



© Lantmäteriet

---

## Markteknisk undersökningsrapport/Geoteknik MUR/Geo

### Gårdaån

Lödöse, Lilla Edets Kommun  
Släntstabilitetsutredning

Uppdragsnr: 23102

Bohusgeo AB 2024-05-17

## **Beställare**

Kund: Lilla Edets kommun  
Kontaktperson: Emma Allerbro

## **Bohusgeo AB**

Uppdragsnummer: 23102  
Uppdragsledare: Henrik Lundström  
Handläggare: Frida Lundin, David Palmquist  
Granskning: Henrik Lundström

Bastionsgatan 26  
451 50 Uddevalla  
Org.nr. 556601-5243  
Tel. vxl. 0522-946 50  
bohusgeo.se

## Innehållsförteckning

1.	Uppdrag och syfte	2
2.	Underlag för undersökningen	2
3.	Undersökningsperiod	2
4.	Styrande dokument	2
5.	Arkivmaterial	2
6.	Geotekniska fältundersökningar	3
6.1.	Allmänt	3
6.2.	Omfattning	3
6.3.	Kvalitetsinformation och observationer	4
6.4.	Sondering och in situ-metoder	4
6.5.	Grundvattenobservationer	5
6.6.	Provtagning	5
6.7.	Geodesi	5
7.	Geotekniska laboratorieundersökningar	6
7.1.	Allmänt	6
7.2.	Omfattning	6
7.3.	Kvalitetsinformation och observationer	6
7.4.	Provförvaring	7
8.	Härledda värden	7
8.1.	Vattenkvot, konflytgräns, tunghet och sensitivitet	7
8.2.	Odränerad skjuvhållfasthet	7
8.3.	Dränerad skjuvhållfasthet	7
8.4.	Konsolideringsförhållanden	7
9.	Värdering av undersökningen	7
9.1.	Generellt	7
9.2.	Härledda värdens spridning och relevans	8

## Bilagor

Bilaga 1:1-1:2	Kalibreringsprotokoll, fältutrustning
Bilaga 2:1-2:12	Utvärderade CPT-sonderingar
Bilaga 3:1-3:12	Portrycksmätningar
Bilaga 4:1-4:7	Labororiesammanställning och rutinundersökning
Bilaga 5:1-5:20	Ödometerförsök, CRS
Bilaga 6:1-6:10	Direkta skjuvförsök, DSS
Bilaga 7:1-7:10	Triaxialförsök
Bilaga 8:1-8:8	Jordlagerparametrar
Bilaga 9:1-9:15	Skjuvhållfasthet och friktionsvinkel
Bilaga 10:1-10:3	Konsolideringsförhållanden

## Ritningar

G-10-1-001	Plan	2024-05-17
G-10-2-001	Sektioner	2024-05-17
G-10-2-002	Sektioner	2024-05-17

## 1. Uppdrag och syfte

På uppdrag av Lilla Edets kommun och med statsbidrag från SGI, har Bohusgeo AB utfört en kompletterande geoteknisk undersökning för en fördjupad släntstabilitetsutredning vid Gårdaån i Lödöse, Lilla Edets kommun. Undersökningsområdet ligger öster om bron vid St Peders väg och innefattar bland annat St Peders kyrka, tomtmark och naturområden runt ån.

Syftet med undersökningen är att uppnå fördjupad utredningsnivå enligt IEG Rapport 4:2010 och att bland annat undersöka lerans sensitivitet och anisotropa egenskaper för att ge underlag till släntstabilitetsberäkningar vid Gårdaån.

## 2. Underlag för undersökningen

Underlag som använts för planering av undersökningarna utgörs av:

- Grundkarta
- Inmätning av markyta
- SGU:s jordartskarta
- Tidigare undersökningar, se kapitel 5.

## 3. Undersökningsperiod

Fält- och laboratoriearbetet har utförts under perioden september – december 2023.

## 4. Styrande dokument

Denna rapport ansluter till SS-EN 1997-1 med tillhörande nationell bilaga. Generella standarder och styrande dokument framgår av Tabell 1 nedan. Styrande dokument för utförda undersökningar framgår under kapitel 6 och 7 nedan.

Tabell 1. Generella standarder och styrande dokument.

Metod	Styrande dokument
Planering och redovisning	SS-EN 1997-2, IEG Rapport 4:2008, Rev 1
Beteckningssystem	SGF/BGS Beteckningssystem 2001:2, SGF beteckningsblad 2016-11-01

## 5. Arkivmaterial

Tidigare utförda undersökningar som bedöms vara relevanta har inarbetats på planritning G-10-1-001. Utvalda punkter har redovisats på sektionsritningarna. Samtliga äldre undersökningar som redovisas på planritning G-10-1-001 har även tidigare redovisats av oss i en Markteknisk undersökningsrapport (MUR/Geo), daterad 2023-03-17, uppdragsnr 20041.

Punkter med numrering 20BHXX och 22BHXX har utförts i uppdrag 20041. Övriga äldre undersökningar har erhållits från SGI i Autograf.dbf-format.

## 6. Geotekniska fältundersökningar

### 6.1. Allmänt

Fältarbetet har utförts med bandvagn Geotech 504.

Ansvarig fältgeotekniker: Anders Bokvist, ansvarig mättekniker: Joakim Axelsson.

### 6.2. Omfattning

De undersökta punkterna, tillhörande metoder och koordinater redovisas i Tabell 2 nedan.

**Tabell 2. Undersökningspunkters koordinater och utförda sonderingar.**

Punkt	X	Y	Z	Metod
23BH01	6435728.2	332060.0	8.37	Skr*, Kv StII*
23BH01P1	6435728.8	332051.5	8.11	Pp
23BH01P2	"-"	"-"	"-"	Pp
23BH01P3	"-"	"-"	"-"	Pp
23BH03	6435738.9	332135.7	7.09	Tr, Cpt, Skr, Kv StII
23BH03P1	"-"	"-"	"-"	Pp
23BH04	6435638.5	332067.6	1.52	Tr, Cpt, Skr, Kv StII
23BH04P1	"-"	"-"	"-"	Pp
23BH04P2	"-"	"-"	"-"	Pp
23BH05	6435672.2	332116.4	2.09	Tr, Cpt, Skr, Kv StII
23BH05P1	"-"	"-"	"-"	Pp
23BH05P2	"-"	"-"	"-"	Pp
23BH06	6435639.5	332100.9	2.13	Slb, Tr, Cpt, Skr
23BH06A	"-"	"-"	"-"	Tr

<sup>\*)</sup> Avser kompletterande undersökning i en befintlig punkt.

En sammanställning av antalet utförda undersökningar fördelat på respektive metod redovisas tillsammans med gällande standarder/metodbeskrivningar i Tabell 3 nedan.

**Tabell 3. Antal utförda fältundersökningar fördelat på metod.**

Metod	Antal	Styrande dokument
<b>Sondering</b>		
CPT	4	SS-EN ISO 22476-1:2012/cor 1:2013 SGF Rapport 1:2013 och 1:93
Tr	5	SGF Rapport 1:2013
Slb	1	SGF Rapport 1:2013
<b>Grundvattenobservationer</b>		
Slutna system (Pp)	8	SS-EN ISO 18674-4:2020

Metod	Antal	Styrande dokument
<b>Provtagning</b>		
Kategori A (Kv StII)	4	SS-EN ISO 22475-1:2006
Kategori B (Skr)	5	SS-EN ISO 22475-1:2006
<b>Geodesi</b>		
GNSS/GPS & totalstation	5	HMK-Ge:D och HMK-Ge:GPS SGF Rapport 1:2013

### 6.3. Kvalitetsinformation och observationer

Kontroll och kalibrering av utrustning sker i enlighet med Bohusgeos kvalitetssystem, som är certifierat enligt ISO 9001. I Tabell 4 nedan redovisas gällande kalibreringsprotokoll för använd fältutrustning. Kalibreringsprotokollen redovisas i sin helhet i bilaga 1.

*Tabell 4. Gällande kalibreringsprotokoll för använd fältutrustning.*

Utrustning	Nr	Kalibrering utförd av	Datum
Bandvagn	21610	Geotech	2022-12-28
CPT-sond	4263	Geotech	2023-04-13

I Tabell 5 nedan anges kvalitetsinformation, avvikelser från styrande dokument och händelser som kan ha påverkat undersökningens resultat.

*Tabell 5. Kvalitetsinformation och observationer, fält.*

Punkt	Djup (m)	Metod	Information
23BH01	10 och 12	provtagning	Tegelrester påträffade i prov vid rutinprovning. Bedöms som sannolikt att tegelresterna kommer från de ytliga jordlagren.
23BH04	-	Gw	Öppet grundvattenrör installerades i friktionsjorden under lerlagret, funktionskontroll visar att filtret är igensatt av täta material. Erhållna mätvärden bedöms inte som representativa och redovisas därför inte.
Allmänt		provtagning	Provkvaliteten bedöms vara varierande på grund av att jordlagren är naturligt inhomogena. Bland annat varierar siltinnehållet kraftigt och friktionsjordsskikt, grus, skal m.m. har påträffats.

### 6.4. Sondering och in situ-metoder

#### 6.4.1. Allmänt

Samtliga sonderingar redovisas i plan och sektion på ritningar enligt förteckning ovan.

#### 6.4.2. CPT-sondering med portrycksregistrering, CPTu

Sondering har utförts med Geotech Nova-sond och stänger med Ø36 mm. Som filtermättnadsvätska har glycerin använts. Förborring har utförts genom fast ytlager och sonden har tillåtits temperaturstabiliseras i förborrat hål.

Uppmätta parametrar korrigeras med hänsyn till kalibreringsfaktorer, se bilaga 1, samt för förskjutningar vid nollmätning utförd före och efter sonderingen. Spetstryck och mantelfriktion korrigeras med dynamiskt portryck och areafaktorer till totaltryck.

Utförda CPT-sonderingar utvärderas i programvaran Conrad 3.1.1 och redovisas i bilaga 2.

#### 6.4.3. Trycksondering, Tr

Sondering har utförts med stänger med Ø22 mm och vriden spets för tryckkraft upp till ca 6 till ca 7 kN. Sondering har utförts utan förankring. För att erhålla större nedträngning vrids stängerna när enbart tryckning inte är tillräckligt.

#### 6.4.4. Slagsondering, Slb

Sondering har utförts med geospets R32, hammare AC-TT110 och geostänger Ø44 mm.

### 6.5. Grundvattenobservationer

#### 6.5.1. Allmänt

Mätvärden har omräknats till trycknivå. Resultat redovisas på ritningar och i sammanställning och diagram i bilaga 3.

#### 6.5.2. Slutna system, Pp

Observationsrör utgörs av portrycksspets BAT MkIII, galvade Ø1" stålrör och galvat stållock med låsskruv. Avläsning har utförts med logger, Profound IS-sensor, var fjärde timma. Det uppmätta portrycket korrigeras för uppmätt lufttryck vid samma tillfälle.

### 6.6. Provtagning

#### 6.6.1. Allmänt

Proverna har transporterats till Bohusgeos laboratorium i Uddevalla med fältpersonalens fordon. Prover för triaxial-försök har transporterats med personbil av Bohusgeos personal till Mitta Lab, Göteborg.

#### 6.6.2. Kategori A (ostörda prover)

Provtagning har utförts med kolvprovtagare Kv STII Ø50 mm.

#### 6.6.3. Kategori B (störda/omrörda prover)

Provtagning har utförts med skruvprovtagare Ø80-120 mm. Störda prover har lagts i provtagningspåse av typ Geoskandia.

### 6.7. Geodesi

Inmätning i plan och höjd har utförts i samtliga undersökningspunkter. Inmätning utförs med GNSS/GPS Trimble R10 (Nätverks RTK).

Mätningen bedöms uppfylla noggrannhetskraven för mätningssklass A enligt geoteknisk fälthandbok (SGF Rapport 1:2013), vilka är ±0,3 m i plan och ±0,05 m i höjd.

Inmätning redovisas i koordinatsystem SWEREF 99 TM och i höjdsystem RH2000.

## 7. Geotekniska laboratorieundersökningar

### 7.1. Allmänt

Undersökningarna har i huvudsak utförts på Bohusgeos geotekniska laboratorium, förutom triaxial-försöken som utförts på Mitta Lab, Göteborg.

Ansvarig laboratorietekniker: internt på Bohusgeo: Inga Strid, Alexander Strid, externt på Mitta: Filip Webbjörn

Laboratorieprotokoll redovisas i bilaga 4 – bilaga 7.

### 7.2. Omfattning

Utförda undersökningar redovisas tillsammans med styrande dokument i Tabell 6 nedan.

**Tabell 6. Antal utförda laboratorieundersökningar**

Metod	Antal	Styrande dokument	Not.
Jordartsbestämning	41	SS-EN ISO 14688-1:2017 SS-EN ISO 14688-2:2017 SGF R1:2016 SGF/BGS beteckningssystem 2001:2	Översättning mellan EN & SGF upprättad av IEG/SGF används.
Vattenkvot	64	SS-EN ISO 17892-1:2014	
Konflytgräns	27	SS-EN ISO 17892-12:2018 SGF Notat 1:2018	
Skrymdensitet	72	SS EN ISO 17892-2:2014	
Fallkonförsök, stört och ostört prov	23	SS EN ISO 17892-6:2017 SGF Notat 2:2018	
CRS-försök	18	SS 027126	
Direkta skjuvförsök	10	SS 027127 SGF notat 2:2004	
Triaxialförsök	5	SS-EN ISO 17892-9:2018	

### 7.3. Kvalitetsinformation och observationer

Kontroll och kalibrering av utrustning sker med rutiner enligt Bohusgeos kvalitetssystem som är certifierat enligt ISO 9001. Kalibreringsprotokoll finns dokumenterade på laboratoriet i enlighet med kvalitetssystemet.

I Tabell 7 nedan anges kvalitetsinformation, avvikelser från styrande dokument samt händelser som kan ha påverkat undersökningens resultat.

**Tabell 7. Kvalitetsinformation och observationer, laboratorium.**

Punkt	Djup (m)	Metod	Information
23BH01	8,0 och 10,0	Kv	Fyllningsmaterial i den provtagna leran. Provet bedöms vara stört.
23BH01	6,0, 7,0 och 8,0	CRS	Försök ej utvärderingsbart.



Punkt	Djup (m)	Metod	Information
23BH03	6,5 och 10,0	CRS	Portryck >10% av effektivspänning.
23BH05	11,0	CRS	Försök ej utvärderingsbart.
23BH01	6,0, 8,0 och 17,0	DSS	Utvärdering av skjuvhållfasthet vid 0,15 rad skjuvdeformation utan att distinkt brott erhållits.
23BH04	10,0	DSS	Utvärdering av skjuvhållfasthet vid ca 0,07 rad skjuvdeformation utan att distinkt brott erhållits.

## 7.4. Provförvaring

Proverna förvaras i klimatrums som håller ca 7 °C och kasseras normalt efter 6 månader.

## 8. Härledda värden

### 8.1. Vattenkvot, konflytgräns, tunghet och sensitivitet

Sammanställningar av bestämd vattenkvot, konflytgräns, tunghet och sensitivitet redovisas i bilaga 8. Erhållna värden redovisas både mot nivå och mot djup.

### 8.2. Odränerad skjuvhållfasthet

Härledda värden för odränerad skjuvhållfasthet utvärderade från vingförsök, CPT-sonderingar, konförsök, direkta skjuvförsök samt empiriska samband från CRS-försök redovisas i Bilaga 9 9:2-9:3. Eftersom erhållna värden varierar kraftigt redovisas skjuvhållfastheterna även uppdelade i fyra delområden A-D, se områdesindelning bilaga 9:1 och sammanställningar i bilaga 9:4-9:11. I bilagan (9:12-9:13) redovisas sammanställningar av aktiv och passiv skjuvhållfasthet i de undersökningspunkter där triaxial-försök utförts.

Utvärderad skjuvhållfasthet har korrigerats för konflytgräns och överkonsolideringsgrad (OCR) från närliggande provtagningar.

### 8.3. Dränerad skjuvhållfasthet

Friktionsvinklar har utvärderats från utförda CPT-sonderingar enligt SGI Information 3. Sammanställningar av erhållna värden redovisas i bilaga 9:14-9:15. Utvärderingen är utförd i de delar av jordprofilen där friktionsjord påträffats, dvs i fasta ytlager, friktionsjordlager i leran samt i friktionsjorden under leran. Friktionsjorden bedöms i huvudsak bestå av sand och silt.

### 8.4. Konsolideringsförhållanden

Utvärderade konsolideringsförhållanden redovisas i diagram sammanställda i bilaga 10. Diagrammen redovisar rådande total- och effektivspänningar, förkonsolideringstryck och modul i de undersökningspunkter där kolvprovtagning utförts. Även empirisk utvärdering av förkonsolideringstryck från CPT-sonderingar och vingförsök redovisas i diagrammen.

## 9. Värdering av undersökningen

### 9.1. Generellt

Undersökningarna har utförts i enlighet med gällande krav och rekommendationer. Observationer och avvikelser redovisas i Tabell 5 och Tabell 7 ovan.

## 9.2. Härledda värden spridning och relevans

Sammanställningarna av härledda värden visar att spridningen generellt är stor inom undersökningsområdet. I huvudsak bedöms spridningen bero på jordlagrens naturliga variationer. Förekomst av friktionsjordsskikt, skal, grus, fyllningsrester m.m. bedöms delvis ha påverkat kvaliteten på upptagna prover.