

JUNI 2024
SGI – DELEGATIONEN FÖR GÖTA ÄLV

STOMMEN, LILLA EDETS KOMMUN

MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT (MUR) GEOTEKNIK

32700ORA01



COWI

ADRESS COWI AB
Vikingsgatan 3
Box 12076
402 41 Göteborg
Sverige

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

JUNI 2024
SGI – DELEGATIONEN FÖR GÖTA ÄLV

STOMMEN, LILLA EDETS KOMMUN

MARKTEKNISK UNDERSÖKNINGSRAPPORT (MUR) GEOTEKNIK

32700ORA01

PROJEKTNR.	DOKUMENTNR.	KONTAKTPERSON SGI		DIARIENR. SGI	UPPDRAGSNR. SGI
A227180	32700ORA01	Elin Tunander		6.2-2305-0624	10383
VERSION	UTGIVNINGSDATUM	BESKRIVNING	UTARBETAD	GRANSKAD	GODKÄND
1.0	2024-06-20	MUR Geoteknik	Andreas Stöllman	Charlotte Junkers	Eli Martinez Szmyt

INNEHÅLL

1	Objekt	10
2	Syfte	11
3	Underlag för undersökningen	11
3.1	Tidigare utförda undersökningar	12
4	Styrande dokument	14
5	Befintliga förhållanden	15
5.1	Topografi och ytbeskaffenhet	17
5.2	Befintliga konstruktioner	18
6	Utsättning / Inmätning	20
7	Geotekniska fältundersökningar	21
7.1	Utförda sonderingar och in situ-försök	22
7.2	Utförda provtagningar	22
7.3	Undersökningsperiod	22
7.4	Fältingenjör	22
7.5	Observationer och iakttagelser	23
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	24
9	Geotekniska laboratorieundersökningar	25
9.1	Utförda undersökningar	25
9.2	Undersökningsperiod	25
9.3	Laboratorieingenjör	26
9.4	Kalibrering och certifiering	26
9.5	Provförvaring	26
10	Härledda värden	26
10.1	Hållfasthetsegenskaper	28
10.2	Deformationsegenskaper	28
10.3	Indexegenskaper	28
10.4	Hydrogeologiska egenskaper	28
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-försök
Bilaga 3	Laboratorieundersökningar, direkta skjuvförsök
Bilaga 4	Laboratorieundersökningar, triaxialförsök
Bilaga 5	Laboratorieundersökningar, sikt- och sedimentationsanalys
Bilaga 6	Conradutvärdering av CPTU-R
Bilaga 7	Härledda värden, hållfasthetsegenskaper
Bilaga 8	Härledda värden, överkonsolidering
Bilaga 9	Härledda värden, indexparametrar
Bilaga 10	Diagram, hydrogeologiska undersökningar
Bilaga 11	Datum för upptagning och analys av prover
Bilaga 12	Provkvalitet CRS-försök
Bilaga 13	Vingförsök rådata
Bilaga 14	Kalibreringsprotokoll
Bilaga 15	Detaljerad redovisning av CPTU-R
Bilaga 16	Lista utförda fältundersökningar
Bilaga 17	Lista utförda laboratorieundersökningar
Bilaga 18	Arkivmaterial – tidigare utförda undersökningar
Bilaga 19	Vingförsök och CPTU-R-sonderingar i metodutvecklingssyfte

RITNINGSBILAGOR

Plan	Ritning G-10-1-501 till G-10-1-502 skala 1:1000 (A1)
Sektioner	Ritning G-10-2-501 till G-10-2-505 skala H 1:200 L 1:500 (A1)
Enstaka undersökningspunkter	Ritning G-10-2-520 till G-10-2-542 skala 1:100 (A1)

Förord

Risken för skred längs Göta älv är stor och ökar i och med klimatförändringarna. Regeringen har gett Statens geotekniska institut (SGI) uppdraget att arbeta för att minska risken för ras och skred. Arbetet görs tillsammans med Delegation för Göta älv där representanter från berörda kommuner, myndigheter och organisationer ingår. Delegationen har ett sekretariat på SGI som bistår i administrativa och tekniska frågor.

År 2009–2011 gjordes en översiktlig utredning av skredrisken längs Göta älv. Denna utredning, kallad Göta älvutredningen, pekar ut områden i behov av vidare utredning och utgör ett stöd till bland annat kommuner vid prioritering av områden att arbeta vidare med. Utifrån den översiktliga utredningen går SGI vidare och utför detaljerade och fördjupade stabilitetsutredningar i utvalda områden med hög- eller medelhög skredrisk.

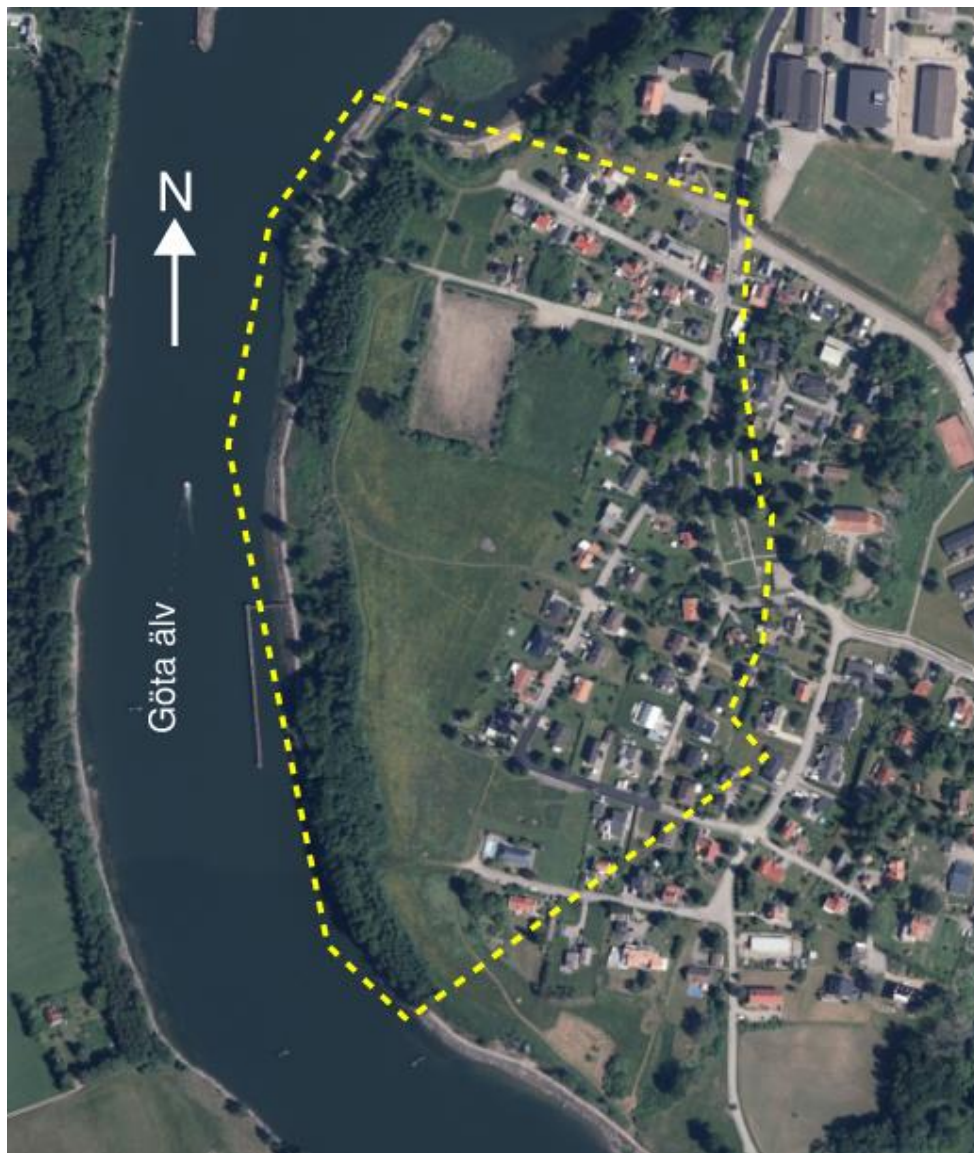
Stabilitetsutredningarna görs av geotekniska konsulter under ledning av SGI. I uppdragen ingår bland annat att presentera en bedömning av skjuvhållfastheten och att ge förslag på lämpliga stabilitetshöjande åtgärder. Utredningsresultaten ligger till grund för SGI:s fortsatta arbete med analys och beräkning av sannolikhet för skred samt för planering av eventuella stabilitetshöjande åtgärder. Allt i syfte att på sikt minska risken för skred i Göta älv dalen.

Statens geotekniska institut, Sekretariatet för Göta älv

1 Objekt

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

Undersökningsområdet är beläget på östra sidan om Göta Älv och sträcker sig genom södra delen Lilla Edets tätort, se Figur 1 för översiktsbild över området. Området sträcker sig från ca km 32/300 i norr till km 33/000 i söder, enligt SGI:s längdmätning för Göta älv.



Figur 1 Översiktsbild, aktuellt område markerat med gul-streckad linje
(kartkälla: Lantmäteriet, 2024).

2 Syfte

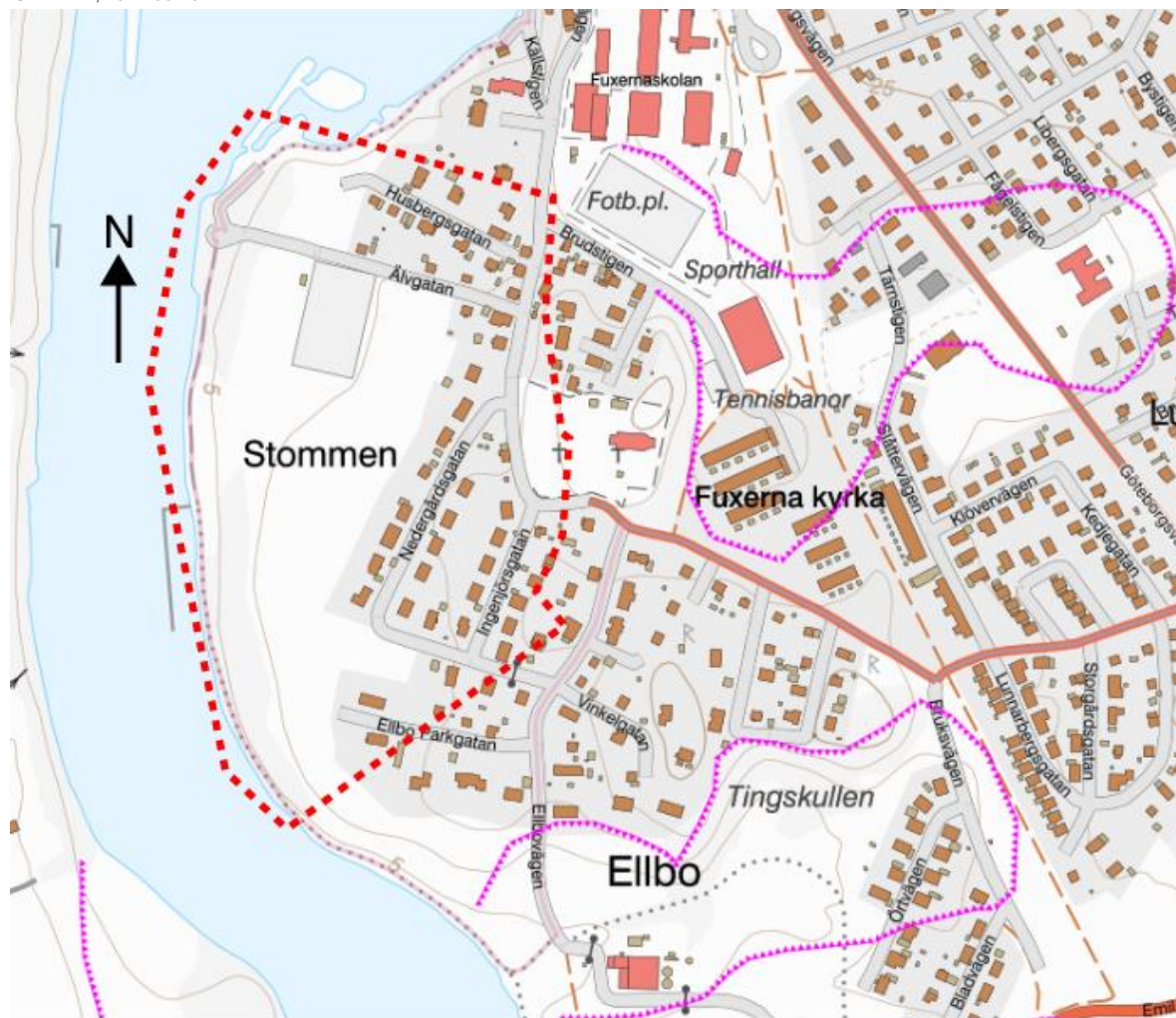
Syftet med de geotekniska undersökningarna har varit att fastställa jordlagerföljd och jordens geotekniska egenskaper samt de hydrogeologiska förhållandena inom området. De geotekniska undersökningarna har utgjort underlag för en fördjupad stabilitetsutredning enligt IEG Rapport 4:2010.

3 Underlag för undersökningen

3.1 Allmänt

Vid planering av undersökningarna har arkivmaterial i form av tidigare undersökningar använts. Dessa redovisas i Kapitel 3.2. Övrigt underlag har utgjorts av:

- > Grundkarta erhållen från beställaren, maj 2021.
- > Kartmaterial erhållet från berörda ledningsägare, juli 2021.
- > Batymetrisk mätning av älvbotten från 2018.
- > Del av batymetrisk mätning av älvbotten från 2020 och som nyttjas i sektion 32/800.
- > Höjddata från Lantmäteriets WCS-tjänst, nedladdad 2020.
- > Geosuite-databas med tidigare utförda undersökningspunkter erhållen från beställaren, maj 2021. **Erhållen databas har i huvudsak nyttjats som stöd vid planering av fältundersökningar men har inte utgjort underlag för utvärdering och parametersammanställningar. Här har i stället handlingar enligt kapitel 3.2 använts.**
- > SGU:s kartvisare för jordskred och raviner, april 2024. Ett utsnitt över aktuellt område framgår av Figur 2.



Figur 2. Utsnitt ur SGU:s kartvisare för jordskred och raviner, där tidigare jordskred och skredärr markerats med rosa. Aktuellt område är översiktligt markerat med röd-streckad linje (kartkälla: SGU).

3.2 Tidigare utförda undersökningar

Under 2021 utförde COWI fält- och laboratorieundersökningar för en detaljerad undersökning där Stommen ingick som en del i ett större område som sträckte sig från Kraftverket i norr till Ellbo i söder. Undersökningen redovisas i följande handling:

- SGI (2021) Kraftverket-Ellbo, Lilla Edets kommun, 32400ORA1, Markteknisk undersökningsrapport Geoteknik, Uppdragsnummer SGI 10007, Uppdragsnummer COWI A227180, daterad 2022-09-09

Relevant underlag från den detaljerade undersökningen har inarbetats i föreliggande rapport. Ovan listad handling har ej bilagts denna rapport.

I samband med den detaljerade geotekniska utredningen har arkivinventering av tidigare utförda undersökningar utförts.

Plan- och sektionsritningar samt i förekommande fall laboratorieprotokoll och conradutvärderingar, från tidigare utförda undersökningar har bilagts denna rapport, se Bilaga 18. Utvalda undersökningspunkter som nyttjats i utredningsarbetet redovisas på planritningarna med beteckningar enligt Tabell 1 nedan.

Tabell 1 Tidigare utförda undersökningar

Uppdrag	Utförd av	Uppdrags-nummer	Datum	Beteckning på plan	Undersöknings-punkterna erhållna i format	Bilaga:sida
Förhandsinformation: Laboratieförsök Uppdrag Störningskänslighet	SGI	6.2-2103-0248	-	21C220B	PDF	18:1-18:48
Förhandsinformation: SGI Geotekniska undersökningar i Göta älv från flotte	WSP	10345431	-	BH001-BH002	Autograf-databas/ PDF	18:49-18:115
Götaslätten, Hydrogeologisk modell	Sweco Environment AB	1312068	2016-08-11	16SW501-16SW503	PDF	18:116-18:130
Göta älvutredningen, GÄU, 08, Lilla Edet-Alvhem	SGI	14087	2010-12-10	U080XX	Autograf-databas/ PDF	18:131-18:156
Ellbo-Stommen, fördjupad stabilitetsutredning	SGI	2-9603-149	1997-01-31	FU000XXX	Autograf-databas/ PDF	18:157-18:192
Tillbyggnad till församlingshem	K-Konsult	426-426 496	1984-04-17	84KK102C	PDF	18:193-18:196
Kv. Skolan	VIAK AB	65.8719	1974-02-05	74VI104C	PDF	18:197-18:201

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 2 till Tabell 6 nedan.

Tabell 2 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 3 Fältundersökningar

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Trycksondering (Tr)	SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok
Spetstrycksondering med resistivitmätning (CPTU-R)	SS-EN ISO 22476-1: 2012/AC 2013, SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok
Jord-bergsondering	SGF Rapport 4:2012
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 portrycksspets	SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok
Installation av grundvattenrör (filterspets)	SGF Rapport 1:2013, Geoteknisk Fälthandbok

Tabell 4 Laboratorieundersökningar (WSP)

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Jordartsbeskrivning	SS-EN ISO 14688 1:2002 & SS-EN ISO 14688 2:2004 samt BFR T21:1982
Vattenkvot	SS 027116, utgåva 3
Konflytgräns	SS 027120, utgåva 2
Skrymdensitet	SS 027114, utgåva 2
Fallkonförsök	SS 027125, utgåva 1 (avvikelse: lägsta konintrycket för 100 gramskonen är 7 mm enligt SGF:s laboratoriekommittés rekommendationer)
CRS-försök	SS 027126, utgåva 1
Skjuvhållfasthet - Direkt skjuvförsök	SS 027127 och SGF Notat 2:2004

Tabell 5 Laboratorieundersökningar (MITTA)

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Jordartsbeskrivning	SS EN ISO 14688-1, SS EN ISO 14688-2 och AMA Anläggning 20
Vattenkvot	SS EN ISO 17892-1
Konflytgräns	SS 027120
Skrymdensitet	SS EN ISO 17892-2
Fallkonförsök	SS 027125
CRS-försök	SS 027126
Skjuvhållfasthet - Direkt skjuvförsök	SS 027127
Triaxialförsök - aktivt odränerat	Byggforskningsrådets Geotekniska Laboratieanvisningar, del 9

Tabell 6 Laboratorieundersökningar (AFRY)

Undersökningsmetod	Standard eller annat styrande dokument
Jordartsbeskrivning	SS EN ISO 14688-1, SS EN ISO 14688-2
Vattenkvot	SS-EN/ISO 17892-1:2014
Konflytgräns	SS-EN/ISO 17892-12:2018 samt SGF Notat 1:2018
Skrymdensitet	SS-EN/ISO 17892-2:2014
Fallkonförsök	SS-EN ISO 17892-6 samt SGF Notat 2:2018
CRS-försök	SS 027126
Skjuvhållfasthet - Direkt skjuvförsök	SS-EN/ISO 17892-10:2019
Triaxialförsök - aktivt odränerat	SS-EN/ISO 17892-8:2018, SS-EN/ISO 17892-9:2018, ISO/TS 17892-8:2005 samt ISO/TS 17892-9:2005
Sedimentationsanalys	SS EN ISO 17892-4

5 Befintliga förhållanden

5.1 Topografi och ytbeskaffenhet

Utredningsområdet utgörs i västra delen av ängsmark, se Figur 3, bortsett från en grusplan i norra delen samt slänten ned mot Göta älv som till största del är trädbevuxen. Östra delen av området utgörs av enbostadshus med asfalterade lokalvägar. Området angränsar till Göta älv i väster, enbostadshus i öster, ängsmark i söder och Fuxernaskolan i norr.



Figur 3. Ängsmark i områdets västra del, fotograferat åt sydväst (COWI AB, 2021)

Markytan inom området faller generellt från öst till väst från nivåer mellan ca +11 och +20 i öster till Göta älvs nivå i väster på ca + 1. Området öster om slänten ned mot Göta älv sluttar svagt åt väster. Slänten ned mot Göta älv sluttar ställvis brant från nivån ca +9 ned till Göta älvs nivå med en lutning mellan ca 1:2 och 1:8, där de brantaste partierna återfinns i söder.

Bottennivån i Göta älv varierar i allmänhet mellan ca -3 och -10. Undervattenssläntens lutning varierar mellan ca 1:1 och 1:8.

5.2 Befintliga konstruktioner

Områdets norra och östra del är bebyggd med enbostadshus, med anslutande lokalgator.

Inom området finns flertalet markförlagda ledningar för el, tele, fiber, fjärrvärme och VA. Ledningar återfinns i huvudsak utmed gator och vägar. En större högspänningsledning från vattenkraftverket passerar söderut genom områdets ängsmark.

Längs strandlinjen har erosionsskydd i form av sprängsten lagts ut. Vid platsbesök 2021-06-10 bedömdes erosionsskyddet vara intakt utan tecken på pågående erosion, se Figur 4 och Figur 5. Dock medför begränsad siktdjup i Göta älv svårigheter att bedöma erosionsskyddets utbredning och status under vattenytan.

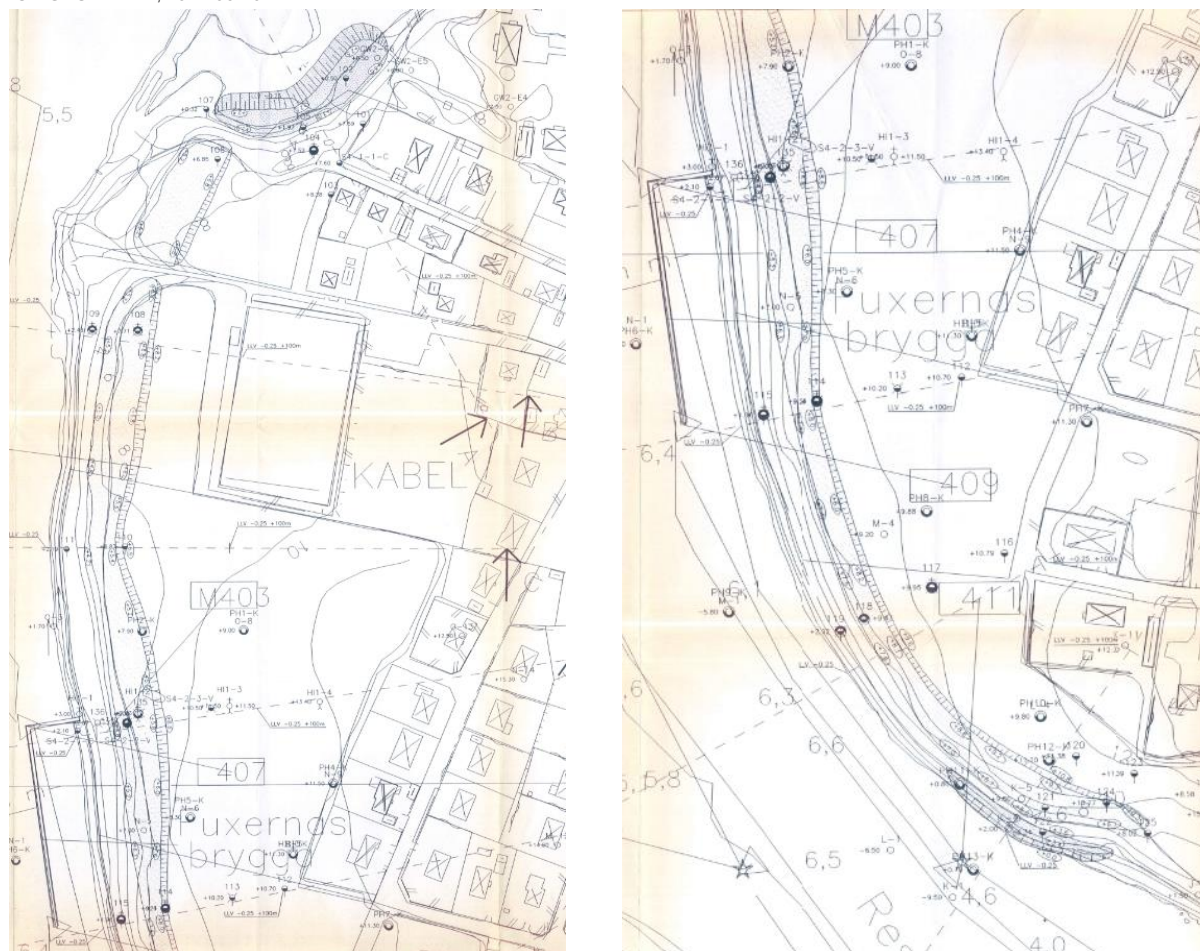


Figur 4. Erosionsskydd i norra delen av utredningsområdet, fotograferat åt nordost (COWI AB, 2021).



Figur 5. Erosionsskydd i södra delen av utredningsområdet, fotograferat åt söder (COWI AB, 2021).

I områdets västra del har stabilitetsförbättrande åtgärder utförts i anslutning till släntkrön mot Göta älv från ca km 32/300 till ca km 33/100. Åtgärderna omfattade avlastning av släntkrön genom avschaktning samt utläggning av två tryckbankar i Göta älv, en i norr och en strax söder om aktuellt område, se Figur 6.



Figur 6 Planritning över utförda stabilitetsförbättrande åtgärder inom områdets norra del (t.v.) och inom områdets södra del (t.h.) (Stabilitetsförbättrande åtgärder, SGI 1997)

6 Utsättning / Inmätning

Inmätningar och avvägningar av undersökningspunkter har utförts av Kevin Andersson, Hampus Rydén och Mattias Ilmestrand, COWI AB. Avvägning av markytan i sektion har utförts av Krister Arnaryd, SCIOR Geomanagement. Mätningarna redovisas i koordinatsystemet SWEREF 99 TM och i höjdsystemet RH 2000.

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

7 Geotekniska fältundersökningar

Fältundersökningar har utförts på land i 29 undersökningspunkter, namngivna 21C213-21C222, 21C225, 21C239-21C246 samt 21C257-21C266.

Resultaten av undersökningarna redovisas i plan, sektion och som enstaka undersökningspunkter, se Ritningsbilagor. Detaljerad redovisning av CPT-sonderingar återfinns i Bilaga 15. CPT-sonderingar har utförts i användningsklass 0 med 0,8 tons spets. Fältprotokoll med rådata från vingförsök har sammanställts i Bilaga 13.

I Bilaga 16 redovisas vilka fältundersökningar som har utförts i respektive undersökningspunkt. I bilagan framgår datum för utförande, filnamn vid digital lagring, utförare samt koordinater.

I samband med fältundersökningarna har ytterligare tio CPTU-sonderingar utförts i undersökningspunkterna 21C241, 21C242, 21C243, 21C244, 21C245 och 21C246. Syftet med CPTU-sonderingarna har varit att undersöka hur sonderingsresultaten påverkas av en förhöjd starttemperatur samt nyttjandet av olika filter och filtervätskor. Dessutom har vingförsök utförts i syfte att undersöka hur en väntetid på 15 min/nivå, från det att vingen nått önskat provningsdjup tills vingförsöket påbörjas, påverkar försöksresultaten jämfört med 2-5 min/nivå enligt rekommenderad standard. CPTU-sonderingar och vingförsök utförda i metodutvecklingssyfte redovisas i ritningsbilagorna, i plan och som enstaka undersökningspunkter. I Bilaga 19 redovisas de CPTU-sonderingar och vingförsök som har utförts, datum för utförande, filnamn vid digital lagring, utförare och koordinater samt vilka förutsättningar som har gällt för respektive sondering/försök. I bilagan redovisas även Conradutvärderingar och fältprotokoll med rådata från vingförsöken.

7.1 Utförda sonderingar och in situ-försök

I Tabell 7 nedan redovisas de undersökningar som utförts med respektive metod enligt gällande standarder, se Kapitel 4 Styrande dokument.

Tabell 7 Antalet utförda sonderingar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Trycksondering (Tr)	29
Jord-bergsondering (Jb)	1
CPT-sondering (CPTU-R)	27
Vingförsök (Vb)	19

7.2 Utförda provtagningar

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

Tabell 8 Antalet utförda provtagningar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Störd provtagning, Skruprovtagning (Skr)	24
Ostörd provtagning, Kolvprovtagning (Kv)	7

7.3 Undersökningsperiod

De geotekniska fältundersökningarna har utförts i omgångar under perioden vecka 45, år 2021 till vecka 8, år 2023.

7.4 Fältingenjör

Fältarbetena utfördes av Hampus Rydén (HSRN), Mattias Ilmestrand (MTIL), och Kevin Andersson (KVAN), COWI AB.

7.5 Observationer och iakttagelser

Fältingenjörernas noteringar i samband med kolvprovtagning redovisas i bilaga "Datum för upptagning och analys av prover", se Bilaga 11.

Vid CPTU-sondering i undersökningspunkt 21C242 erhålls ett porttrycksfall på ca 2,5 m djup. Fältingenjören avbröt neddrivningen och väntade för att försöka få upp porttrycket igen. Då porttrycket ej kom tillbaka gjordes sonderingen om. Vid CPTU-sondering i undersökningspunkt 21C244 erhöles inga nollvärden efter sondering varpå sonderingen gjordes om.

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 14.

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 sex undersökningspunkter 21C213, 21C216, 21C218, 21C220, 21C241 och 21C259. Installation av porttrycksmätare och grundvattenrör har utförts i samband med de geotekniska fältundersökningarna.

I Bilaga 16 redovisas vilka porttrycksspetsar och grundvattenrör som installerats för respektive undersökningspunkt. I bilagan framgår installationsdatum, installationsdjup samt spetsnummer på porttrycksspetsar.

8.1 Utförda hydrogeologiska fältundersökningar

I Tabell 9 nedan redovisas de undersökningar som utförts med respektive metod enligt gällande standarder, se Kapitel 4 Styrande dokument.

Tabell 9 Antalet utförda hydrogeologiska undersökningar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Installation av porttrycksspets (Pp)	12
Installation av grundvattenrör (Rf)	7

8.2 Undersökningsperiod

Avläsning av porttrycksspetsar har utförts med elektrisk porttrycksmätare med automatisk avläsning en gång per dag under perioden november år 2021 till augusti år 2023.

Grundvattenrören har avlästs vid 3-9 tillfällen under perioden november år 2021 till augusti år 2023.

8.3 Fältingenjör

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

8.4 Kalibrering

Kalibreringsprotokoll för de elektriska porttrycksspetsarna finns sammanställda hos COWI AB och skickas till beställaren på begäran.

9 Geotekniska laboratorieundersökningar

Geotekniska laboratorieundersökningar har utförts på WSP:s, MITTA:s respektive AFRY:s geotekniska laboratorium i Göteborg.

I Bilaga 17 redovisas utförda laboratorieundersökningar som utförts på jordprover upptagna med störd respektive ostörd provtagning enligt gällande standarder, se Kapitel 4 Styrande dokument. I bilagan framgår laboratorieanalys, antal prov/nivå samt datum för utförande.

Resultaten av undersökningarna redovisas i bilagda laboratorieprotokoll och på ritningsbilagor, se Bilaga 1 - 5 och Ritningsbilagor.

9.1 Utförda undersökningar

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

Tabell 10 Antalet utförda undersökningar fördelat på metod

Undersökningsmetod	Antal
Jordartsbeskrivning	150
Vattenkvot	159
Konflytgräns	87
Skrymdensitet	75
Skjuvhållfasthet, konförsök	74
CRS-försök	38
Direkt skjuvförsök	31
Triaxialförsök	15
Sikt- och sedimentationsförsök	4

9.2 Undersökningsperiod

Geotekniska laboratorieundersökningar har utförts i omgångar under perioden december år 2021 till maj år 2023.

Datum för upptagning och analys av prover har sammanställts i bilaga, se Bilaga 11.

9.3 Laboratorieingenjör

Laboratorieundersökningarna på MITTA:s geotekniska laboratorium i Göteborg har utförts av Meraf Berhe, Helena Seger och Filip Webbjörn.

Laboratorieundersökningarna på WSP:s geotekniska laboratorium i Göteborg har utförts av Karina Stjärne, Alma Zerem Hrvat, Abdirahman Hassan och Gustav Ländström.

Laboratorieundersökningarna på AFRY:s, geotekniska laboratorium i Göteborg har utförts av Hanna Karlström och Peter Hedborg.

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.

WSP är kvalitets- och miljöcertifierat enligt ISO 9001:2015, ISO 14001:2015. På WSP utförs kalibrering, kontroll och dokumentation av laboratorietrustningarna en gång om året och vid särskilt behov. Detta utförs av egna laboratorieingenjörer och externt ackrediterat företag –Tillquist för vågar och ugnar.

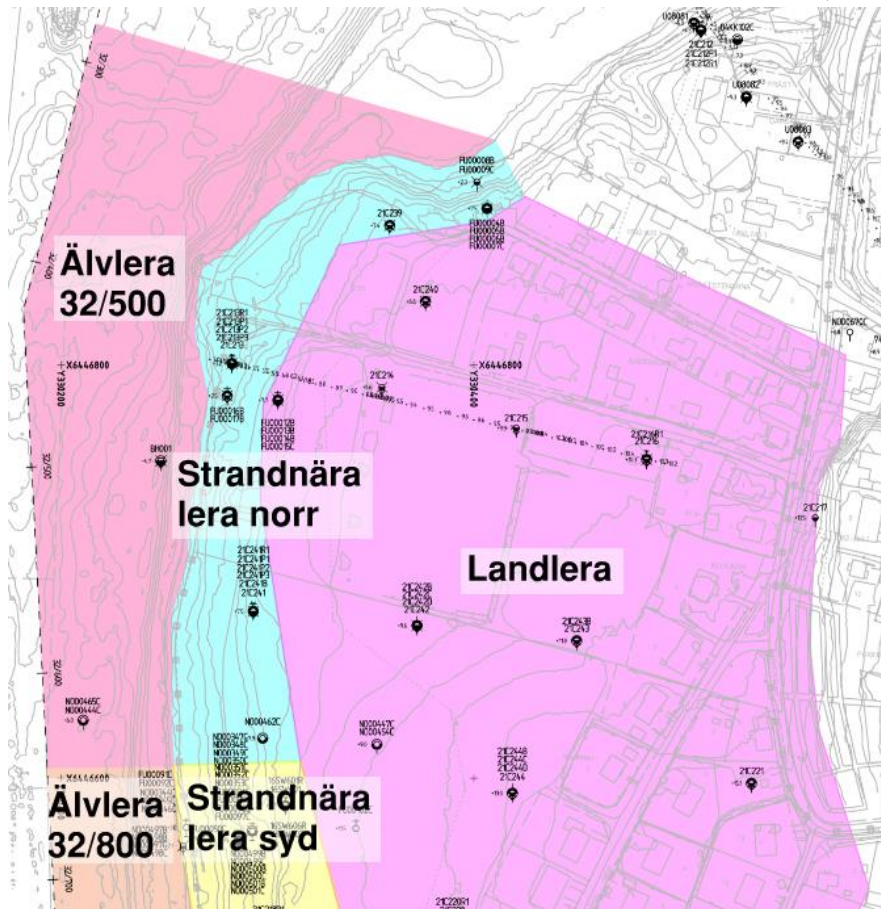
AFRY är certifierat enligt ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 samt OHSAS 18001:2007. Årlig kalibrering, kontroll och dokumentation av använd utrustning görs av extern ackrediterad aktör.

9.5 Provförvaring

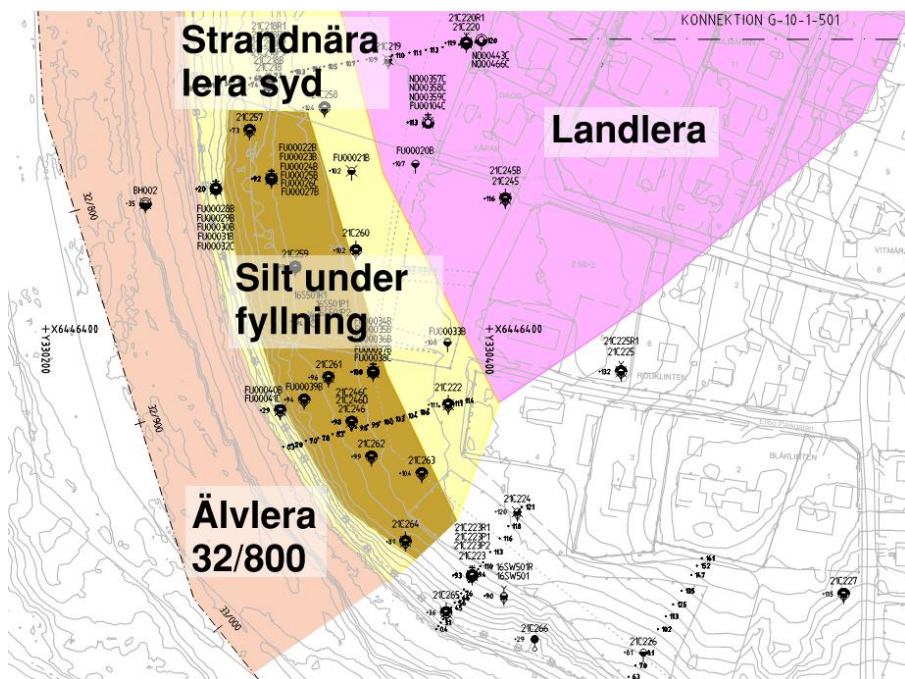
Jordproverna har efter mottagande förvarats i kylrum. Proverna sparas därefter i sex månader efter utförd rutinundersökning.

10 Härledda värden

Härledda värden för lerans egenskaper har sammanställts och redovisas i diagram uppdelat för sex olika delområden som benämns; strandnära lera norr, landlera, strandnära lera syd, silt under fyllning, älvlera 32/500 och älvlera 32/800. Områdenas utbredning framgår av Figur 7 till Figur 8. I sammanställningarna för härledda värden har resultat från tidigare utförda undersökningar inarbetats.



Figur 7. Indelning av utredningsområdets norra del



Figur 8. Indelning av utredningsområdets södra del

10.1 Hållfasthetsegenskaper

Härledda värden för lerans odränerade skjuvhållfasthet har utvärderats från CPT-sonderingar, vingförsök samt konförsök, direkta skjuvförsök och triaxialförsök på ostörda jordprover. Skjuvhållfastheten bestämd med CPT-sonderingar, vingförsök och konförsök har korrigerats med hänsyn till konflytgräns. För vingförsök har skjuvhållfastheten dessutom korrigerats med hänsyn till överkonsolideringsgrad. De härledda värdena har sammanställts i diagram som har bilagts denna rapport, se Bilaga 7.

CPT-sonderingarna har utvärderats med datorprogrammet Conrad version 3.1 och har bilagts denna rapport, se Bilaga 6.

10.2 Deformationsegenskaper

Härledda värden för lerans förkonsolideringstryck har utvärderats från utförda CRS-försök. Laboratorieresultat för utförda CRS-försök redovisas i Bilaga 2.

Lerans överkonsolideringsgrad, OCR, har sammanställts i diagram som bilagts denna rapport, se Bilaga 8.

10.3 Indexegenskaper

Härledda värden för lerans densitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet har utvärderats från utförda laboratorieanalyser av ostörda prover. De härledda värdena har sammanställts i diagram och bilagts denna rapport, se Bilaga 9.

10.4 Hydrogeologiska egenskaper

Uppmätta portrycksnivåer redovisas på Ritningsbilagor och i diagram där trycknivån uppritats mot nivå respektive tid, se Bilaga 10.

11 Värdering av undersökning

11.1 Generellt

Inga avvikelser har noterats i samband med utförandet av fältundersökningarna eller laboratorieundersökningarna. CPTU-sonderingar har utförts i användningsklass 0 med 0,8 tons spets.

Inom framför allt delområdena ländlera, strandnära lera norr och älvlera 32/500 har leran konstaterats vara kvick. Lerans höga sensitivitet gör proverna mer svårhanterliga, vilket bedöms kunna påverka provkvaliteten. Av utvärderingen av provkvalitet framgår det att utförda CRS-försök i allmänhet indikerar någorlunda till god provkvalitet. Bedömning av provkvalitet utifrån CRS-försök redovisas i Bilaga 12.

På grund av laboratoriernas höga beläggning under hösten och vintern 2022 har det i allmänhet gått lång tid från fältprovtagning till laboratieförsök, speciellt för de avancerade försöken, vilket bedöms kunna påverka försökskvaliteten. Antalet dagar från fältprovtagning till laboratorieanalys redovisa i Bilaga 11.

11.2 Härledda värden spridning och relevans

Spridning i härledda värden för lerans skjuvhållfasthet bedöms bero på en rad olika orsaker, till exempel lerans sammansättning och innehåll av underfraktioner samt belastningshistorik. Skillnaden i överkonsolideringsgrad har bland annat betydelse för korrigering av skjuvhållfasthetsvärden som bestämts med vingförsök.

Vid utvärdering av CPTU-sonderingarna i Conrad har utförda sonderingar inom delområde silt under fyllning har jordarten styrts manuellt till silt genom hela jordprofilen. Utvärderad skjuvhållfasthet blir då något högre än om jordlagren utvärderats som lera.

I undersökningspunkt 21C259 har konförsök utförts på ostörda jordprover av silt och lerig silt. Konförsök på siltprover bedöms vara en osäker metod. Värden för skjuvhållfasthet och sensitivitet för den aktuella undersökningspunkten har därför satts inom parentes på ritningarna och i sammanställningarna av härledda värden.

CRS-försök utfört på prov från 4 m djup i undersökningspunkt 21C241 uppvisar dålig provkvalitet. Utvärderat förkonsolideringstryck och förkonsolideringsgrad har därför satts inom parentes i sammanställningen för härledda värden. CRS-försök utfört på prov från 6 m djup i undersökningspunkt 21C241 bedöms vara misslyckat. Deformationskurvan visar inte på någon tydlig knäck vid förkonsolideringstrycket och uppvisar en stor portrycksökning vid start och har därav tagits bort ur sammanställningen av härledda värden i Bilaga 8. Utvärderat förkonsolideringstryck från CRS-försöken på 15 respektive 18 m djup i undersökningspunkt 21C241 bedöms vara något låga då motsvarande överkonsolideringsgrad är mindre än 1,0. Utvärderade förkonsolideringstryck och förkonsolideringsgrad har därför satts inom parentes i sammanställningen av härledda värden i Bilaga 8. CRS-försöken på 12 respektive 15 m djup i undersökningspunkt 21C242 bedöms vara något låga då motsvarande överkonsolideringsgrad är mindre än 1,0. Utvärderade förkonsolideringstryck och förkonsolideringsgrad har därför satts inom parentes i sammanställningen av härledda värden i Bilaga 8. CRS-försöket utfört på jordprov från 15 m djup i undersökningspunkt 21C259 uppvisar dålig provkvalitet, vilket sannolikt beror på att provet gled ur tuben vid fältprovtagningen. Utvärderade förkonsolideringstryck och förkonsolideringsgrad har därför satts inom parentes i sammanställningen av härledda värden i Bilaga 8.

Resultaten av direkta skjuvförsök utförda på prover från den övre delen av jordprofilen och ner till ca 10 m djup under markytan i undersökningspunkt 21C218 och 21C218B visar på lägre skjuvhållfasthet än ving- och konförsöken. Resterande direkta skjuvförsök visar på relativt god samstämmighet med övriga metoder. De avvikande resultaten sammanfaller med de nivåer där rutinundersökningen visar på ett högre innehåll av silt, vilket troligen är anledningen till dessa avvikelser. Direkta skjuvförsöket från 18 m djup i undersökningspunkt 21C241 visar på ett högre värde än övriga metoder inom delområdet. Försökskurvan för provet från 18 m djup uppvisar mindre vinkeländring före brott jämfört med övriga provnivåer och bedöms eventuellt kunna vara representativt. Det avvikande värdet har därför satts inom parentes i sammanställningen för härledda värden i Bilaga 7. Resultaten av direkta skjuvförsöket utfört på jordprov från 6 m djup i undersökningspunkt 21C242 visar på ett betydligt högre värde än övriga direkta skjuvförsök inom delområdet. Försökskurvan uppvisar ett tydligare brott jämfört med övriga direkta skjuvförsök i den aktuella undersökningspunkten. Försöket bedöms eventuell kunna vara representativt och har därför satts inom parentes i sammanställningen av härledda värden i Bilaga 7. Direkta skjuvförsöket från 7,2 m djup i arkivpunkt BH002 har bedömts vara stört och redovisas ej i sammanställningen av härledda värden i Bilaga 7.

Vid triaxialförsök på prov från 6 respektive 7 m djup i undersökningspunkt 21C242 har jordprov från övertuberna använts. Vid triaxialförsök används i regel inte jordprov från övertuben då denna betraktas som den mest störda av de tre tuberna från en provtagningsnivå. Vanligtvis används jordprover från mittentuben då denna bedöms vara minst störd. Utvärderad aktiv skjuvhållfasthet från de aktuella provtagningsdjupen uppvisar låga värden och har därmed bedömts vara störda och redovisas ej i sammanställningen av härledda värden i Bilaga 7.

Under april 2022 har portrycksspetsen på 10 m djup under markytan i undersökningspunkt 21C218 börjat logga markant högre värden. Samma sak gäller portrycksspetsen på 15 m, djup men här börjar portrycksökningen under februari 2022. Den ovanförliggande portrycksspetsen på 5 m djup har under samma tidsperiod loggat stabila portryckvärden. Ej heller kan någon ökning i grundvattentrycket i friktionsjorden utläsas. Aktuell undersökningspunkt ligger ca 40 m från Göta älv. Portrycksspetsen på 15 m djup i undersökningspunkt 21C259 har börjat logga högre värden under juni 2023. Denna ökning kan inte utläsas i de två ovanförliggande portrycksspetsarna på 5 respektive 10 m djup. Inte heller mätningar i grundvattenröret visar på någon ökning under den aktuella perioden, utan snarare en minskning i uppmätt grundvattentryck. Sammantaget bedöms uppmätta värden vara felaktiga och redovisas därför inte i Bilaga 10 eller på ritningsbilagorna.

Resultaten av nu utförda undersökningar uppvisar i huvudsak god överensstämmelse med resultat av tidigare utförda undersökningar inom området.

11.3 Övrigt

Enligt SGU:s kartvisare för jordskred och raviner finns det ett skredärr vid Fuxernaskolan, nordöst om utredningsområdet och vid Ellbo sydost om utredningsområdet, se Figur 2.