighetsgränser, tidigare utredningar mm.
- Jordarts- och jorddjupskartor har inhämtats från Sveriges geologiska undersöknings (SGU) tjänst Kartgeneratören (<https://www.sgu.se/>)
- Ledningsunderlag har inhämtats från Post- och telestyrelsens (PTS) tjänst Ledningskollen (www.ledningskollen.se)
- Tidigare utförda geotekniska undersökningar enligt avsnitt 5.

4 Styrande dokument

Styrande dokument för uppdraget utgörs av:

DGA00XST02 Riktlinjer för dokumenthantering, daterad 2019-11-05

DGA00XST01 Riktlinjer för tekniskt arbete 2.0, daterad 2019-11-05

Vidare ansluter denna rapport till SS-EN 1997-1:2005 med tillhörande nationell bilaga

Tabell 4-1 Planering och redovisning.

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Fältplanering	SS-EN 1997-2 med korrigerings SS-EN 1997-2:1997/AC:2010
Fältutförande	Geoteknisk fälthandbok, SGF Rapport 1:2013 SS-EN-ISO 22475-1
Beteckningssystem	SGF/BGS beteckningssystem 2001:2 SS-EN 14688-1 med tillägg SS-EN ISO 14688-1/A1:2013 Kompletterad version av Berg och Jord Beteckningsblad 2013-04-24 (översättningsnyckel mellan SGF/BGS beteckningssystem och gällande europastandard SS-EN 14688-1, från IEG Rapport 13:2010)

MUR Geoteknik

Tabell 4-2 Fältundersökningar.

Undersökningsmetod	Beteckning	Standard eller annat styrande dokument
Mekanisk trycksondering	TrM	Geoteknisk fälthandbok SGF Rapport 1:2013 SGF metodblad "Beskrivning av Mekanisk Trycksondering" 2009-01-27
Vingförsök	Vb	Geoteknisk fälthandbok SGF Rapport 1:2013 SGF Rapport 2:93, Rekommenderad standard för vingförsök i fält
Kolvprovtagning	Kv	Geoteknisk fälthandbok SGF Rapport 1:2013 SGF Rapport 1:2009, Metodbeskrivning för provtagare med standardkolvprovtagare
CPT-sondering	CPT, CPT-R	Geoteknisk fälthandbok SGF Rapport 1:2013 SS-EN ISO 22476-1
Skruvprovtagning	Skr	Geoteknisk fälthandbok SGF Rapport 1:2013
Hydrogeologiska metoder		SGI Information 11 Mätning av grundvattennivå och portryck

Tabell 4-3 Laboratorieundersökningar (AFRY Göteborg).

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Jordartsbestämning och beskrivning	SS-EN ISO 14688-1
Klassificering	SS-EN ISO 14688-2
Skrymdensitet	SS 027114
Vattenkvot	SS 027116
Konflytgräns	SS 027120
Materialtyp & Tjälfarlighetsklass	AMA Anläggning 17

MUR Geoteknik

Tabell 4-4 Laboratorieundersökningar (MITTA).

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Jordartsbestämning	SS-EN ISO 14688-1,-2/SGF R1:2016 SGF/BGS beteckningssystem 2001:2
Vattenkvot	SS-EN ISO 17892-1:2014
Skrymdensitet	SS EN ISO 17892-2:2014
CRS-försök	SS 027126
Direkta skjuvförsök	SS 207127

5 Arkivmaterial

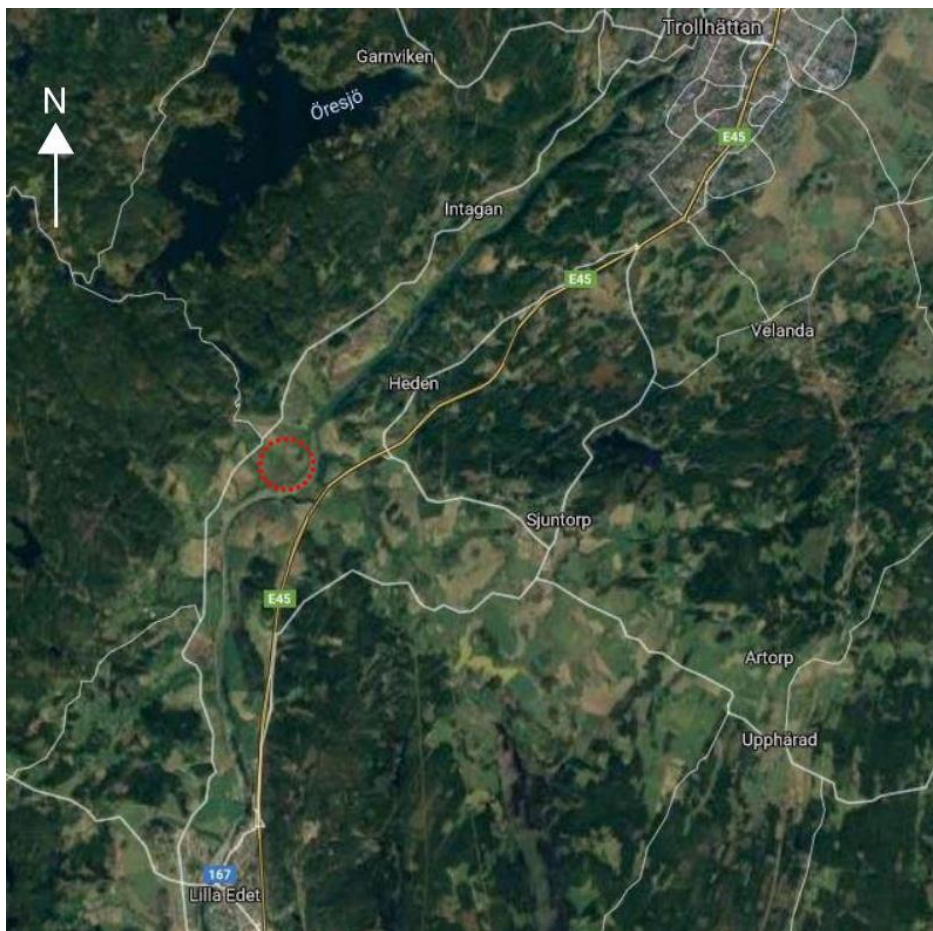
Relevanta delar av följande tidigare utredningar har inarbetats i denna handling:

- Göta Älvutredningen, GÄU. Delområde 05, Intagan - Ström. MUR/Geo, daterad 2011-08-31.
- Göta Älvutredningen, GÄU. Delområde 11. Sjögeoteknik.
- Geotekniska undersökningar i Göta älv, norra lilla Edet. Sweco, 2019, uppdragsnr. 19091. Diarienummer 6.2-1908-0453. Underlag tillhandahållet i form av arbetsmaterial. Dessa är benämnda med prefix 19SWxx i ritningar och sammanställningar.

6 Befintliga förhållanden

Det aktuella undersökningsområdet är beläget ca 8 kilometer norr om Lilla Edet och ca 10 km sydväst om Trollhättan. Undersökningsområdet omfattar en sträcka på ca 1 km på älvens västra sida. Se Figur 6-1.

MUR Geoteknik



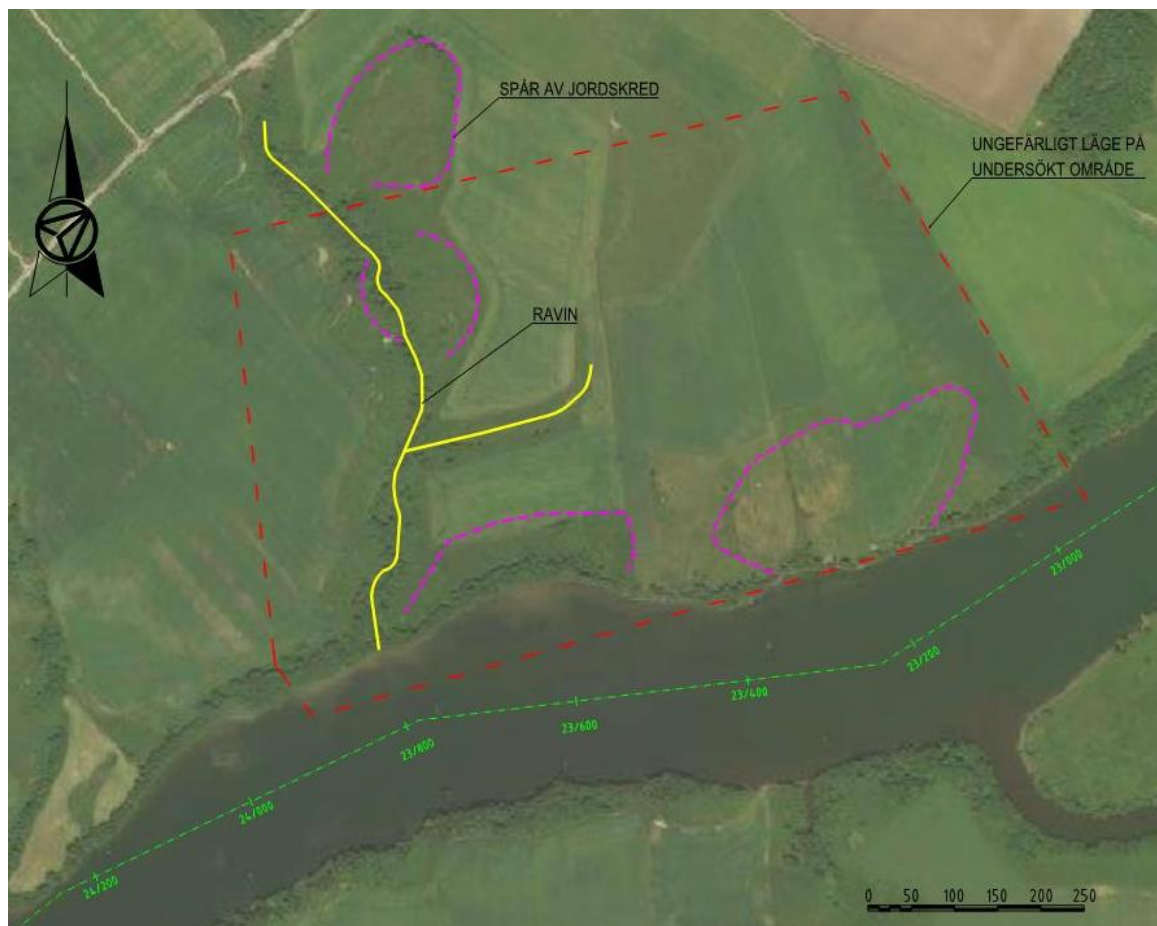
Figur 6-1. Översiktsfoto. Ungefärligt läge på undersökt området är markerat med röd streckad linje. (Omarbetad från [google.se/maps](https://www.google.se/maps)).

6.1 Topografi

Undersökningsområdet består dels av flackare ytor bestående av betes- eller åkermark samt branta slänter ner mot älven i sydsydost och ner mot den ravin som löper in från Göta älv. En mindre avgrening går från ravinens östra sida in mot mitten av undersökningsområdet.

Inom och i anslutning till det undersökta området finns flera sänkor och slänter troligtvis skapade av gamla skred, se Figur 6-2. Ingen kännedom finns om när tidigare skred har skett.

MUR Geoteknik



Figur 6-2 Skredärr inom området, markerade med rosa markering. Ravinen och dess avgrening markerad med gult. Utredningsområdets ungefärliga läge är markerat med röd streckad linje. (Omarbetad från <http://gis.swedgeo.se/skred/>).

Nivån på inmätta undersökningspunkter varierar från ca +24 i de nordligaste punkterna, ner till ca + 6,7 närmast älven.

Batymetri tillhandahållen av beställaren visar en grundare platå längs med strandlinjen som övergår i en brantare undervattenslänt, med varierande lutning vid de olika utredda sektionerna, lägre ut mot farleden. Farledens bottennivå varierar mellan ca -4 till ca -8,5.

6.2 Ytbeskaffenhet

Området utgörs främst av ängs-, betes- och jordbruksmark längs Göta Älvs västra sida. Även växtlighet i form av träd och buskage finns på området, främst vid området närmast älven.

MUR Geoteknik

Erosionsskydd av krossmaterial återfinns längs med i stort sett hela området strandlinje. Erosionsskyddets kvalitet varierar längs den undersökta sträckan. Se Figur 6-3, Figur 6-4 och Figur 6-5.



Figur 6-3 Äldre erosionsskydd längs med älvstranden. Områdets centrala delar. Fotoriktning mot nordost. (Foto från platsbesök 2019-11-14.)



Figur 6-4 Äldre erosionsskydd längs med älvstranden, områdets östra del. Fotoriktning mot sydväst. (Foto från platsbesök 2019-11-14.)

MUR Geoteknik



Figur 6-5. Sträcka utan väsentligt erosionsskydd på de centrala delarna av området. Fotoriktning mot sydväst. (Foto från platsbesök 2019-11-14.)

6.3 Befintliga byggnader och anläggningar

Det finns inga befintliga byggnader eller anläggningar på det undersökta området. Ca 1 km nordväst om älven, vid Utby, finns ett antal bostadshus och gårdsbyggnader.

Det finns inga ledningar på undersökt landområde.

MUR Geoteknik

7 Utsättning/Inmätning

Valda beräkningssektioner är inmätta av AFRY under november 2019.

Undersökningspunkterna är utsatta och inmätta med GPS. Inmätning har skett i enlighet med geoteknisk mätningssklass A.

Koordinatsystem: SWEREF 99 TM

Höjdsystem: RH 2000

8 Geotekniska fältundersökningar

8.1 Geotekniska undersökningar

8.1.1 Geoteknisk kategori

Undersökningarna är utförda i enlighet med förutsättningarna för tillämpning av Geoteknisk kategori 2 (GK 2).

8.1.2 Tidigare utförda undersökningar

Tidigare utförda undersökningspunkter har inarbetats och redovisas enligt kapitel 5.

8.1.3 Utförda undersökningar

Fältundersökningarna har utförts av AFRY Infrastructure AB under november och december 2019. Totalt omfattar fältarbetet 11 st. undersökningspunkter. Antalet undersökningsmetoder fördelas enligt Tabell 8-1. Undersökningarna redovisas på ritning G-10.1-001 i plan samt på G-10.2-001 till G-10.2-005 i sektion, separata sonderingar redovisas på G-10.2-006 till G-10.2-028.

Tabell 8-1 Utförda geotekniska fältundersökningar.

Metod	Syfte	Antal
<i>Mekanisk Trycksondering</i>	<i>Bestämning av jorddjup och jordlagerföljd</i>	2
<i>CPTR-sondering</i>	<i>Bestämning av jordlagerföljd, relativ fasthet, resistivitet, hållfasthets- och deformationsegenskaper samt variationer i jordens egenskaper mot djupet.</i>	11
<i>Vingförsök</i>	<i>Bestämning av lerans/gyttjans skjuvhållfasthet</i>	9
<i>Kolvprovtagning</i>	<i>Upptagning av ostörda jordprover</i>	3
<i>Skruvprovtagning</i>	<i>Upptagning av störda jordprover</i>	11

MUR Geoteknik

8.1.4 Fältingenjörer

Fältingenjörer vid geotekniska undersökningar utförda inom aktuell utredningen har varit:

Jonas Eriksson Isberg, AFRY
Peter Hirvonen, AFRY
Martin Johansson, AFRY
Peter Holm, AFRY

8.1.5 Kalibrering och certifiering

Kalibreringsprotokoll för använd fält-utrustning redovisas i Bilaga 8.

8.1.6 Provhantering

Hantering av jordprover har utförts enligt SGF rapport 1:2013.

Störda prover har förvarats och transporterats i provpåsar av plast.

Ostörda prover har packats i provhylsor med plastmellanlägg och tätslutande lock samt transporterats i särskilt avsedda transportlådor.

9 Hydrogeologiska undersökningar

9.1 Utförda undersökningar

Fri grundvattenyta i den övre öppna akviferen har kontrollerats i samband med samtliga skruvprovtagningar vid undersökningstillfället. Observerad vattenytan vid skruvprovtagning redovisas i Tabell 11-1.

Geotekniska portrycksstationer har installerats i 3 st. punkter med vardera 3 st. porstryckmätare placerade på varierande djup under markytan. Porstrycksmätarna är installerade med automatisk avläsning.

Installerade porstrycksmätare har avlästs under perioden november 2019 till december 2019. Resultatet av utförda mätningar redovisas i Bilaga 4.

Installerade porstrycksmätare sitter kvar. Automatisk avläsning sker 4 gånger per dygn. Minnet har en kapacitet av 2000 mätvärden innan överskrivning sker. Batteriet har en kapacitet av ca 100 000 mätvärden.

10 Laboratorieundersökningar

10.1 Utförda undersökningar

Jordprover har analyserats under november 2019 - februari 2019. Undersökningarnas omfattning redovisas i Tabell 10-1. Laboratorieprotokoll redovisas i Bilaga 7.

MUR Geoteknik

Tabell 10-1. Utförda geotekniska laboratorieundersökningar.

Undersökning	Utförare	Antal provtagningsnivåer
Jordartsbestämning och vattenkvot störda jordprover	AFRY, geotekniska laboratoriet i Göteborg	34
Rutinundersökning ostörda jordprover	AFRY, geotekniska laboratoriet i Göteborg	34
Kompressionsförsök CRS	MITTA, geotekniska laboratoriet i Onsala	15
Direkta skjuvförsök	MITTA, geotekniska laboratoriet i Onsala	8

10.2 Laboratorieingenjörer

Ansvariga laboratorieingenjörer under nu utförda undersökningar har varit:

- Hanna Karlström, AFRY
- Henrik, Karlsson, AFRY
- Helena Seger, Mitta
- Tony Axelsson, Mitta

10.3 Kalibrering och certifiering

Se Laboratorierapport Bilaga 7.

10.4 Provförvaring

Proverna har efter mottagande förvarats i kylrum.

Störda prover sparas i 3 månader och ostörda prover i 6 månader från mottagsdatum. Datum för upptag och analys av prover redovisas i Bilaga 10.

11 Härledda värden

11.1 Utvärdering och korrigerigering

Värdena från utförda störda- och ostörda prover samt CPT-sonderingar och vingsonderingar redovisas. Den odränerade skjuvhållfastheten har korrigerats med hänsyn till konflytgräns och överkonsolideringsgrad.

Utförda CPT-sonderingar är utvärderade enligt SGI Info 15 i datorprogrammet Conrad version 3.1, se Bilaga 5.

Härledda värden har sammanställts utifrån nivå och djup.

MUR Geoteknik

11.2 Hållfasthetsegenskaper

Redovisning av värden för skjuvhållfasthet utvärderade från vingsonering, CPT-sonering samt konförsök på ostörda prover i laboratorium.

Skjuvhållfasthet har redovisats med följande uppdelning:

- Odränerad analys utifrån nivå, alla metoder. Bilaga 1:1.
- Odränerad analys utifrån nivå, alla metoder utom CPT. Bilaga 1:2.
- Odränerad analys utifrån nivå, enbart CPT. Bilaga 1:3.
- Odränerad analys utifrån djup, alla metoder. Bilaga 1:4.
- Odränerad analys utifrån djup, alla metoder utom CPT. Bilaga 1:5.
- Odränerad analys utifrån djup, enbart CPT. Bilaga 1:6.

Sammanställningar redovisas i Bilaga 1.

11.3 Deformationsegenskaper

Härledda värden av förkonsolideringstryck, σ'_c från utvärderade CRS-försök redovisas i Bilaga 3. I Bilaga 3 ses även empiriskt beräknad spänning utifrån Hansbos relation beräknad med skjuvhållfastheter uppmätta från ving- respektive konförsök.

11.4 Hydrogeologiska egenskaper

Värden från utförda portrycksmätningar redovisas i Bilaga 4.

Tabell 11-1 Observerad vattenyta i skruvprovtagningshål.

Punkt	Datum	Observerad vattenyta i skruvprovtagningshål (m under my)	Trycknivå
19AF01	2019-11-21	Ingen synlig vy	-
19AF02	2019-11-21	1,7	+17,15
19AF03	2019-11-21	1,5	+21,58
19AF04	2019-11-27	Ingen synlig vy	-
19AF05	2019-11-27	1,6	+18,23
19AF06	2019-12-02	Ej mätbart	-
19AF07	2019-11-29	1	+17,286
19AF08	2019-12-02	Ingen synligt vy	-
19AF09	2019-12-04	Ej mätbart	-
19AF10	2019-12-04	0,65	+18,9
19AF11	2019-12-04	Ej mätbart, inget vatten	-

MUR Geoteknik

11.5 Övriga egenskaper

Densitet, vattenkvot, sensitivitet och konflytgräns från störda och ostörda prover i laboratorium samt data från arkivpunkter redovisas i Bilaga 2.

12 Värdering av undersökning

Fältarbetet har till största del utförts som planerat. Fältundersökningar, fältobservationer och avvikelser från planerade fältundersökningar i sin helhet presenteras i Bilaga 6 Fältrapport.

I Bilaga 9 redovisas störnings av prover och bedömd provkvalitet. Generellt har en god till någorlunda god provkvalitet uppnåtts.

Överlag har kort tid passerat mellan upptag av prover och labb. Liggtiden av prover bedöms inte ha påverkat provkvaliteten negativt.

12.1 Härledda värden spridning och relevans

Spridningen för undersökta jordparametrar anses vara normal mellan utförda provtagningspunkter. Härledda värden för skjuvhållfasthet visar en mycket god samstämmighet inom området och för olika undersökningsmetoder. Tydligt avvikande värden från fältundersökningar har bortsetts ifrån vid utvärdering.

13 Övrigt

Undersökningsresultaten redovisas på bifogade handlingar och ritningar. För förklaring till de geotekniska benämningarna hänvisas till SGF:s hemsida: www.sgf.net (Svenska Geotekniska Föreningen).

Direkta skjuvförsök har utförts inom uppdraget men inte inarbetats i sammanställningar eller använts i beräkningar.

Bilder från platsbesök 2019-11-14 redovisas i Bilaga 11.

MUR Geoteknik

14 Ritningar

Nedan i Tabell 14-1 ses förteckning över aktuella ritningar inom projektet.

Tabell 14-1 Ritningsförteckning.

Ritningsnummer	Ritning	Skala	Format
G-10-1-001	Plan	1:2000	A1
G-10.2-001	Sektion V23/210	L 1:1000, H 1:200	A1
G-10.2-002	Sektion V23/500	L 1:1000, H 1:200	A1
G-10.2-003	Sektion V23/600	L 1:1000, H 1:200	A1
G-10.2-004	Sektion V23/820	L 1:1000, H 1:200	A1
G-10.2-005	Sektion V23/820R	L 1:1000, H 1:200	A1
G-10.2-006	Separata sonderingar 19AF01	1:100	A1
G-10.2-007	Separata sonderingar 19AF02	1:100	A1
G-10.2-008	Separata sonderingar 19AF03	1:100	A1
G-10.2-009	Separata sonderingar 19AF04	1:100	A1
G-10.2-010	Separata sonderingar 19AF05	1:100	A1
G-10.2-011	Separata sonderingar 19AF06	1:100	A1
G-10.2-012	Separata sonderingar 19AF07	1:100	A1
G-10.2-013	Separata sonderingar 19AF08	1:100	A1
G-10.2-014	Separata sonderingar 19AF09	1:100	A1
G-10.2-015	Separata sonderingar 19AF10	1:100	A1
G-10.2-016	Separata sonderingar 19AF11	1:100	A1
G-10.2-017	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-018	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-019	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-020	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-021	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-022	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-023	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-024	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-025	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1
G-10.2-026	Separata sonderingar arkiv	1:100	A1

MUR Geoteknik

<i>G-10.2-027</i>	<i>Separata sonderingar arkiv</i>	<i>1:100</i>	<i>A1</i>
<i>G-10.2-028</i>	<i>Separata sonderingar arkiv</i>	<i>1:100</i>	<i>A1</i>