

RAPPORT

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 486 Korsgården og 2038 Vika i Nedre Eiker kommune

STABILITETSVURDERINGER OG GEOTEKNISKE
VURDERINGER

DOK.NR. 20110297-01-R
REV.NR. 0 / 2019-07-08

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 486 Korsgården og 2038 Vika i Nedre Eiker kommune
Dokumenttittel: Stabilitetsvurderinger
Dokumentnr.: 20110297-01-R
Dato: 2019-07-08
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Sør
Kontaktperson: Jan Eirik Hønsi, Ellen Davis Haugen
Kontraktreferanse: Best. ref. 32224, datert 2011-03-29

for NGI

Prosjektleder: Håkon Heyerdahl
Utarbeidet av: Håkon Heyerdahl, Laura Henderson, Marius M. Søvik
Kontrollert av: Bjørn Kalsnes

Sammendrag

På oppdrag fra NVE har NGI utredet kvikkleiresonen 486 Korsgården ved Mjøndalen i Nedre Eiker kommune. Kvikkleiresonen er som følge av utredningen delt i to mindre kvikkleiresoner, 486 Korsgården og 2040 Vika. Utstrekningen av sonene er revidert, hovedsakelig slik at sonene omfatter mindre arealer enn tidligere. Utløp av skredmasser fra evt. større skred som løsner innenfor sonene er også vurdert.

Som grunnlag for vurderingene er det utført grunnundersøkelser i flere omganger, samt ERT (elektroresistivitetsmålinger). Skråningsstabiliteten i områder med kvikkleire er beregnet, og nødvendige sikringstiltak for evt. ny bebyggelse i sonen er vurdert. I tillegg er det gitt anbefaling om sikringstiltak for nåværende situasjon, hovedsakelig erosjonssikring langs bekkedragene Veia og Vrangbekken. For å unngå skred i området, vil det i tillegg til stabiliserende tiltak være viktig å unngå lokale terrenginngrep uten forutgående geoteknisk prosjektering.

Innhold

1	Innledning	7
2	Beskrivelse av opprinnelig kvikkleiresone Korsgården	7
3	Datagrunnlag	9
4	Materialparametere og beregningsforutsetninger	9
4.1	Lagdeling	9
4.2	Materialparametere	11
5	Stabilitetsanalyser, dagens situasjon	14
5.1	Profil P1	14
5.2	Profil P2	15
5.3	Profil P3	17
5.4	Profil P4	18
5.5	Profil P5	19
5.6	Profil P6	21
6	Revurdert soneutbredelse	22
6.1	Utrekning og oppdeling av sonen	22
6.2	Utløpsområder	23
7	Revurdering av faregrad, skadekonsekvens og risiko	23
7.1	Sone 486 Korsgården	23
7.2	Sone 2038 Vika	24
8	Sikkerhetskrav for nye tiltak	24
8.1	Krav til områdestabilitet for tilflytting til kvikkleiresonene	24
8.2	Erosjonsforhold langs Korsgården og Vika	26
8.3	Sone 486 Korsgården	26
8.4	Sone 2038 Vika	32
9	Sikring av dagens bebyggelse	33
9.1	Erosjonssikring langs Veia (sone Korsgården) og Vrangbekken (sone Vika)	33
9.2	Forhindre ukontrollerte terrenginngrep	33
9.3	Stabilitetsforbedring for dagens bebyggelse langs Veia (sone Korsgården)	34
10	Konklusjon	35
11	Referanser	36

Tegning

010	Borplan
011	Plantegning med utbredelse av sprøbruddmateriale
012	Erosjonsforhold og kjente skredhendelser langs Veia og Vrangbekken
013	Utbredelse tiltak i kvikkleiresone Korsgården
014	Utbredelse tiltak i kvikkleiresone Vika

Vedlegg

- A Tolkning av CPTU-sonderinger
- B Tolkning av ERT-målinger
- C Befaringsrapport
- D Beregningsresultater, profil 1 tom. profil 6
- E Soneklassifisering - Faregrad, skadekonsekvens og risiko
- F Grunnundersøkelser utført av GeoStrøm i 2018

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

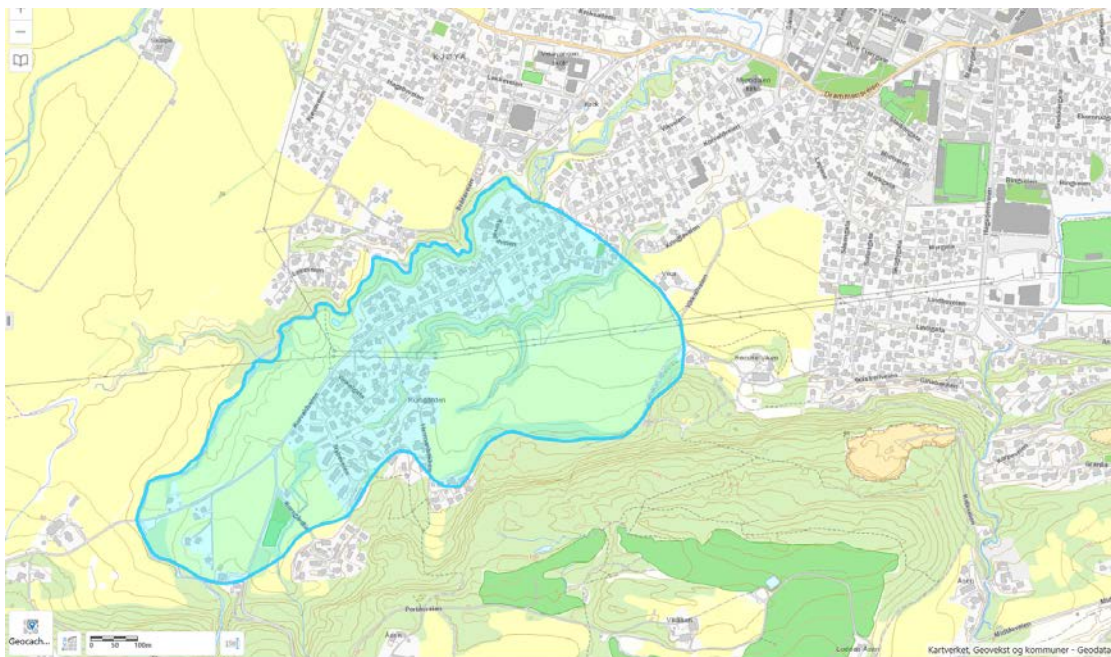
På oppdrag fra NVE utfører NGI utredning av kvikkleiresone 486 Korsgården i Nedre Eiker kommune. Kontaktpersoner hos NVE for oppdraget er Jan Eirik Hønsi og Ellen Davis Haugen.

Denne rapporten er en utredning av områdestabilitet, utført iht. NVEs veileder 7/2014 (ref. /1/), og inkluderer tolkning av foreliggende grunnundersøkelser, stabilitetsberegninger for utvalgte lengdeprofiler, oppdeling av sonen og foreslåtte tiltak som vil føre til prosentvis forbedring av stabiliteten, samt erosjonssikring langs bekkeløpene.

Utredningen konkluderer med oppdatert faregradsvurdering, oppdeling og justert utbredelse av den opprinnelige sonen, og opprettelsen av en ny kvikkleiresone (sone Vika, se avsnitt 6.1). Det gis også forslag til sikring av ravinene.

2 Beskrivelse av opprinnelig kvikkleiresone Korsgården

Kvikkleiresone 486 Korsgården ligger sørvest for Mjøndalen sentrum i Nedre Eiker kommune (Figur 1 og tegning 010). Sonen ble først kartlagt ved regionalkartleggingen av kartbladet 1814 III Drammen i 1996 (ref. /2/). Sonen måler ca. 800-900 m på langs, fra sørvest til nordøst, og er 200-400 m bred (bredest i østre ende). Sonen avgrenses i vest og nord av bekken Veia.



Figur 1 Kvikkleiresone 486 Korsgården (Nedre Eiker)

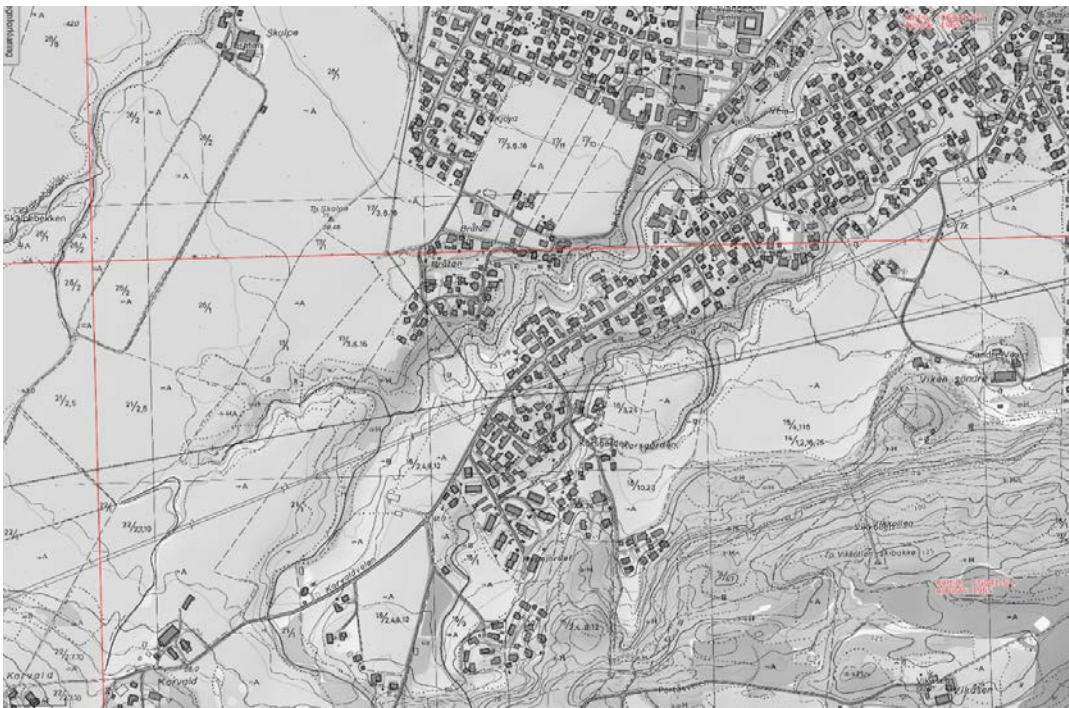
Ved tidligere klassifisering av faresonen utført i regi av NVE (ref. /3/) ble kvikkleiresone 486 Korsgården vurdert til å ha faregrad "3 - Høy" og konsekvensklasse "3 - Meget alvorlig", noe som resulterer i risikoklasse "5 - Høyeste prioritet". Klassifiseringen er basert på feltbefaringer, topografiske forhold og andre tilgjengelige data, derunder grunnundersøkelser. Det bemerkes at for disse vurderingene forelå kun et begrenset datagrunnlag i form av geotekniske grunnundersøkelsesdata (jfr. avsnitt 3).

Langs Veia

Skråningene ned mot Veia er relativt bratte øverst i sonen, men bekken slaker så ut og danner en bredere ravine langs nordsiden av sonen fram til høyspentledningene ca. midt i sonen. Ravineskråningene blir så brattere videre nedstrøms (mot nordøst), hvor bekken renner gjennom en trang ravine. Skråningshøyde ned til Veia er hovedsakelig mindre enn 10-15 m. Skråningshøyden avtar gradvis langs bekken nedstrøms mot nordøstre avgrensning av sonen (<10 m). Bakover i sonen stiger terrenget slakt oppover mot en fjellrygg som avgrenser sonen i sør.

Langs Vrangbekken

En mindre bekk, Vrangbekken, renner i nordøstlig retning sentralt gjennom kvikkleiresonen, nær parallelt med Veia. Ravinen langs Vrangbekken øker i dybde ned gjennom sonen mot øst, med skråningshøyder inntil ca. 10-15 m. Ytterligere en bekkeravine går ut i sørvestlig retning fra denne ravinen øst i sonen. Det kan være foretatt landskapstilpasninger (jordbruksplanering) med delvis lukking av bekken, men terrenget er ifølge økonomisk kartverk ikke vesentlig endret i senere tiår (Figur 2).



Figur 2. Dagens terreng og overlay av tidligere økonomisk kartverk fra 1965 (<https://gardskart.nibio.no/search>).

Det har forekommet flere utglidninger av elveskråningene langs Veia og Vrangbekken i senere år. Ved befaring utført i forbindelse med denne utredningen ble det også observert erosjon og utglidning av skråningsfot langs elveløpene (se vedlegg C og Tegning 012).

3 Datagrunnlag

Geoteknisk datagrunnlag for beregningene består i hovedsak av datarapport fra grunnundersøkelser (ref. /4/). Boringene ble utført av GeoStrøm AS i to runder: den første runde i 2012 og den andre runde i 2014. Undersøkellesprogram var utarbeidet av NGI på oppdrag for NVE (ref. /5/). Data fra et mindre antall supplerende boringer utført av GeoStrøm AS i 2018 er medtatt som vedlegg F.

Også andre tilgjengelige geotekniske saker fra området er benyttet, derunder boringer utført i forbindelse med tidligere kvikkleirekartlegging (ref. /6/), samt grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger i ref. /7/ tom. /11/. Aktuelle boringer fra disse rapportene er vist på borplanen (Tegning 010).

Det er også utført resistivitetsmåling (ERT) langs to profiler innenfor sonen, se datarapport fra disse målingene (ref. /12/).

4 Materialparametere og beregningsforutsetninger

4.1 Lagdeling

Lagdeling er tolket basert på sonderinger, supplert med klassifiseringsforsøk på opphentede prøver og ERT-målinger. Tolkning av ERT-målinger er vist i Vedlegg B. Der det er usikkert hvilken dybde det er til fast grunn/antatt berg er det generelt valgt stor dybde til fast grunn/berg i beregningsmodell for stabilitetsanalyse.

Tabell 1. Tolkning av sprøbruddmateriale i borpunktene.

Ref.	Bor-punkt	Profil	Terren g (kote)	Overkant sprøbruddmateriale (kote)	Underkant sprøbruddmateriale (kote)	Mektighet sprøbruddmateriale (m)	Kommentar
/4/	1001	Stab. 3	47,2	-	-	-	Prøveserie 3-7 m. Ikke sprøtt.
	1002	Stab.1	41,8	-	-	-	-
	1003	(ERT-2)	35,3	29,1	20,3	8,8	Prøveserie 6-14 m
	1004	Stab.2	29,7	25,7	9,7	16,0	Prøveserie 6-18 m
	1005	Stab.2	26,6	20,3	13,0	7,3	Prøveserie 5-16 m
	1006	Stab.2 ERT-1	29,2	-	-	-	Prøveserie 5-12 m
	1007	(ERT-1)	32,5	-	-	-	Vingeb. ved MC-1 ikke sprøtt.

	1008		33,6	20,6	17,6	3,0	Prøveserie 5-16 m
	1009	-	32,7	-	-	-	Prøveserie 5-14 m
	1010	Stab. 1	37,6	-	-	-	Prøveserie 5-12 m
	2001	-	35,8	-	-	-	Prøveserie 1-3 m
	2002	Stab. 3	43,2	34,2	32	2,2	Prøveserie 3-11 m
	2003	Stab. 3	30,3	-	-	-	Prøveserie 2-12 m
	2004	-	39,4	30,0	14,4	15,6	-
	2005	Stab. 4	36,3	30,9	19,3	11,6	Prøveserie 5-17 m
	2006	Stab. 4.	37,8	30,8	20,6	10,2	Prøveserie 4-17 m
	2007	Stab. 4	26,2	-	-	-	Prøveserie 2-10m. Ikke sprøbruddmateriale.
	2008	Stab. 5/6	41,4	-	-	-	-
	2009	Stab. 5/6	30,8	-	-	-	Prøveserie 2-8 m. Ikke sprøbruddmateriale.
	2010 b	Stab. 5/6	31,5	25,0	19,0	6,0	Prøveserie 0-17 m
	2011	Stab. 5/6	23,3	21	18,3	2,7	Prøveserie 0,5-4 m
	2012	-	34,9	-	-	-	Prøveserie 1,5-2,5 m. Ikke sprøtt.
	2013	-	32,1	-	-	-	Prøveserie 2-5 m. Ikke sprøbruddmateriale.
	2014	-	22	19,0	12,0	7,0	-
	2015	-	24,2	-	-	-	Prøveserie 2-9 m. Ikke sprøbruddmateriale.
	2016	-	26,7	-	-	-	Prøveserie 2-9 m. Ikke sprøbruddmateriale.
	2017	-	34,1	-	-	-	-
	2018	-	37,1	-	-	-	-
	2019	-	38,1	33,1	30,1	8,0	-
	2020	-	39,7	37,7	31,2	6,5	-
/2/	DT1	Stab.1 ERT-1 (ERT-2)	~37	28,5	16,0	12,5	Prøveserie 7-22 m
/7/	601	(ERT-1)	28,5	-	-	-	
	602		27,1	24,1	15,1	9,0	Vingeb. 2-12 m
/10/	BS-1	-	~28,5	-	-	-	
	BS-2	-	~28,6	-	-	-	
	BS-3	Stab. 2	~28,9	-	-	-	
/11/	MC-1	-	~31	-	-	-	Vingeb. 5-10 m
	MC-2	ERT-1	~31	-	-	-	
Vedl. F	3001	-	35,3	-	-	-	Prøveserie 4-13,5 m

4.2 Materialparametere

4.2.1 Romvekt

Romvekt av leire er bestemt ut fra opptatte prøver der dette finnes¹.

For tørrskorpeleire er total romvekt generelt satt til 18 kN/m³.

4.2.2 Udrenert skjærfasthet

Bestemmelse av aktiv udrenert skjærfasthet, s_{uA} , er i hovedsak basert på CPTU-sonderingene. Tolkningen av CPTU-sonderingene er komplementert av blant annet laboratorieundersøkelser (inkludert tre treaksialforsøk fra ett borpunkt) og vurdering av overkonsolideringsforhold.

Hver enkelt CPTU-sondering er tolket individuelt på bakgrunn av korrelasjonene i ref. /13/, som beregner udrenert aktiv styrke ved bruk av konusfaktorene $N_{\Delta u}$ og N_{kt} , basert på målt poretrykksendring, $\Delta u = u_2 - u_0$, og korrigert spissmøstand q_t , som definert under:

$$N_{\Delta u} = \frac{u_2 - u_0}{S_{uA}} \qquad N_{kt} = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{S_{uA}}$$

Valgte typiske verdier for romvekt, γ , sensitivitet, S_r , og plastisitetsindeks, I_p , er basert på resultater fra laboratorieforsøk utført på prøveserier tatt i området.

Tolkning av udrenert skjærfasthet tar også hensyn til tilsynelatende overlaging fra tidligere terreng over dagens terrengnivå, der terreng og sonderingsresultater gir grunnlag for det. Raviner er generelt antatt dannet ved erosjon/skredaktivitet, og for ravinebunnen er det som hovedregel antatt overkonsolidering minimum tilsvarende høyden på sideterrenget.

Ut fra overkonsolideringsnivået beregnes udrenert skjærfasthet på basis av den såkalte SHANSEP-metoden (ref. /14/). Metoden gir grunnlag for å beregne udrenert skjærfasthet ut fra antatt sammenheng mellom nåværende og tidligere spenningstilstand i grunnen og udrenert skjærfasthet. For å bestemme aktiv udrenert styrke er det antatt følgende parametere ved bruk av SHANSEP:

$$s_{uA} = S \cdot OCR^m \cdot \sigma'_{v0}$$

der:

S = normalisert styrke for $OCR = 1,0$, valgt lik 0,3

m = eksponent, valgt lik 0,65

σ'_{v0} = vertikal effektivspenning i aktuell dybde

¹ Romvekt fra prøveserie 1004 (utført av NGI) synes lavere enn romvekt fra øvrige prøveserier (utført av Geostrøm AS).

OCR = overkonsolideringsgrad, dvs. forholdet mellom tidligere og nåværende effektive vertikalspenning i aktuell dybde.

4.2.3 Anisotropi

Anisotropifaktorer for udrenert ADP-analyse i leire er for "ikke sprøbruddmateriale"² satt til hhv. 1, 0,7 og 0,4 for hhv. aktiv, direkte og passiv skjærfasthet.

Aktiv skjærfasthet er redusert med 15 % i lag med "sprøbruddmateriale" iht. ref. /1/, dvs. anisotropifaktoren for aktiv udrenert skjærfasthet er 0,85. I sprøbruddmateriale er anisotropifaktorene satt til 0,85, 0,65 og 0,35.

Aktiv skjærfasthet uten reduksjon er lagt inn som karakteristiske styrkeprofiler i beregningsprogrammet GeoSuite Stabilitet (ref. /15/).

4.2.4 Drenert styrke

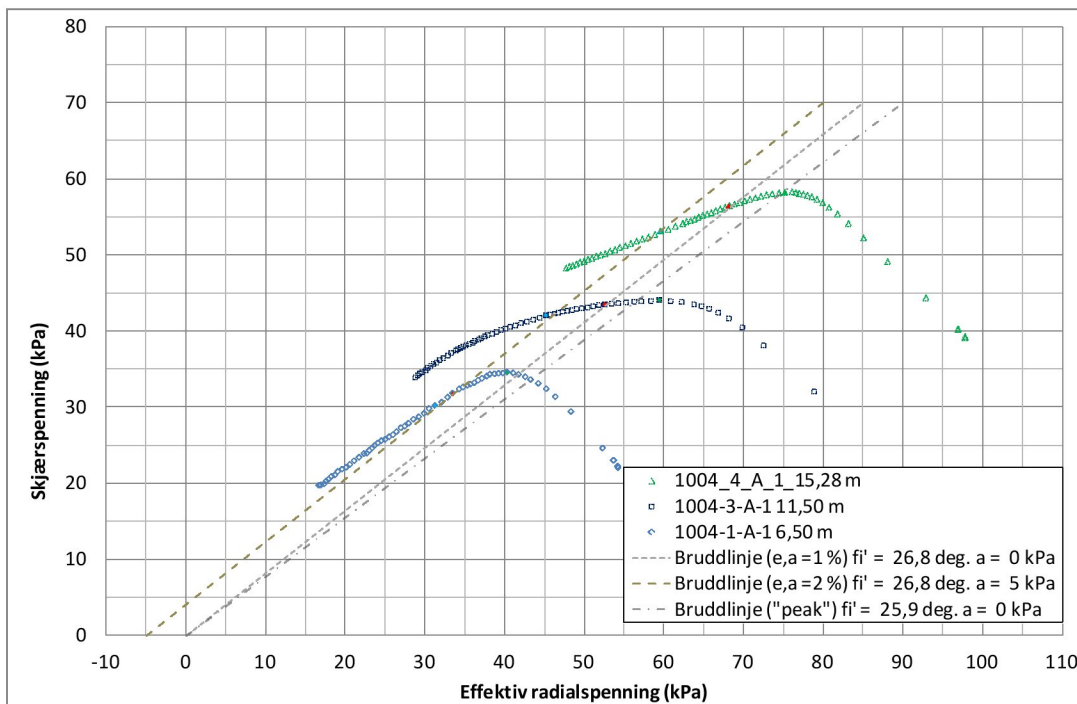
Drenerte friksjonsparametere i leire er vurdert ut fra tre aktive, udrenerte triaksialforsøk utført på Ø75 mm prøver fra borhull 1004, fra hhv. 6,5 m, 11,5 m og 15,3 m dybde. Forsøksresultatene er vist i ref. /4/. Triaksialforsøkene er utført ved NGIs løsmasselaboratorium, på prøver av kvikkleire.

Materialet viser markert sprøbruddoppførsel. Dypere prøver har gradvis dårligere prøve kvalitet, og prøve kvalitetsklasse³ er hhv. 2, 3 og 4 for prøver fra hhv. 6,5 m, 11,5 m og 15,3 m. Resultater fra triaksialforsøkene er vist i Figur 3, og indikerer effektiv friksjonsvinkel $\varphi' = 26-27^\circ$ og attraksjon $a = 0-5$ kPa, relevant for peak styrke. Dybdevariasjon av s_{uA}/p'_0 er vist i Figur 4, og indikerer aktiv udrenert skjærfasthet ca. tilsvarende normalkonsoliderte forhold.

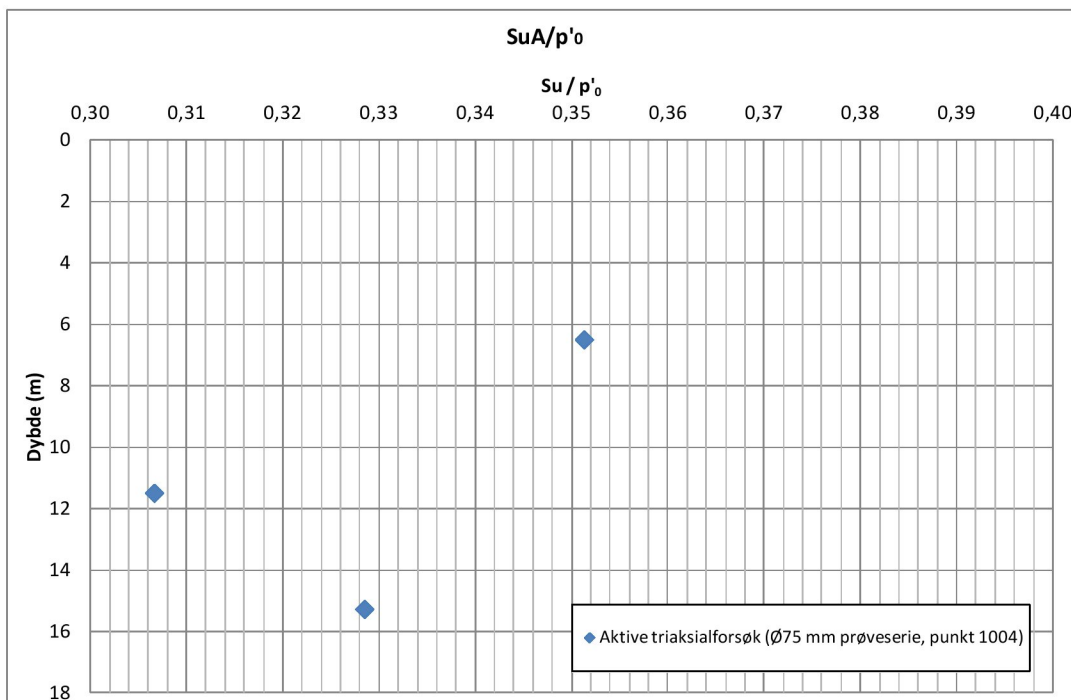
For leire (både sprøbruddmateriale og ikke sprøbruddmateriale) er det valgt å bruke $a = 0$ kPa, $\varphi' = 27^\circ$ i stabilitetsberegningene. For tørrskorpe er det benyttet erfaringsverdier: $a = 0$ kPa, $\varphi' = 32^\circ$.

² Definisjon av sprøbruddmateriale iht. ref. /1/, sensitivitet > 15 og omrørt skjærfasthet <2 kPa

³ Jfr. ref. /16/. Klassifisering av prøve kvalitet baseres på relativ volumendring under forsøket og in situ overkonsolideringsforhold. Beste prøve kvalitet er klasse 1, og dårligste er klasse 4.



Figur 3. Tolkning av triaksialforsøk på prøver fra borhull 1004. Viste bruddlinjer indikerer effektiv friksjonsvinkel $\varphi' = 26-27^\circ$ og attraksjon $a = 0-5$ kPa. Peak skjærfasthet i de enkelte forsøk er markert med grønt punkt (e_a ca. 0,4-0,5%), mens $e_a = 1\%$ og 2% er markert med røde, hhv. blå, punkter på spenningsstiene for de enkelte forsøkene.



Figur 4. Triaksialforsøk på prøver fra borhull 1004 ("peak" styrke). Forholdet mellom aktiv skjærfasthet og in situ vertikalspenning (s_{uA}/p'_0) plottet mot dybde.

5 Stabilitetsanalyser, dagens situasjon

Stabilitetsanalyser er utført for seks profiler ned skråningene mot Veia og Vrangbekken. Beliggenhet av profilene fremgår av tegning 010. Merk at det ikke er utført stabilitetsberegninger for skråningene på nordsiden av Veia utenfor sonen. Borpunkter fra grunnundersøkelsene og plassering av ERT-profilene er også vist på tegning 010.

Resultater fra stabilitetsanalysene er vist i Vedlegg D.

Med hensyn til områdestabilitet er kravet i ref. /1/ at materialfaktoren for glidesirkler som går ned i kvikkleire skal være > 1.4 for både drenert og udrenert analyse. Dette gjelder dersom det planlegges utbygging med tiltakskategori K3 eller K4, mens det for eksisterende bebyggelse generelt ikke finnes spesifikke krav (avhenger dog av byggetidspunkt). Sikkerhetskrav er nærmere diskutert i kapittel 8 og 9.

5.1 Profil P1

Profil P1 krysser den dype ravinen som avgrenser kvikkleiresonen mot nordvest. Skråningen er ca. 13 m høy, med helning ca. 1:3.

5.1.1 Grunnforhold, profil P1

Det er utført boring i tre punkter langs profilet ned mot Veia, i punktene 1002, 1003 og DT1. I tillegg er det gjort en orienterende sondering på motsatt side av Veia (boring 1010). Det er utført dreietrykksondering i alle punktene, og i tillegg CPTU-sondering og prøvetaking samt installasjon av piezometere i punktene DT1 og 1003. Alle boringene med unntak av dreietrykksondering i punkt DT1 er utført i forbindelse med utredningen (ref. /4/). Tolkede laggrenser er vist i beregningsprofilene (vedlegg D1). Det er modellert kvikkleire langs hele profilet, også i ravinebunnen, hvor det er antatt samme lagdeling som på borpunkt 2011. Ved sondering DT1 er det antatt sensitiv/kvikk leire fra ca. 8,5 m til ca. 21 m dypde. Mektigheten synes å være noenlunde tilsvarende ved punkt 1003, og avtar så øverst i sonen. Poretrykksmålingene indikerer hydrostatisk poretrykkfordeling fra antatt grunnvannsnivå på plataet og overtrykk i ravinen. Tolkning av CPTU-sonderingene ved DT1 og 1003 indikerer normalkonsoliderte forhold på toppen av skråningen og videre bakover på plataet oppover profilet.

5.1.2 Dagens situasjon, profil P1

Udrenert stabilitetsanalyse av dagens situasjon med forutsetningene over, gir materialfaktor $\gamma_m = 1,07$ for den kritiske glideflaten. Drenert analyse gir materialfaktor $\gamma_m = 1,32$. Beregningsresultater er vist i Vedlegg D1. Tabell 2 oppsummerer beregnet materialfaktor for stabilitetsanalyser av dagens situasjon. For både drenert og udrenert tilstand, er beregnet materialfaktor $\gamma_m < 1,4$.

Tabell 2 Stabilitetsberegninger, profil P1. Materialfaktor for dagens situasjon.

Beskrivelse	γ_m
	Dagens situasjon
Udrenert, skråning mot Veia	1,07
Drenert, skråning mot Veia	1,32

5.2 Profil P2

Profil P2 krysser både Veia og Vrangbekken. Skråningen ved Veia er ca. 9 m høy, med helning 1:2. Skråningen ved Vrangbekken er ca. 12 m høy, med helning ca. 1:3,5.

5.2.1 Grunnforhold, profil P2

For profil P2 er det regnet stabilitet ned mot Vrangbekken fra begge sider, og ned skråningen på sørsiden av Veia. Det er utført boringer langs profil P2 på begge sider av Vrangbekken. Mellom Veia og Vrangbekken er det utført boring i tre punkter, punkt 1006, punkt 602 og punkt BS-3. På jordet på sørsiden av Vrangbekken er det boret i to punkter, 1004 og 1005. Boringene er utført i forbindelse med utredningen (ref. /4/), med unntak av punkt 602 og BS-3, som er hentet fra ref. /7/ og /10/.

Det er utført dreietrykkssondering i alle punktene, unntatt BS-3 hvor det er utført totalsondering. I punktene 1004 og 1005 er det i tillegg utført CPTU-sondering, prøvetaking og poretrykksmåling, mens det i punkt 602 er utført CPTU-sondering (av dårlig kvalitet), vingeboring og poretrykksmåling. I punkt 1006 er det utført prøvetaking.

Tolkede laggrenser er vist i beregningsprofilene (vedlegg D1). Det er tolket sensitiv/kvikkleire på begge sider av Vrangbekken, under et tynt lag med tørrskorpe og et lag med ikke-sensitiv leire.

Veia

Oppe på plataet på søndre siden av Veia, er det tidligere utført totalsonderinger av Siv.ing Bjørn Strøm (ref. /10/). På tross av avtagende motstand under 13 m dybde, er ikke materialet tolket som sprøbruddmateriale, basert på borpunkter 1006 og 2016. Dreietrykkssonderingene har avtagende motstand i tilsvarende dybder, men prøver viser at materialet ikke er sprøbruddmateriale/kvikkleire. Da det ikke er tolket kvikkleire i skråningen, er stabilitetsberegning ikke nødvendig i dette profilet mht. områdestabilitet. Det kan derimot skje lokale glidninger pga. den store skråningshelningen. Dette er særlig aktuelt i forbindelse med langvarig og intensiv nedbør.

Mellom Veia og Vrangbekken

Ved borpunkt 602 er det antatt sensitiv/kvikkleire fra ca. 3 m til ca. 12 m dybde. Ved punkt 1006 viser prøver fra 5-7 m og 11-12 m dybde at lagene med avtakende sonderingsmotstand ikke er sensitiv leire (sprøbruddmateriale). Tykkelsen av sensitiv

leire synes ut fra dette å avta i retning Veia, samtidig som underkant av kvikkleirelaget stiger nordover fra Vrangbekken. Poretrykk målt ved punkt 602 (ref. /7/) indikerte poretrykk lavere enn hydrostatisk (økning på 3,6 kPa/m), men det er valgt å bruke data fra borpunkt 2015, hvor målt poretrykksøkning er større (5,4 kPa/m), og derfor mer konservativt (effektivspenningene blir lavere).

Sør for Vrangbekken

Ved borpunkt 1005 er det antatt kvikkleire fra ca. 6,3 m til ca. 13 m, med påvist kvikkleire mellom 7-8 m og 11-12 m. En prøve er tatt opp på dybde 15-16 m (dreitrykkssondering stoppet mot fast grunn eller stein på ca. 14 m); denne prøven viser ikke sprøbruddmateriale/kvikkleire.

Toppen av kvikkleirelaget stiger slakt innover jordet sør for bekken i retning borpunkt 1004, og samtidig øker dybden til fjell/fast grunn. Prøvetaking i punkt 1004 bekrefter kvikkleire mellom 6 og 18 m dybde. Trolig er leira kvikk eller sprøbruddmateriale) fra ca. 4 m og ned til ca. dybde 22 m under terreng. Det er antatt at bergoverflaten i dette området er relativt flat, mens berget stiger bratt oppover ved søndre avgrensning av sonen.

Poretrykksmålingene indikerer lav grunnvannstand og poreundertrykk mellom ravinene (Veia og Vrangbekken), mens grunnvannstanden er noe høyere sør for Vrangbekken (ca. 2,5-3 m under terreng). Målt poretrykksøkning er mellom 8,4 kPa/m og 12 kPa/m. Det er antatt poreovertrykk nederst i ravineskråningene (12,5 kPa/m), basert på poretrykksmålere lengre vest i bunnen av ravinen.

Tolkning av CPTU-sonderingene ved 1004 og 1005 indikerer normalkonsoliderte forhold, mens 2015 er lett overkonsolidert.

5.2.2 Dagens situasjon, profil P2

Tabell 3 viser beregnede materialfaktorer for dagens situasjon. Drenert analyse for dagens situasjon, viser at det er lokal stabilitet i bunnen av ravinen (dvs. den bratteste delen av skråningen) som er kritisk. Beregninger gir materialfaktor $\gamma_m = 1,19$ for mest kritiske glideflate på høyre side av bekken, og $\gamma_m = 1,24$ for mest kritiske glideflate på venstre side. I vedlegg D1 er det også vist at materialfaktorene for større (globale) glideflater har tilfredsstillende drenert materialfaktor for dagens situasjon ($\gamma_m > 1,4$). Det ble dog observert lokale utglidninger på befaringen. Slike grunne glidninger er typisk for nedbørsutløste skred, og i og med at disse skyldes infiltrasjon av vann i skråningen er de pr. definisjon drenerte brudd.

Udrenert stabilitetsanalyse gir materialfaktor $\gamma_m = 1,02$ for mest kritiske udrenerte glideflate på søndre side av ravinen (høyre side på vedlegg D1) og $\gamma_m = 1,42$ for mest kritiske glideflate på nordre side av ravinen (venstre side på vedlegg D1).

Tabell 3 Stabilitetsberegninger, profil P2. Materialfaktorer for dagens situasjon.

Beskrivelse	γ_m
	Dagens situasjon
Udrenert, kritisk skjærflate - sørside	1,02
Drenert, kritisk skjærflate - sørside	1,19
Udrenert, kritisk skjærflate - nord side	1,42
Drenert, kritisk skjærflate - nord side	1,24

5.3 Profil P3

Profil P3 krysser ravinen sørvest i kvikkleiresonen. Skråningen er ca. 14 m høy, med helning ca. 1:4,5.

5.3.1 Grunnforhold, profil P3

Det er utført tre boringer langs profilet (1001, 2002 og 2003). Ved hvert borpunkt er det utført dreietrykksondering, CPTU-sondering, prøvetaking og poretrykksmåling.

Poretrykksmålinger viser et relativt stort overtrykk i ravinen ved Veia (50% over hydrostatisk poretrykksfordeling, ca. 15 kPa/m). Ved borpunkt 2002 i toppen av skråningen er poretrykket under hydrostatisk (ca. 8,3 kPa/m) og målte poretrykk på BP. 1001 er lignende.

Dreietrykksonderingen i borpunkt 2003 ved elva viser bløtt materiale under 2 m dybde, med lite økning av motstand med dybde. Prøveserien viser materiale i nærheten av NVEs definisjon av sprøbruddmateriale ($S_{u,r} < 2$ kPa og $S_t > 15$) fra 3,5 m til 12 m dybde, men det er valgt å modellere materialet som vanlig leire, dvs. ikke sprøbruddmateriale (kun én laboratorieprøve har omrørt styrke under 2 kPa, og det er ikke et sammenhengende lag av sprøbruddmateriale; prøven inneholder også mye sand).

Borpunkt 2002 ligger ca. 25 m bak skråningskanten. Prøvetaking utelukker tilstedeværelse av kvikkleire grunnere enn 8 m dybde, mens kvikkleire er påvist finnes i prøve fra 10-11 m dybde. Siden bormotstanden ved dreietrykksondering avtar mellom 9 og 11,5 m dybde er dette dybdeintervallet tolket som kvikkleire.

Dreietrykksonderingen ved borpunkt 1001 indikerer tørrskorpe over siltig leire. Motstanden avtar mellom 5,5 og 7,5 m dybde, men en prøve tatt fra 6-7 m viser at dette laget ikke er sprøbruddmateriale.

Tolket lagdeling vises i beregningsprofiler i Vedlegg D1-D3. Et kvikkleirelag er antatt ca. 8 m under terrenget og kiler ut mot skråningen i nord og mot fjellet i sør. Styrkeprofiler tolket ut fra CPTU-sonderinger 1001, 2002 og 2003 er brukt i stabilitetsberegninger.

5.3.2 Dagens situasjon, profil P3

Udrenert og drenert stabilitetsanalyse for dagens situasjon gir henholdsvis, materialfaktor $\gamma_m = 1,15$ og $\gamma_m = 1,12$. Beregningsresultater er vist i Vedlegg D2.

Tabell 4 Stabilitetsberegninger, profil P3. Materialfaktor for dagens situasjon.

Beskrivelse	γ_m
	Dagens situasjon
Udrenert, skråning mot Veia	1,15
Drenert, skråning mot Veia	1,12

5.4 Profil P4

Profil P4 ligger ca. 100 m sørvest for profil P1.

5.4.1 Grunnforhold, profil P4

Grunnundersøkelser fra borpunkter 1002, 2005, 2006 og 2007 ble lagt til grunn for lagdeling i profil P4.

Borpunkt 2007 ligger ved Veiabekken, og sonderingene her indikerer leire med lav motstand. Prøver viser siltig leire med høyt vanninnhold. Omrørt udrenert skjærfasthet $S_{u,r}$ er litt over 2 kPa (dvs. ikke sprøbruddmateriale). De uforstyrrede konusforsøkene viser svært lave verdier, noe som tyder på at sylinderprøvene er forstyrrede. Antatt grunnvannstand er på 1 m dybde og poretrykksmåleren installert på 8 m dybde viser et overtrykk (12,6 kPa/m).

Borpunkt 2006 ligger på toppen av skråningen opp fra Veia. Dreietrykksonderingen avsluttes på 25,6 m dyp, uten å treffe fastere lag eller fjell. Prøver fra 8 og 14 m dybde bekrefter kvikkleire, og prøven på 16 m består av sprøbruddmateriale. Det antas her et sammenhengende lag av kvikkleire/ sprøbruddmateriale mellom 7 og 17 m dybde. Bornotstanden synker kraftig i den siste meteren av dreietrykksonderingen. Det er her dermed mulig med et tynt lag av sprøbruddmateriale ned mot berg, men dette er ikke medtatt i stabilitetsberegningene (kritiske glideflater vil ikke gå så dypt). Poretrykksmålere er installert på 8 og 15 m dybde. Avlesninger fra måleren på 8 m dybde gir ingen mening, og det er trolig en feil med sonden. Data fra denne poretrykksmåleren er derfor ignorert. Grunnvannstand ligger antatt på 2 m dybde. Poretrykksøkning ned til 15 m er ca. 8,6 kPa/m.

I borpunkt 2005 er det utført dreietrykksondering og prøvetaking. Motstanden i dreietrykksonderingen avtar mellom 5 og 14 m. Prøven fra 5-6 m viser siltig leire, mens den nederste delen synes å være sensitiv leire. Prøver på dybdene 9-10 m, 13-14 m og

16-17 m påviser kvikkleire. Under 17 m indikerer dreietrykksonderingen siltig leire med økende motstand, som antas å ikke være kvikkleire.

I borpunkt 1002 (øverst i sonen) er det kun utført dreietrykksondering. Det antas ikke kvikkleire her, og det er relativt grunt til berg.

5.4.2 Dagens situasjon, profil P4

Stabilitetsberegninger for skråningen mot Veia for dagens situasjon gir materialfaktor $\gamma_m = 1,16$ for udrenert tilstand og $\gamma_m = 1,32$ for drenert tilstand.

Tabell 5 Stabilitetsberegninger, profil P4. Materialfaktor for dagens situasjon.

Beskrivelse	γ_m
	Dagens situasjon
Udrenert, skråning mot Veia	1,16
Drenert, skråning mot Veia	1,32

5.5 Profil P5

Profil P5 ligger ca. 80 m nord for og parallelt med profil P1.

5.5.1 Grunnforhold, profil P5

Høydeforskjellen langs profil P5 er mindre enn for profil P1. På toppen av skråningen er det en ytterligere høydeøkning pga. veien, hvor trafikklaster er idealisert med jevnt fordelt last på 13 kPa. Borpunktene 2008 tom. 2011 benyttes som grunnlag for stabilitetsberegninger.

I borpunkt 2011 er det utført dreietrykksondering, CPTU-sondering, prøvetaking og poretrykksmåling. En prøve fra 0,6-1,2 m dybde viser siltig leire. Høyere motstand i dreietrykksonderingen mellom 1,5-2,5 m dybde indikerer et fastere lag, muligens elveavsetninger av sand/grus. Motstanden i dreietrykksonderingen øker ikke under dette nivået, og en prøve på 3-4 m viser siltig leire med sprøbruddegenskaper. Derfor antas sprøbruddmateriale fra 2,3 m dybde til 5 m dybde. Grunnvannstanden antas å ligge på 0,5 m dybde og poretrykksmåler på 5 m dybde indikerer poreovertrykk (økning ca. 12,3 kPa/m).

Opprinnelig var borpunkt 2010 plassert sør for veien, men ved supplerende undersøkelser måtte borpunktet flyttes til nordre side av veien (borpunkt 2010b) pga. tilgangsproblemer. På opprinnelig borpunkt 2010 er det kun utført en dreietrykksondering. Motstanden avtar mellom 9 og 18,5 m dybde, og det antas kvikkleire her. Borpunkt 2010b ligger på nedsiden av veien og ligger ca. 3,5 m lavere. Her er det utført dreietrykksondering, CPTU-sondering, prøvetaking og

poretrykksmåling. Prøvetaking viser siltig leire til 4 m dybde. Motstanden reduseres i dreietrykksønderingen fra 5-12,5 m og prøver bekrefter sprøbruddmateriale i dette intervallet. Under 12,5 m viser prøver at det er siltig leire uten sprøbruddsegenskaper. Det ble installert to poretrykksmålere ved borpunkt 2010b, som indikerer at grunnvannstanden ligger på ca. 1 m dybde. Poretrykksøkningen er ca. 9,5 kPa/m (litt under hydrostatisk).

5.5.2 Dagens situasjon, profil P5

Beregninger er vist i Vedlegg D2.

Mot Veia

Stabilitetsberegning utført for udrenert tilstand gir materialfaktor $\gamma_m = 1,20$. Størrelsen av glideflaten er styrt av dybden til berg. For drenert tilstand kan kraftig nedbør resultere i grunne overflateglidninger i de bratte delene av skråningen, men for utredning av kvikkleiresoner er det kun sett på glideflater som kan gå ned i kvikkleirelaget. Materialfaktor for drenert beregning, med glideflaten tvunget ned i kvikkleire, er $\gamma_m = 1,34$.

Mot Vrangbekken

Profilen krysser den øvre/oppstrøms delen av ravinen langs Vrangbekken, hvor ravinen er relativt grunn. På nordsiden av ravinen er beregnet materialfaktor $\gamma_m > 1,4$ for både udrenert og drenert tilstand. På sørsiden av ravinen er det mer usikkerhet i lagdelingen, men hvis det antas lagdeling lik borpunkt 2009 ved skråningsfoten, og antar at berget øker slakt oppover mot borpunkt 2008, blir materialfaktorene for hhv. udrenert og drenert tilstand $\gamma_m = 1,27$ og $\gamma_m = 1,38$.

Tabell 6 Stabilitetsberegninger, profil P5. Materialfaktor for dagens situasjon.

Beskrivelse	γ_m
	Dagens situasjon
Udrenert, skråning mot Veia	1,20
Drenert, skråning mot Veia	1,34
Udrenert, skråning mot Vrangbekken-nord side	2,30
Drenert, skråning mot Vrangbekken-nord side	2,58
Udrenert, skråning mot Vrangbekken-sørside	1,27
Drenert, skråning mot Vrangbekken-sørside	1,38

5.6 Profil P6

Profil P6 ligger ca. 60 m nordøst for, og parallelt med, profil P5.

5.6.1 Grunnforhold, profil P6

Skråningen er cirka 12 meter høy, og gjennomsnittlig skråningshelning er 1:1,5.

Det er ikke utført grunnundersøkelser i umiddelbar nærhet av profil P6, og lagdeling og styrkeparametere er derfor ekstrapolert fra profil P5, noe oppstrøms. Lenger nedstrøms (og i større avstand) er det utført noen boringer. Lagdeling basert på disse boringene ville ikke ført til endringer i beregnet sikkerhet. Dermed er borpunkter 2008B, 2011 (sørsiden av Veiabekken), samt 2 og 3001 (nordsiden av Veiabekken) brukt som grunnlag for stabilitetsberegningene. Grunnvannstanden er antatt å ligge i underkant av tolket tørrskorpe, og poretrykksfordelingen er antatt hydrostatisk. Innledende drenerte analyser viste svært lav drenert materialfaktor, og det er her valgt å bruke 4 kPa i stedet for 0 som kohesjon (c') for overhodet å få dagens skråning til å stå teoretisk.

5.6.2 Dagens situasjon, profil P6

Beregninger er vist i Vedlegg D3.

Stabilitetsberegningen utført for udrenert tilstand viste materialfaktor $\gamma_m = 0,85$. En beregnet materialfaktor under 1 tilsier at skråningen er ustabil og teoretisk i brudd. Da skråningen i virkeligheten står, er det gjort en oppjustering på 15% av de udrenerte parameterne, med resulterende ny beregnet materialfaktor på $\gamma_m = 0,98$.

Det ble på befaring observert at et parti av skråningen på sørsiden av Veiabekken var steinplastret (se Figur 9d i vedlegg C). Det er kjent at overflateglidninger har forekommet i dette området tidligere, noe som stemmer overens med den relativt bratte skråningshelningen og den lave drenerte materialfaktoren. For den drenerte tilstanden indikerer beregningene at det også kan forekomme dypere glidninger som berører kvikkleirelaget. Materialfaktor for drenert beregning, med glideflate i kvikkleire er $\gamma_m = 0,86$. Dette vil i praksis bety at skråningen teoretisk står i brudd, og at reell udrenert materialfaktor må antas lik 1,0. Datagrunnlaget for valg av drenerte parametre i grunne lag av tørrskorpe er generelt tynt (ikke prioritert i forbindelse med utredningen), og både friksjonsvinkel og kohesjon kan være for forsiktig valgt.

Tabell 7. Stabilitetsberegninger, profil P6. Materialfaktor for dagens situasjon.

Beskrivelse	γ_m
	Dagens situasjon
Udrenert, skråning mot Veia	0,98
Drenert, skråning mot Veia	0,86

6 Revurdert soneutbredelse

6.1 Utstrekning og oppdeling av sonen

Basert på grunnundersøkelser, tolkede ERT-profiler (se Vedlegg B) og stabilitetsberegninger gjøres i det følgende en vurdering av revidert utbredelse av kvikkleiresone 486 Korsgården.

Utstrekning av sonen er basert på tolkningen av sprøbruddmateriale i Tabell 1. På tegning 011 er tilstedeværelse av sprøbruddmateriale fargekodet for hvert borpunkt, som grunnlag for å dele opp sonen. Rød farge angir bekreftet kvikkleire ved prøve, mens oransje farge angir sannsynlig forekomst av kvikkleire (sprøbruddmateriale) basert på tolkning. Blått og grønt angir at tolkning indikerer, hhv. at prøve bekrefter, at det ikke er kvikkleire i det aktuelle borepunktet.

Sør for Vrangbekken

Området med kvikkleire er begrenset mot øst ved boringer 2012, 2017 og 2018 som indikerer liten dybde til fast grunn/berg.

Det ble observert noe berg i dagen i ravinen (se Sted 20 i befarringsrapport; Vedlegg C), men dette anses ikke å påvirke retrogresjon⁴ (mot sør) av et ev. kvikkleireskred, når man tar i betraktning lokasjon og mektighet av kvikkleiren på borpunkt 1004 og 1005. Med datagrunnlaget som foreligger er det ikke aktuelt å redusere sonen ytterligere mot øst.

Det foreslås derfor opprettet en ny kvikkleirefaresone: 2038 *Vika*. Sonen er vist med lilla linjer på Tegning 010.

Nord-østre del

Nord for Vrangbekken og øst for borpunkt 1008, er det ikke funnet tegn på sprøbruddmateriale i sonderinger eller prøver. Unntatt er borpunkt 602, der vingeboringen indikerer en lomme med kvikkleire mellom kote +15,1 og +24,1. Basert på disse boringene foreslås en reduksjon av soneutbredelsen i dette området.

Vestre del

Sonen vil avgrensnes mot vest ved boringer 1001 og 2001, hvor prøver bekrefter at det ikke finnes sprøbruddmateriale. Bakkanten av sonen flyttes også i retning nordvest, basert på 1:15 "retrogresjonslinje" (iht. ref. /18/) fra bunnen av den kritiske glidesirkelen (vist på Vedlegg D1).

Dermed reduseres utbredelsen av nåværende kvikkleiresone 486 Korsgården. Revidert sone er vist med grønt omriss på Tegning 010.

⁴ Retrogresjon er et vanlig benyttet begrep om tilbakegripende skredutvikling i kvikkleire. Kvikkleireskred vokser da ved at stadig nye utglidninger oppstår i terrenget etter at et initialskred har skjedd.

6.2 Utløpsområder

Det er knyttet stor usikkerhet til vurdering av utløpsområder for områdeskred i kvikkleireterreng, dette pga. faktorer som lagdeling, leirens mekaniske egenskaper (dvs. sensitivitet, omrørt skjærfasthet og viskositet) og topografi (dvs. skråningens geometri, skråningshøyden, utløpsområdets helning og graden av kanalisering, hindringer). Gjeldende kvikkleireveiledning gir ingen metodikk for å vurdere dette, men en revidert veileder er under utarbeidelse, hvor dette trolig vil inkluderes.

I denne rapporten er lengden av utløpsrådene basert på anbefalinger fra "NIFS"-prosjektet i ref. /18/:

- Retrogressivt skred og ravinert terreng $\rightarrow L_u=3L$
- Retrogressivt skred og åpent terreng $\rightarrow L_u=1.5L$
- Flakskred / Rotasjonskred $\rightarrow L_u=0.5L$

hvor L = løsneområdets lengde og L_u = utløpsdistanse.

6.2.1 Utløpsområde, sone 486 Korsgården

Bekken Veia er ravinert, derfor er det brukt 3 * løsneområdets lengde for anslag på utløpsdistanse. Det er antatt at ravinen kan fylles opp med 5-6 m leire/kvikkleire, også nedstrøms selve kvikkleiresonen. Utløpsområdet er vist på kartet (Tegning 010) med en stiplet, grønn linje.

6.2.2 Utløpsområde, sone 2038 Vika

Vrangbekken er også ravinert, og basert på utløpsdistanse tilsvarende 3 ganger løsneområdets lengde, kan ravinen bli fylt opp helt ned til kulverten (hvor bekken lukkes) ved et evt. større skred. Store skredmasser på kort tid vil sannsynligvis demme opp kulverten, og kvikkleire vil renne ut over terrenget og deretter spre seg ut. Dermed er utløpslengden satt til $L_u = L$ nedstrøms kulverten, også tilpasset terrengformen. Merk at kvikkleire kan spre seg utenfor området vist på kartet, men dette antas å kun være i tynnere lag og med mindre hastighet (dvs. lavere intensitet, noe som vil begrense skader). Utløpsområdet er vist på kartet (Tegning 010) med en stiplet, lilla linje.

7 Revurdering av faregrad, skadekonsekvens og risiko

Basert på utredningen er det gjort en ny vurdering av sonens klassifisering mht. faregrad, skadekonsekvens og risiko. Metodikk for risikoklassifisering er beskrevet i ref. /17/. Detaljerte vurderinger er gitt i vedlegg E.

7.1 Sone 486 Korsgården

- Sonens faregradsklasse endres fra "3 – Høy" til "2 – Middels" som konsekvens av endring av forkonsolidering, begrunnet i flere utførte CPTU-sonderinger.

- Skadekonsekvensklasse er vurdert til "3 - Meget alvorlig", og er uendret fra tidligere vurdering.
- Risikoklassen endres fra "5 – Høyest prioritet" til "4 – Høy prioritet".

7.2 Sone 2038 Vika

- Faregradsklassen er evaluert til "3 – Høy".
- Skadekonsekvensklasse er vurdert til "2 – Alvorlig".
- Resulterende risikoklasse er "4 – Høy prioritet".

8 Sikkerhetskrav for nye tiltak

I dette kapitlet vurderes nødvendige sikringstiltak for evt. tiltak som tilflytting til de to kvikkleiresonene Korsgården og Vika (dvs. tiltakskategori K3 og K4 iht. ref. /1/).

Det er ikke planlagt utbygging i området per dags dato, men NVE ønsker at stabiliserende tiltak for evt. tiltak som medfører tilflytting til sonen vurderes i profiler/områder som anses mest kritisk med hensyn til stabilitet og skredfare.

8.1 Krav til områdestabilitet for tilflytting til kvikkleiresonene

For tiltak som medfører tilflytting til sonen (tiltakskategori K3 og K4) er kravet til skråningssikkerhet materialfaktor 1,4 eller større (både for drenerte og udrenerte forhold). For dagens skråninger er nåværende stabilitet gjennomgående betydelig under dette kravet, og tiltak for å oppnå materialfaktor på 1,4 ville bli meget omfattende.

Alternativt til absolutt materialfaktor på 1,4 kan prinsippet om "prosentvis forbedring" anvendes, iht. ref. /1/, noe som gir betydelig mindre inngrep/sikringstiltak. Det er i det følgende vurdert nødvendige tiltak for å oppnå prosentvis forbedring av skråningsstabiliteten. For Korsgården innebærer dette krav til "forbedring" (middels faregradsklasse) mens Vika får krav om "vesentlig forbedring" (høy faregradsklasse). Utbredelse av vurderte stabilitetsforbedrende tiltak er vist på tegning 013 og 014.

Tiltakskategori. Type tiltak som inngår i tiltakskategorien	Hvordan oppnå tilfredsstillende sikkerhet for ulike faregrad		
	Faregrad før utbygging: Lav	Faregrad før utbygging: Middels	Faregrad før utbygging: Høy
<p>K2: Tiltak som er nevnt under kategori K1 når tiltaket vil påvirke stabiliteten negativt dersom det ikke gjennomføres stabiliserende tiltak utenom selve tiltaket.</p> <p>Dersom tiltaket medfører tilflytting av personer skal tiltaket plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring **</p> <p>Kvalitetssikres av kollega.*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis $F > 1,2$, eller</p> <p>c) Forbedring hvis $F \leq 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K3: Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi (utover tiltak i K0-K2). Ved planlagt større tilflytting/ personopphold gjelder K4.</p> <p>Eksempler er bolighus og fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, mindre utendørs publikumsanlegg, mindre næringsbygg, større VA-anlegg.</p>	<p>a) Stabilitetsanalyse som dokumenterer sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring**</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Ikke forverring hvis $F \geq 1,2$, eller</p> <p>c) Forbedring hvis $F < 1,2$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>
<p>K4: Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold enn tiltak i K3 samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner.</p> <p>Eksempler er mer enn to eneboliger/fritidsboliger, rekkehus/boligblokk, bolig- og hyttefelt, skole og barnehage, sykehjem, større næringsbygg, kontorbygg, idretts- og industrianlegg, større utendørs publikumsanlegg, lokale beredskapsinstitusjoner.</p>	<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>		<p>Stabilitetsanalyse som dokumenterer:</p> <p>a) Sikkerhetsfaktor for områdestabilitet $F \geq 1,4$ eller</p> <p>b) Vesentlig forbedring hvis $F < 1,4$, se figur 5.1.</p> <p>Kvalitetssikres av uavhengig foretak*</p>

Figur 5 Krav til prosentvis forbedring iht. ref. /1/

Krav til sikkerhet for det konkrete byggeprosjekt må for øvrig vurderes og svares ut av geotekniker, ut fra lovverk/regelverk, og ut fra tiltakets faktiske utforming.

Vurdering av behov for erosjonssikring langs bekkedrag gjennom et planområde er også aktuelt, i tillegg til stabiliserende tiltak, se neste avsnitt.

8.2 Erosjonsforhold langs Korsgården og Vika

Ved evt. sikringstiltak bør også erosjonsforhold og evt. erosjonssikring vurderes, ikke bare stabilitetsforbedrende tiltak. I forbindelse med utredningen er det utført befarings langs ravinene Veia og Vrangbekken, og erosjon er klassifisert som enten "ingen", "litt", "noe" eller "aktiv" iht. metodikk gitt i ref. /17/. Erosjonsforholdene er vist på tegning 012.

For Korsgården er det stedvis snakk om erosjon i kategorien "litt" og "noe" erosjon langs Veia og Vrangbekken, mens for Vika er det også et parti med "aktiv" erosjon langs Vrangbekken.

8.3 Sone 486 Korsgården

Kvikkleiresone 486 Korsgården er vurdert til middels faregrad. Der materialfaktoren γ_m er under 1,4 vil tiltak i tiltakskategori K3 eller K4 utløse behov for tiltak som resulterer i "forbedring" iht. NVE veileder 7-2014, ref. /1/, dvs. inntil 10 % forbedring med utgangspunkt i dagens situasjon.

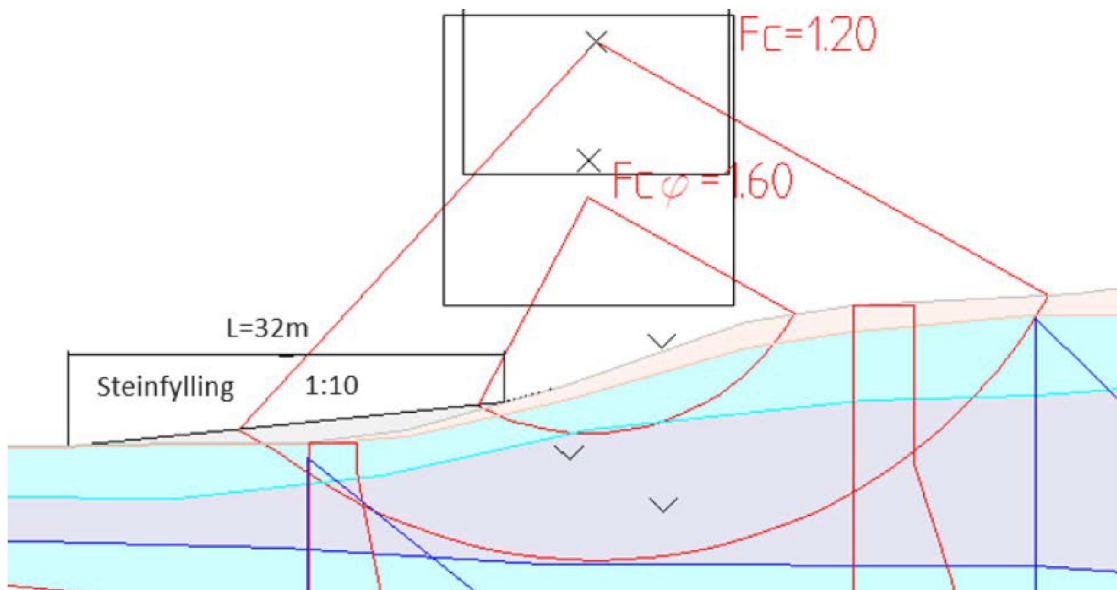
8.3.1 Profil P1 (mot Veia)

Tabell 8 viser krav til stabilitet, og hvor stor forbedring av stabiliteten (materialfaktoren) som kreves for å oppnå "forbedring" iht. NVE veileder 7-2014 (ref. /1/).

Tabell 8. Krav til "forbedring" av stabiliteten mot Veiabekken for profil P1 iht. ref. /1/.

Beskrivelse	γ_m	γ_m
	Dagens situasjon	Forbedring
Udrenert, skråning mot Veia	1,07	1,16 (8% forbedring)
Drenert, skråning mot Veia	1,32	1,35 (2% forbedring)

Utlekking av motfylling av stein i nedre del av skråningen vil forbedre skråningsstabiliteten. Også nedplanering av ryggene (til side for profil P1) vil gi forbedret stabilitet. Foreslått tiltak med tilstrekkelig forbedring er vist i Figur 6.



Figur 6. Foreslått tiltak for profil P1.

8.3.2 Profil P2 (mot Veia)

Profil P2 krysser både Vrangbekken og Veia. Profil P2 krysser Veia utenfor revidert Korsgården kvikkleiresone. Her er det ikke påtruffet kvikkleire, og det er derfor ikke utført stabilitetsberegning.

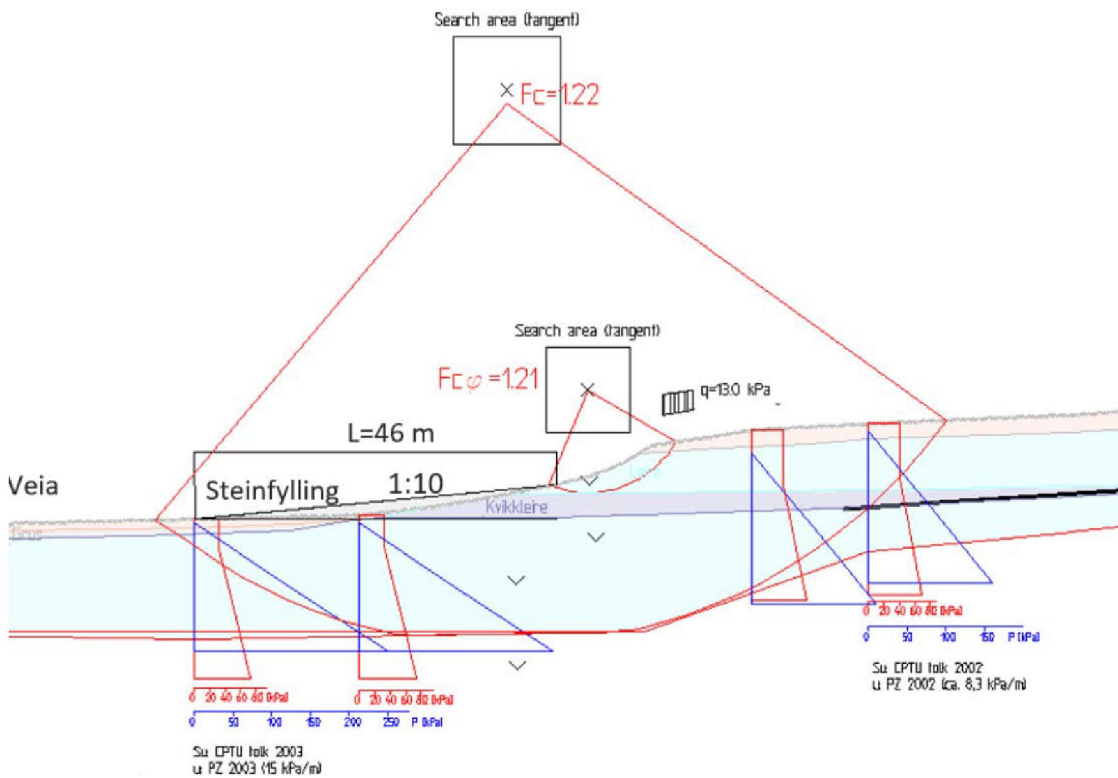
8.3.3 Profil P3 (mot Veia)

Tabell 9 viser hvilken prosentvis "forbedring" som kreves iht. NVE veileder 7-2014.

Tabell 9. Krav til forbedring mot Veiabekken for profil P3.

Beskrivelse	γ_m	γ_m
	Dagens situasjon	Forbedring
Udrenert, skråning mot Veia	1,15	1,22 (6 % forbedring)
Drenert, skråning mot Veia	1,12	1,20 (7% forbedring)

Foreslått tiltak for profil P3 er tilsvarende som for profil P1; steinfylling med helning 1:10. Utbredelsen er imidlertid større for å få prosentvis forbedring av materialfaktor for både drenert og udrenert situasjon. Se Figur 7.



Figur 7. Foreslått tiltak for profil P3.

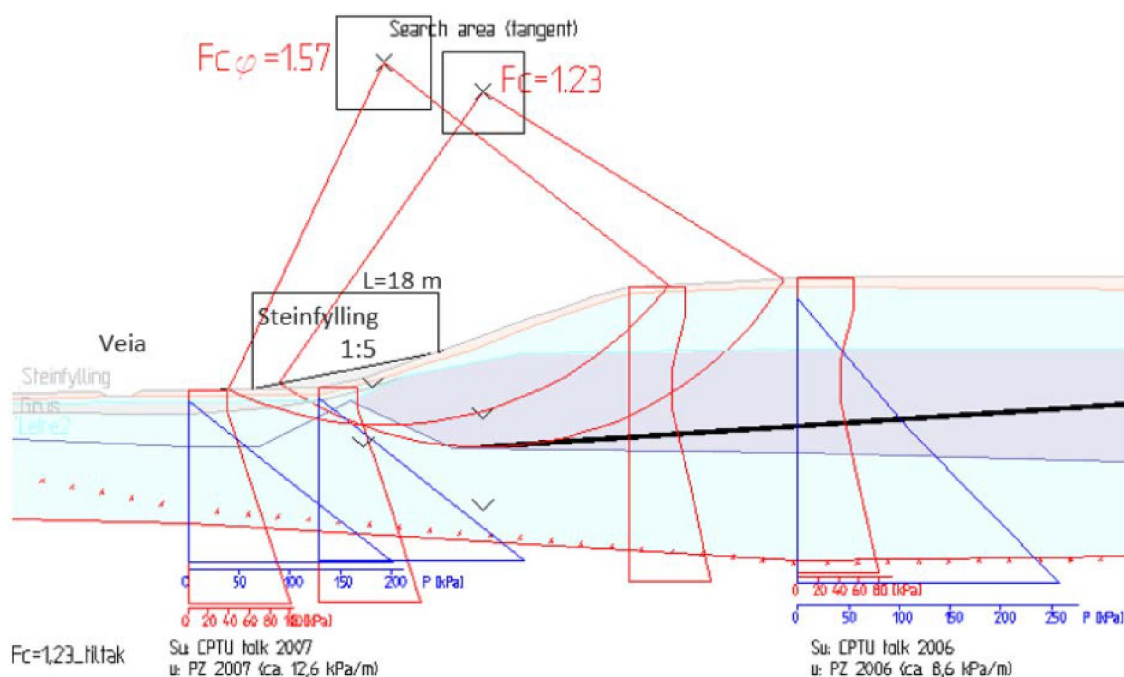
8.3.4 Profil P4 (mot Veia)

Tabell 10 viser hvilken prosentvis "forbedring" som kreves iht. ref. /1/.

Tabell 10. Krav til forbedring mot Veiabekken for profil P4.

Beskrivelse	γ_m	γ_m
	Dagens situasjon	Forbedring
Udrenert, skråning mot Veia	1,16	1,23 (6% forbedring)
Drenert, skråning mot Veia	1,32	1,35 (2% forbedring)

Foreslått tiltak for profil P4 er en steinfylling med helning 1:5 og utbredelse tilsvarende 18 meter i lengderetning. Dette vil føre til tilstrekkelig forbedring av materialfaktor for både drenert og udrenert situasjon. Se Figur 8.



Figur 8. Foreslått tiltak for profil P4.

8.3.5 Profil P5 (mot Veia)

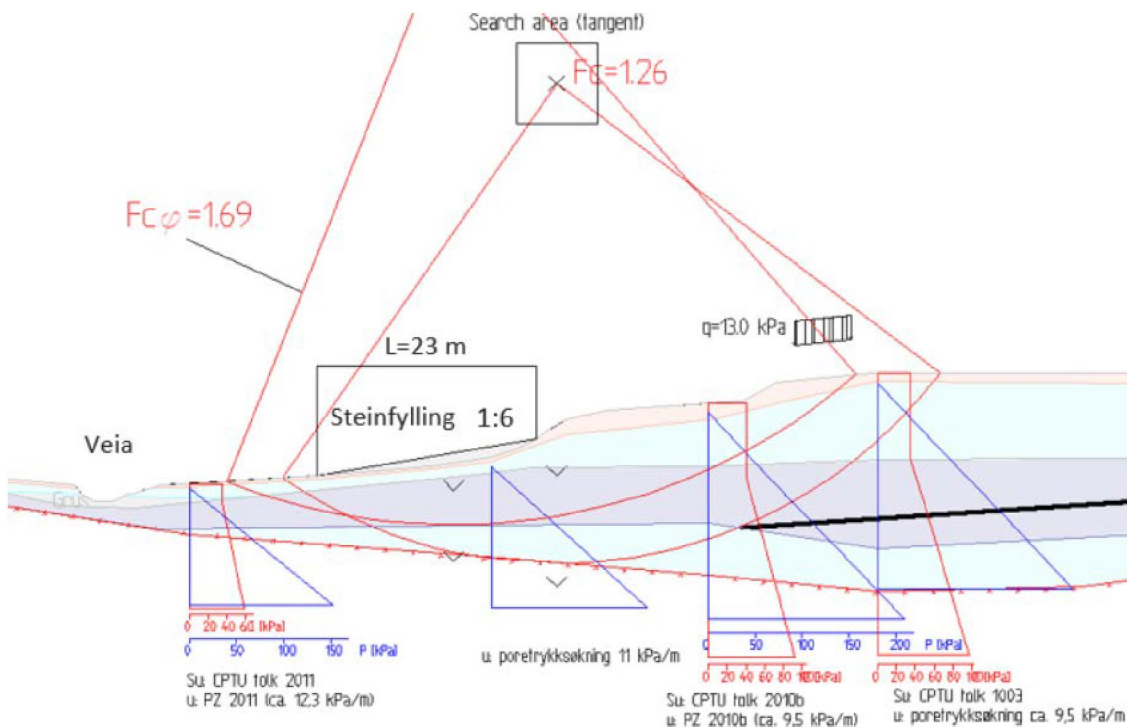
I profil P5 er det behov for tiltak i skråningen mot Veia.

Tabell 11 viser hvilken prosentvis "forbedring" som kreves iht. ref. /1/.

Tabell 11. Krav til forbedring for profil P5.

Beskrivelse	γ_m	γ_m
	Dagens situasjon	Forbedring
Udrenert, skråning mot Veia	1,20	1,26 (5% forbedring)
Drenert, skråning mot Veia	1,34	1,36 (1,5% forbedring)

Foreslått tiltak for profil P5 er en steinfylling med helning 1:6 og utbredelse tilsvarende 23 meter i lengderetning. Dette vil føre til tilstrekkelig forbedring av materialfaktor for både drenert og udrenert situasjon. Se Figur 9.



Figur 9. Foreslått tiltak for profil P5 mot Veiabekken.

8.3.6 Profil P6 (mot Veia)

Profil P6 går fra bebyggelsen sør for Veia og bratt ned til bekken. For dette profilet er stabilitetsforholdene spesielt dårlige, både for udrenert og drenert analyse. Tabell 12 viser hvilken prosentvis "forbedring" som kreves iht. NVE veileder 7-2014. Både udrenert og drenert materialfaktor er beregnet å være < 1 , og krav til "forbedring" er da 10% høyere materialfaktor enn dagens situasjon (som pr. definisjon da anses å tilsvare $\gamma_m 1,0$).

Tabell 12. Krav til forbedring for profil P6.

Beskrivelse	γ_m	γ_m
	Dagens situasjon	Forbedring
Udrenert, skråning mot Veia	0,98	1,08 (10% forbedring)
Drenert, skråning mot Veia	0,86	0,95 (10% forbedring)

På platået bak toppen av skråningen finnes det hus nær skråningskanten, og avlastning av terreng i øvre del av skråningen er derfor ikke en enkel løsning. Den relativt bratte skråningen i profil P6 er allerede steinplastret. For å sikre skråningen mot dypere glidninger (også de mest kritiske) er det nødvendig med motfylling i bekken. Geometrien til en slik motfylling er analysert ved å variere tykkelsen (H) av motfyllingen i bekken og horisontal bredde av bekkeløpet (B på Figur 10). Det er

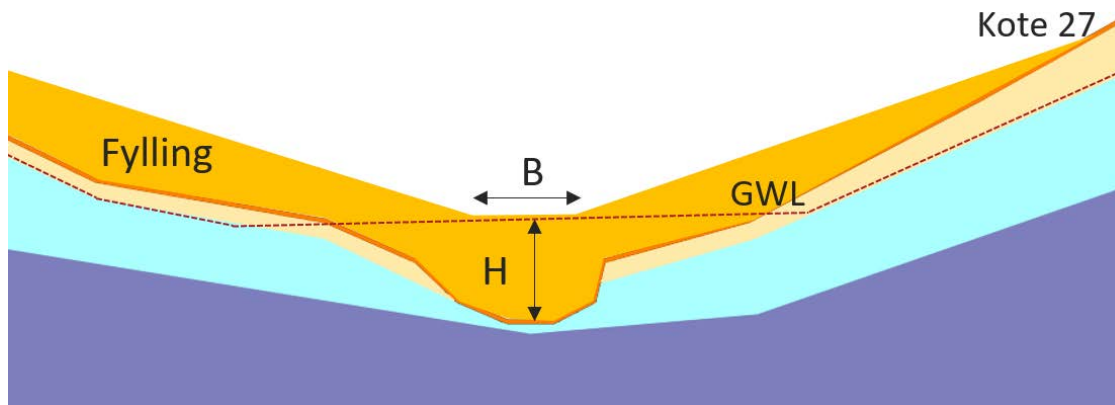
konkludert med at bredden B har minimal innvirkning, og B er derfor satt til 1 m i beregningene. Grunnvannstanden (markert "GWL") er antatt å ligge i overflaten av motfyllingen og deretter følge bunnen av tørrskorpa. Det er antatt en hydrostatisk poretrykksfordeling etter fullført tiltak. Se Figur 10.

Nødvendig tykkelse av motfylling i bekken for å stabilisere skråningen iht. 10 % forbedret materialfaktor blir 2,5 meter regnet fra dagens bekkebunn, se Tabell 13. Med utgangspunkt i overkant av fylling på kote 27 blir helningen på motfyllingen 1:6.

En "forbedring" iht. NVE veileder 7-2014, ref. /1/, vil kreve at bekken oppstrøms profilet også løftes. Det vil trolig være nødvendig med en gradvis redusert tykkelse på motfyllingen oppstrøms bekken fram til ca. Profil 4.

Tabell 13. Profil 6: Udrenert materialfaktor for varierende høyde H av motfylling i bekken. Grønn skrift indikerer tilstrekkelig prosentvis forbedring iht. NVE 7-2014.

H [m]	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
γ_m , udrenert	0,99	1,02	1,06	1,12	1,19	1,25	1,3	1,38	1,44
γ_m , drenert	0,9	1,01	1,09	1,17	1,24	1,33	1,44	1,51	1,59



Figur 10. Foreslått tiltak for profil P6. Nødvendig med oppdemming av Veiabekken oppstrøms.

Foreslått utbredelse av tiltak innenfor Korsgården kvikkleiresone er vist på tegning 013.

Dersom bekken sikres med 2.5 m fylling lokalt ved profil P6 (dvs. opp til ca. kote 23), vil bekken demmes opp dersom tiltak ikke gjøres. To alternativer kan vurderes for å opprettholde vannføringen: enten legge bekken i rør og fylle masser i bekken slik tegning 013 viser; eller løfte selve bekkeleiet. Det vil være viktig å sikre tilstrekkelig og jevnt fall i bekken gjennom hele motfyllingen/tiltaket.

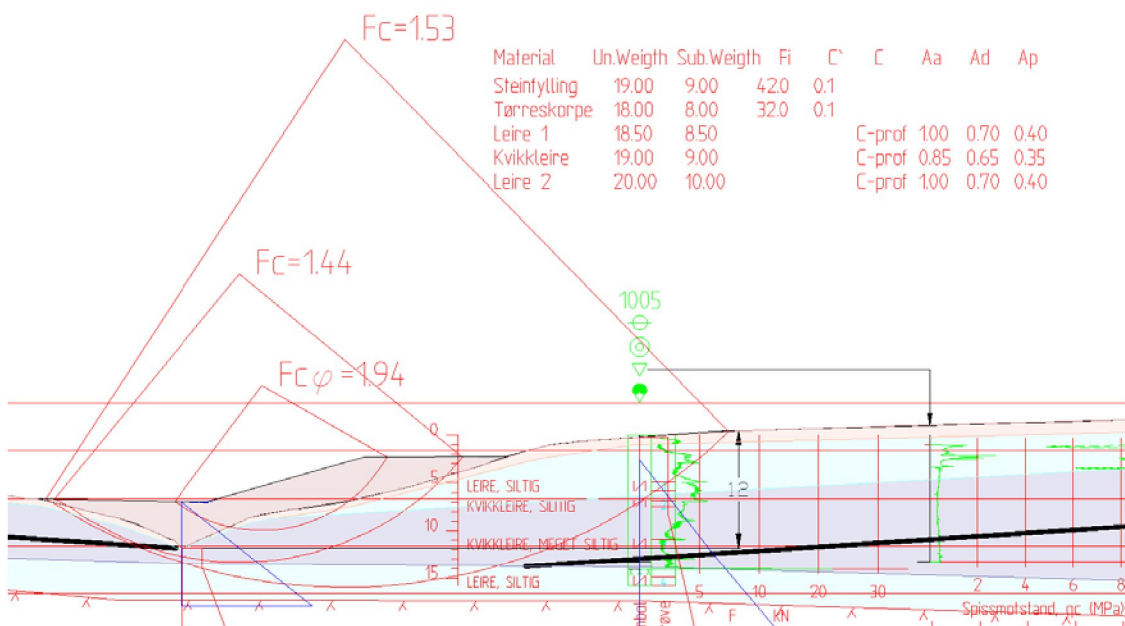
8.4 Sone 2038 Vika

Foreslåtte stabiliserende tiltak for kvikkleirefarezone Vika, forutsatt ny bebyggelse som innebærer tilflytting til sonen (K3/K4-tiltak), er oppsummert på tegning 014. I tillegg til stabiliserende tiltak bør erosjonssikring utføres der erosjonsforholdene er klassifisert som "Litt, Noe og Aktiv" erosjon, se tegning 012.

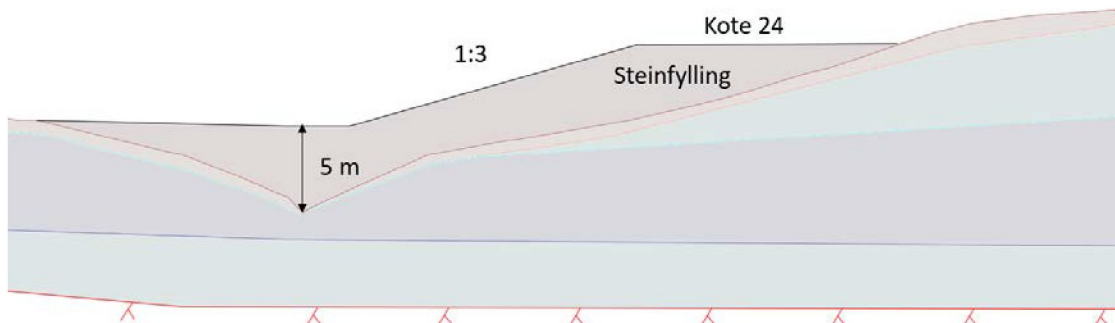
8.4.1 Profil P2 (mot Vrangbekken)

Kvikkleiresone 2038 Vika har høy faregrad, og der materialfaktoren er under 1,4 er kravet for tiltak som medfører tilflytting til sonen stabiliserende tiltak som fører til "vesentlig forbedring" iht. ref. /1/. Dette krever oppfylling i bekken.

For tilstrekkelig sikkerhet både for globale glideflater og for fyllingsfronten viser det seg nødvendig med et relativt omfattende tiltak, som medfører ca. 5 m løfting av bunnen i Vrangbekken, se Figur 11 og Figur 12. Datagrunnlaget for detaljprosjektering er her relativt tynt, og det er mulig at omfang av tiltak her kan reduseres ved supplerende undersøkelser og evt. forbedrede styrkeparametere.



Figur 11. Tiltak som fører til materialfaktor større eller lik 1,4 (både drenert og udrenert). Her er bekken hevet 5 m.



Figur 12. Tiltak for sikring av evt. ny bebyggelse ved kvikkleirefarezone Vika, representert ved profil P2. Det er nødvendig med oppdemming av Vrangbekken oppstrøms.

9 Sikring av dagens bebyggelse

Ut fra gjeldende lovverk er det generelt ikke noen krav til sikkerhet for eksisterende bebyggelse (for nyere bebyggelse forutsettes at gjeldende sikkerhetskrav ut fra PBL er fulgt i byggeprosessen på gjeldende tidspunkt).

Selv om det ikke stilles formelle sikkerhetskrav, anbefales likevel enkelte tiltak også for eksisterende bebyggelse, se nedenfor.

9.1 Erosjonssikring langs Veia (sone Korsgården) og Vrangbekken (sone Vika)

Naturlig utløste kvikkleireskred er i første rekke resultat av erosjon langs vassdrag. Erosjonssikring er derfor et effektivt middel for å hindre naturlig utløste kvikkleireskred. Der erosjon påvises og anses å kunne utløse kvikkleireskred, anbefales derfor erosjonssikring langs bekkedragene innenfor kvikkleiresonene.

Aktuelle strekninger med erosjon fremgår av tegning 012, med "noe", "litt" og "aktiv" erosjon.

9.2 Forhindre ukontrollerte terrenginngrep

Menneskeskapt skred i kvikkleireområder er dessverre ikke uvanlig. Et viktig virkemiddel for å redusere faren for kvikkleireskred er derfor kontroll på terrenginngrep innenfor kvikkleiresonen.

I første rekke er det viktig å forhindre initialskred, som i uheldige tilfeller kan utvikle seg til større kvikkleireskred. Grunnarbeider som ikke er prosjektert geoteknisk er en vanlig årsak til utløsning av skred. Ofte foretas mindre (i noen tilfeller store)

oppfyllinger på toppen av skråning uten nærmere vurdering. Typisk skjer dette ved at overskuddsmasser dumpes utover skråningskant, slik at skråningen blir brattere. Slik forverres stabiliteten lokalt. I noen tilfeller kan et skred utløst på denne måten være begrenset til lokalt brudd/utglidning på skråningskanten, og får ingen større konsekvenser for området som helhet. Avhengig av oppfyllingens størrelse, grunnforholdene og lokal topografi, kan imidlertid relativt små oppfyllinger også forårsake store kvikkleireskred. Massedeponier, selv i betydelig avstand fra skråninger, kan også utløse skred (ved såkalt progressiv bruddutvikling). Likeledes kan skjæringer inn i terrenget forårsake skred. Siden kvikkleirelaget normalt ligger et stykke under terrengoverflaten (under tørrskorpeleire eller andre ikke-kvikke masser), vil gravearbeider i nedre del av skråningen kunne medføre inngrep direkte i kvikkleire.

Det er derfor all grunn til å være på vakt overfor alle ulovlige terrenginngrep i kvikkleireområder, og informasjon til beboerne i området vil her være viktig. Det oppfordres til streng håndheving av alle terrenginngrep innenfor kvikkleiresoner (fylling i skråninger, massedeponering eller gravearbeider), med krav om at slike tiltak vurderes geoteknisk. Informasjonsmøte med beboerne i forbindelse med presentasjon av utredning kan da være et virkemiddel.

Det er viktig å merke seg at det eksisterer en unntaksbestemmelse i Saksforskriften for såkalt "mindre fylling eller planering av terreng" (§4-1, bokstav e nr. 7). I følge dette unntaket er arealmessig mindre tiltak (høydeendring i forhold til opprinnelig terreng inntil 3 m i spredtbygd strøk og 1,5 m i tettbygd strøk) unntatt fra søknadsplikt etter Plan- og bygningsloven. Dette innebærer imidlertid ikke at slike tiltak ikke kan resultere i utløsning av skred. Tvert imot vil 3 m oppfylling (eller graving) i gitte tilfeller være tilstrekkelig for utløsning av skred, avhengig av grunnforhold og topografi og tiltakets omfang. Det er heller ikke gitt noe arealmessig grense for hva som er "mindre fylling eller planering ..." i denne sammenheng. Geoteknisk vurdering burde derfor gjøres også for slike tiltak. For å hindre at denne type terrengarbeider likevel skjer uten søknad, med hjemmel i unntaksbestemmelsen i Saksforskriften, må det vurderes å innføre andre reguleringer for området. Bestemmelser kan f.eks. tas med i kommunenplanens arealdel eller i reguleringsplan, jf. §4-1.

9.3 Stabilitetsforbedring for dagens bebyggelse langs Veia (sone Korsgården)

Stabilitetsforholdene er dårlige langs Veia i den trangere delen av bekkeløpet (nedstrøms profil 6). Skråningene er her meget bratte, og eksisterende boliger ligger flere steder svært nær skråningskanten. Stabilitetsberegningene viser marginale eller kritiske forhold for skråningene. Det er også skjedd grunne glidninger tidligere i dette området (jfr. tegning 012). Dypere rotasjonsbrudd er dog ikke kjent fra historiske hendelser.

Forbedret sikkerhet langs denne strekningen krever at bekken løftes over et parti (jfr. kapittel 5 og tegning 013). En slik heving gir mulighet for utslaking av skråningen mot bekken, og gir samtidig forbedret sikkerhet også for dypere glidninger.

For å sikre mot overflateglidninger kan det evt. vurderes drenerende grøfter i eksisterende skråning. Dette vil i liten grad forbedre sikkerheten mot dypere glidninger, men vil kunne forhindre grunne glidninger ved mye nedbør. Slike tiltak er ikke beskrevet i detalj her. Grunne glidninger antas ikke å berøre kvikkleirelag, basert på eksisterende datagrunnlag.

10 Konklusjon

NGI har utført en geoteknisk utredning av kvikkleiresone 486 Korsgården i Nedre Eiker kommune. Grunnundersøkelser utført i forbindelse med utredningen bekrefter tilstedeværelse av kvikkleire i store deler av sonen.

I den nordlige og sørvestlige delen av den opprinnelige sonen er det ikke påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale i en slik mektighet/utbredelse/beliggenhet at det tilsier fare for kvikkleireskred. Disse områdene er derfor tatt ut av den opprinnelige faresonen. Det kan fortsatt være dårlig stabilitet av skråningene i dette området

Den opprinnelige sonen er deretter foreslått oppdelt i to mindre soner; 486 Korsgården og 2038 Vika. Faregradsklassen vurderes til "middels" for Korsgården og "høy" for Vika.

Utløpsområder for eventuelle skred som løsner innenfor sonene er vurdert. Utløp fra et stort skred innenfor sone Vika antas å kunne ramme bebyggelsen nedstrøms sonen.

Stabilitetsanalyser er utført for seks lengdeprofiler innenfor sonene, som dekker stabilitet av skråningene mot to bekkeraviner: Veia og Vrangbekken. Stabiliteten av elveskråningene er beregningsmessig dårlig, særlig for udrenert analyse, som i flere tilfeller resulterer i beregnet materialfaktor under gjeldende krav for evt. ny bebyggelse.

For evt. ny bebyggelse i tiltakskategori K3 og K4 er krav til prosentvis forbedring av stabiliteten vurdert iht. NVEs veiledning 7-2014 (ref. /1/). Foreslåtte tiltak for de to sonene er vurdert i kapittel 8 (for ny bebyggelse) og 9 (for eksisterende bebyggelse). Utbredelse av foreslåtte tiltak fremkommer av tegning 013 og 014.

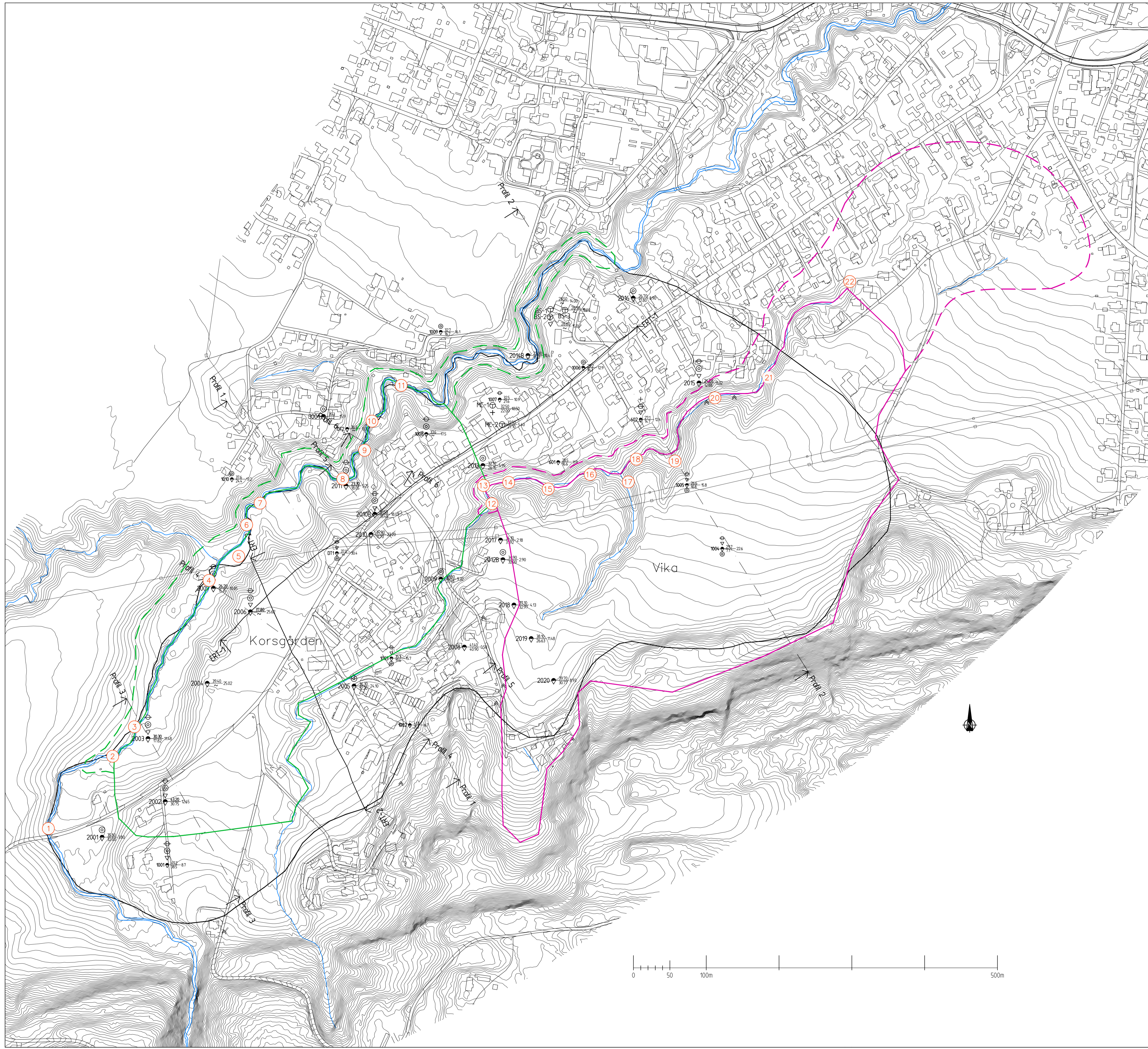
For eldre bebyggelse gjelder det ikke spesifikke krav om stabilitetsforhold i lovverket (forutsatt at gjeldende krav på byggetidspunktet ble fulgt). For å sikre nåværende bebyggelse, er viktigste tiltak å unngå forverring, dvs. erosjon langs bekkedragene. Tegning 013 gir en oversikt over erosjonsforholdene langs Veia og Vrangbekken. Tiltak for å sikre mot grunne skred er derfor ønskelig, men er i mindre grad relatert til faren for å utløse større kvikkleireskred. En rekke bygninger står imidlertid relativt nær skråningskant, og kan være utsatt også ved mindre utglidninger. Spesielt kan grunnere utglidninger forekomme i de bratte ravineskråningene i forbindelse med langvarige/intense nedbørsperioder, noe som også har forekommet innenfor sonen ved minst tre anledninger siden år 2000 (jfr.tegning 012). I denne forbindelse, og også

generelt, er det viktig å unngå destabiliserende tiltak som fylling på skråningskant, massedeponier eller graving i skråninger uten geotekniske vurderinger.

11 Referanser

- /1/ NVE (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. NVE veileder 7-2014. Revidert april 2014. ISSN: 1501 – 0678.
- /2/ NGI (1996). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartbladet 1814 III Drammen, M = 1:50 000. Oppdragsgiver: Statens Kartverk. Rapport nr. 920027-1, datert desember 1996./3/ NGI (2005). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Evaluering av risiko for kvikkleireskred i Nedre Eiker kommune. Oppdragsgiver:NVE. Rapport nr. 20001008-17, datert 2. juni 2005.
- /4/ GeoStrøm AS (2014): Grunnundersøkelser Kvikkleiresone 486 Korsgården. Grunnundersøkelser og geoteknisk datarapport. Rapport nr.: 1125/R1, datert 14. november 2014.
- /5/ NGI (2011): Geoteknisk utredning av kvikkleiresone 486 Korsgården i Nedre Eiker kommune. Forslag til utredningsprogram. Oppdragsgiver: NVETeknisk notat 20110297-00-3-TN, datert 18. mai 2011.
- /6/ NGI (1997). Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Rapporten omfatter kartbladet Drammen, M = 1:50 000 – Boreresultater. Oppdragsgiver: Statens Kartverk. Rapport nr. 920027-2, datert januar 1997.
- /7/ NGI (2007). Sikkerhet mot leirskred, supplerende grunnundersøkelser. Grunnundersøkelser innenfor Korsgården, Nedre Eiker kommune. Oppdragsgiver: NVE. Teknisk notat, prosjekt nr. 20061711, datert 30. oktober 2007.
- /8/ NGI (2008). Korvaldveien 125 D, Nedre Eiker kommune. Vurdering av tiltak etter skader på tomt. Prosjekt 20081257. Teknisk notat datert 7. april 2008. Oppdragsgiver: Lensmannen i Nedre Eiker.
- /9/ NGI (2007). Flomskadebefaringer Nedre Eiker. Flomskadebefaring Korvaldveien, Mjøndalen. Prosjekt 20071550. Teknisk notat datert 19. juli 2007. Oppdragsgiver: Nedre Eiker kommune.
- /10/ Siv.ing. Bjørn Strøm AS (2009). Korvaldveien 80 – Grunnundersøkelser. Rapport 4508RI, datert 8. juni 2009. Oppdragsgiver: Egil Bakken.

- /11/ Multiconsult AS (2006). Korvaldveien 98, Mjøndalen. Geoteknisk rapport. Grunnundersøkelser, stabilitet. Rapport nr. 810692, datert 27. september 2006. Oppdragsgiver: Kent Dyreng.
- /12/ NGI (2012): Kvikkleiresone 486 Geofysikk. Korsgården ERT measurements. Data rapport. Teknisk notat nr. 20110970-01-TN, datert 1. juni 2012. Oppdragsgiver NVE Region Sør.
- /13/ Karlsrud, K. Lunne, T. Kort, D.A. Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Proc 16th ICSMFE, Osaka, September 2005.
- /14/ Ladd C.C. and Foott, R. (1974): New Design Procedure for Stability of Soft Clays. Journal of the Geotechnical Engineering Division, GT7, 763-786. July 1974.
- /15/ ViaNova GeoSuite AB (2009): GeoSuite. GS Stability. Version 15.3.0.0.
- /16/ Lunne, T., T. Berre, K.H. Andersen, S. Strandvik and M. Sjursen (2006): Effects of sample disturbance and consolidation procedures on measured shear strength of soft marine Norwegian clays. Can. Geotechnical Journal, vol. 43, No. 7.
- /17/ NGI (2001). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport nr. 20001008-2, datert 31. august 2001. Rev. 3, datert 8. oktober 2008.
- /18/ NVE (2016). NIFS rapport 14/2016. Metode for vurdering av løsne – og utløpsområder for områdeskred.



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊛ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- ⊕ Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⊕ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} = \frac{\text{Terrang (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}} \text{ Boret dybde} + (\text{boret i fjell})$$

- Gammel grense til kvikkleirefasesone Korsgården, NGI rapport 920027-1
- Grense kvikkleirefasesone Korsgården (revidert)
- Grense kvikkleirefasesone Vika (ny sone)
- Grense utløpsområde til kvikkleirefasesone Korsgården (revidert)
- Grense utløpsområde til kvikkleirefasesone Vika (ny sone)
- ① Befarings-“sted”

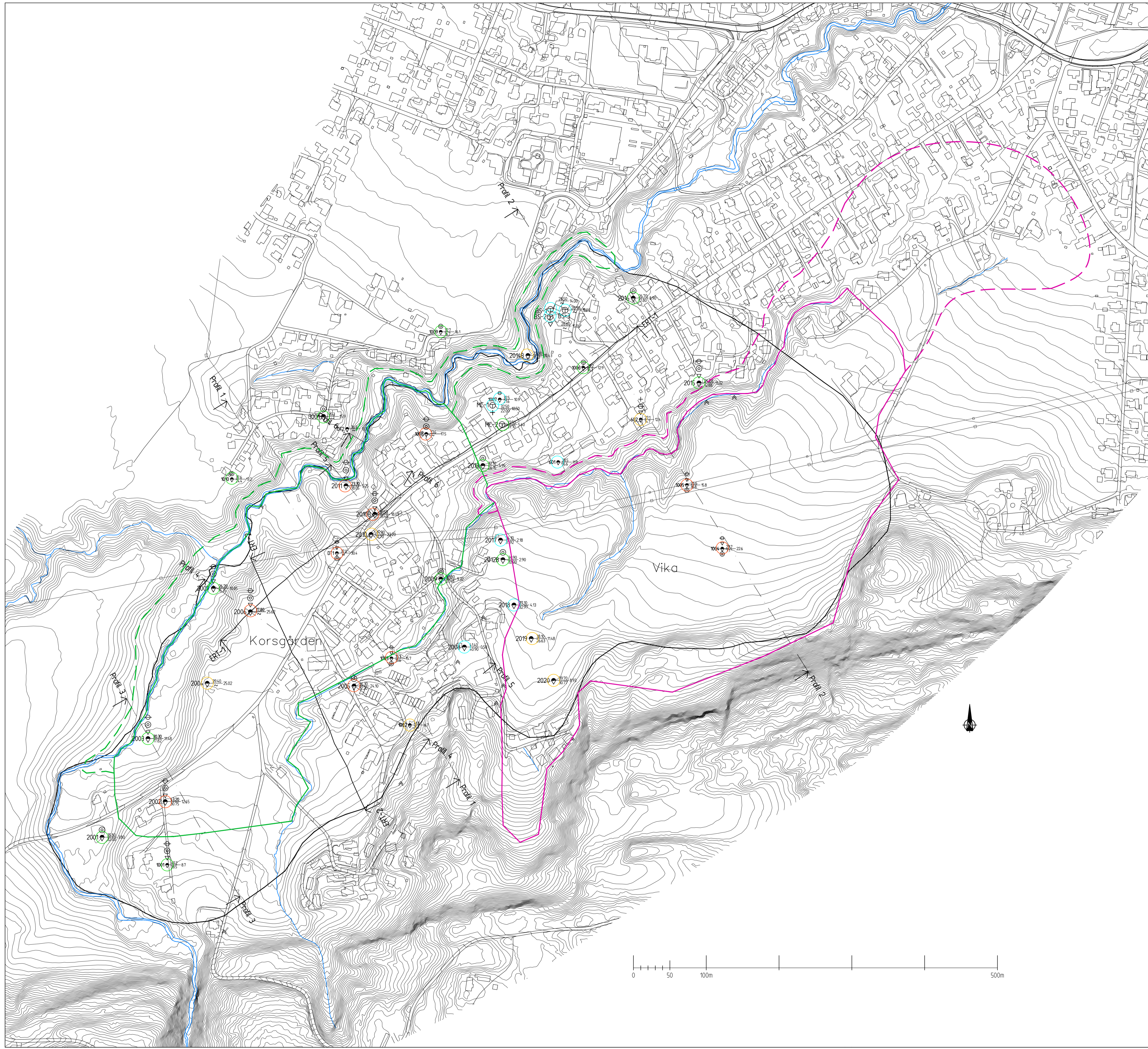
Profil 1 tom. profil 6: Profiler hvor det er utført stabilitetsberegning
ERT-1 og ERT-2: Profiler hvor det er utført resistivitetsmåling

HENVISNINGER:

- ERT-datarapport:
- NGI (2012): Teknisk notat 20110970-01-TN, 01.06.2012
- Grunundersøkelser:
- Geostrøm AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
- NGI (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
- NGI (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
- Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
- Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

Tegningsstift:	Tegningsnr:	Rev:
Borplan og beregningsprofiler	010	0

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godk.
-	-	-	-	-	-
NVE Region Sør Kvikkleiresone Korsgården og Vika					Status: Original format A-1 Tegningens filnavn Målestokk 12500
Borplan og beregningsprofiler					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 17.08.2017 Oppragsnr. 20110297	Konstr./Tegnet LaH Tegningsnr. 010	Kontrollert OAH Rev. 0	Godkjent HHø



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊛ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⊕ Fjell i dagen

Borhull nr. $\frac{\text{Terrang (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}}$ Boret dybde + (boret i fjell)

- Gammel grense til kvikkleirefasesone Korsgården, NGI rapport 920027-1
- Grense kvikkleirefasesone Korsgården (revidert)
- Grense kvikkleirefasesone Vika (ny sone)
- Grense utløpsområde til kvikkleirefasesone Korsgården (revidert)
- Grense utløpsområde til kvikkleirefasesone Vika (ny sone)

Profil 1 tom. profil 6: Profiler hvor det er utført stabilitetsberegning
ERT-1 og ERT-2: Profiler hvor det er utført resistivitetmåling

Tolkning av kvikkleire/sprøbruddmateriale

- Påvist kvikkleire/sprøbruddmateriale
- Sonering indikerer kvikkleire/sprøbruddmateriale
- Sonering indikerer ikke kvikkleire/sprøbruddmateriale
- Påvist ikke kvikkleire/sprøbruddmateriale (med prøvetaking)

HENVISNINGER:

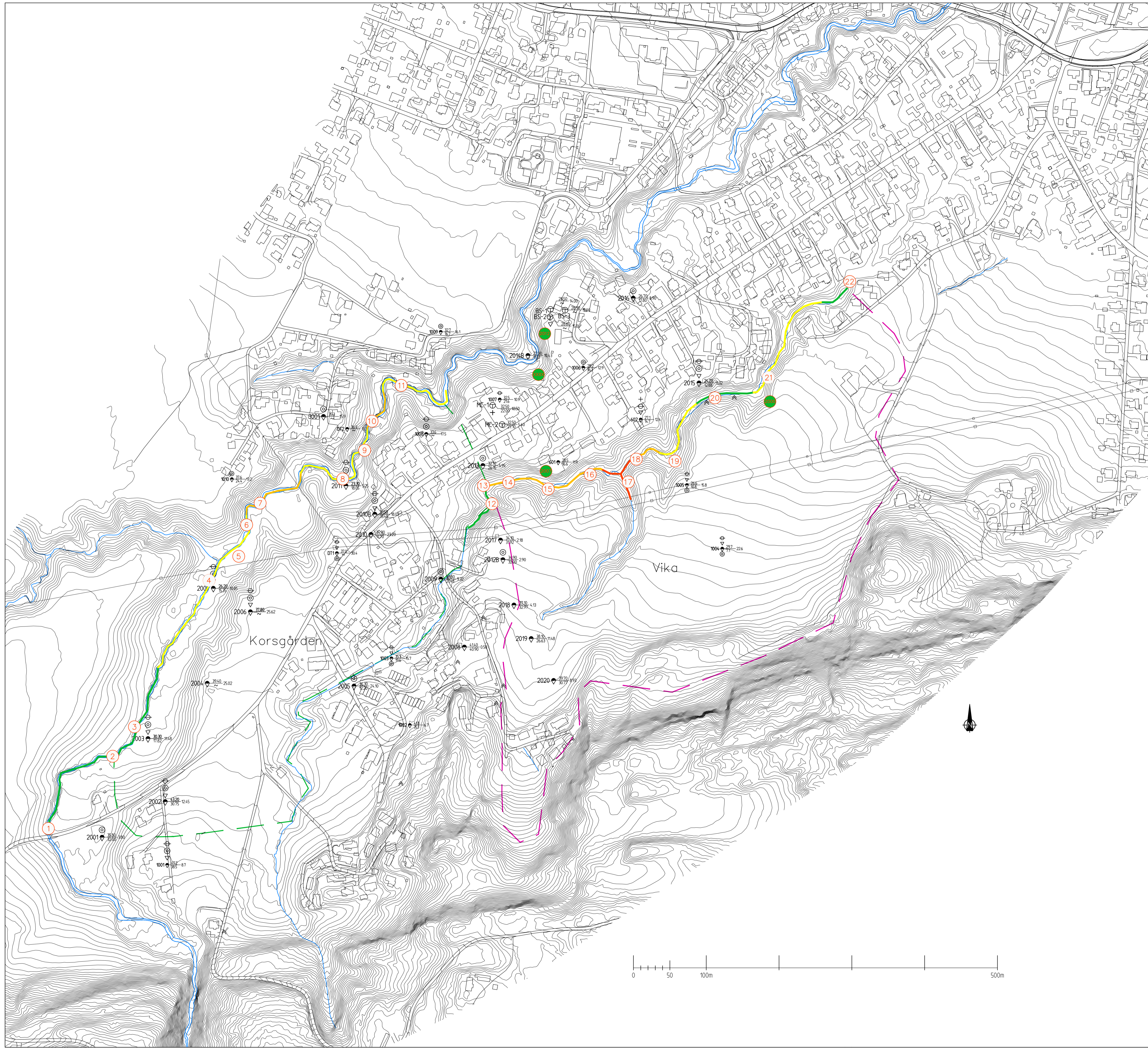
- ERT-datarapport:
- NGI (2012): Teknisk notat 20110970-01-TN, 01.06.2012
- Grunnundersøkelser:
- Geostrøm AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
- NGI (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
- NGI (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
- Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
- Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

Tegningsstift:	Tegningsnr:	Rev:
Utbredelse av sprøbruddmateriale	011	0

NVE Region Sør
Kvikkleiresone Korsgården og Vika

Utbredelse av sprøbruddmateriale	Måstokk	12500	NGI
----------------------------------	---------	-------	------------

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato Opprørt 20110297	Konstr./Tegnet LaH	Kontrollert OAH	Godkjent HHe	Rev. 0
---	-----------------------------	-----------------------	--------------------	-----------------	-----------



FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksonering
- ☆ Fjellkontrollboring
- ◆ Dreietrykksonering
- ⊕ Totalsonering
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrøp
- +
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⚡ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} = \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}} \cdot \text{Boret dybde} + (\text{boret i fjell})$$

EROSJONSFORHOLD IHT. NGI (2001):

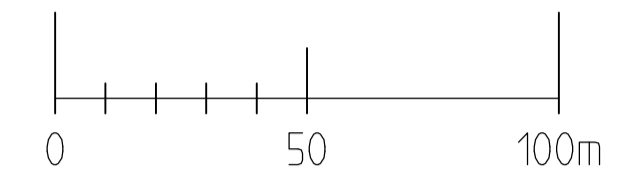
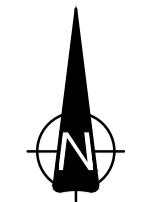
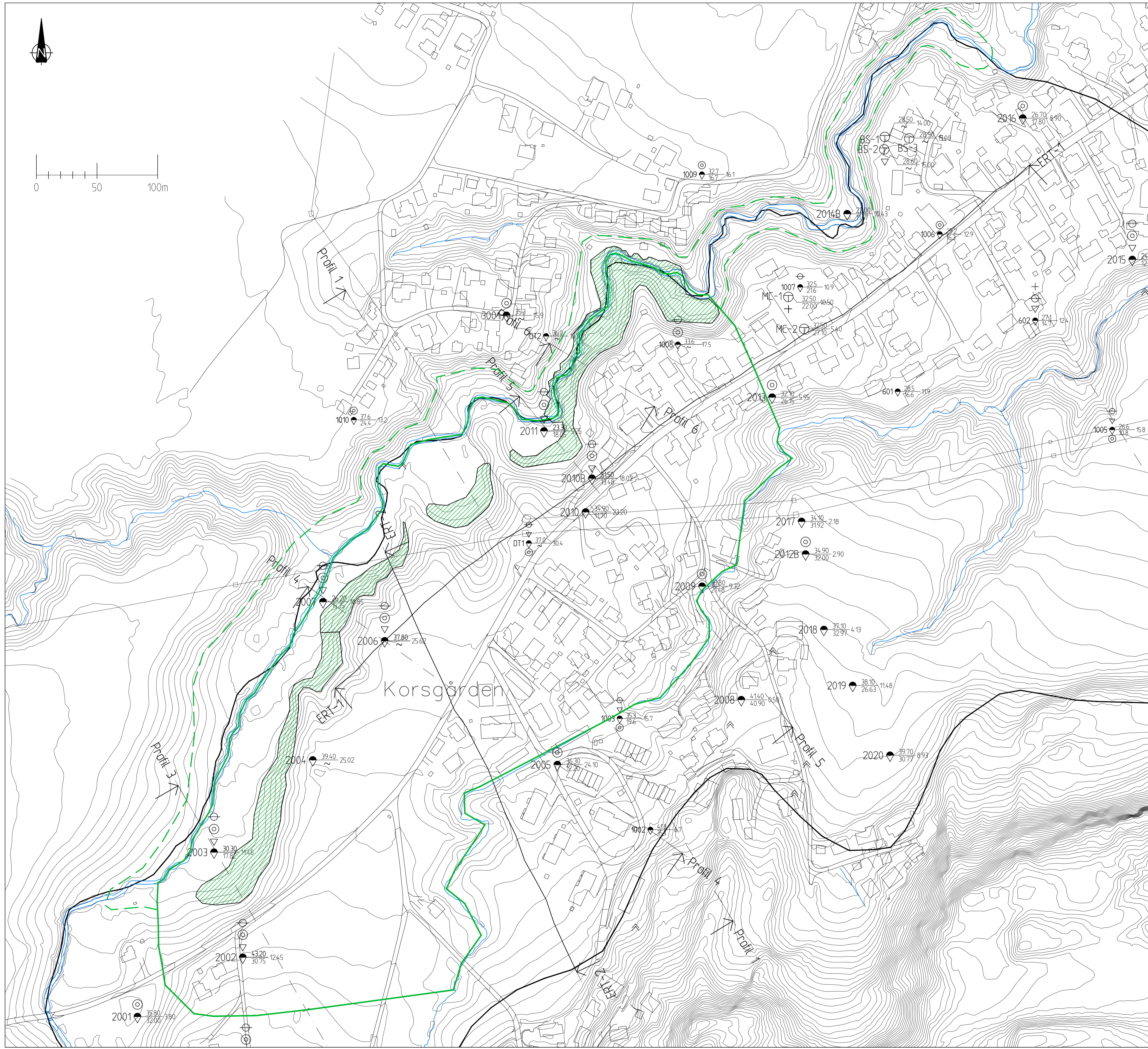
- Aktiv erosjon
- Noe erosjon
- Litt erosjon
- Ingen erosjon
- ① Befarings-“sted”
- Kjent skredhendelse (inkl. mindre utglidninger) med tilhørende årstall

HENVISNINGER:

- Grunundersøkelser:
- Geostrom AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
 - NGI (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
 - NGI (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
 - Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
 - Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014
 - NGI (2001): Rapport, Rapport 20001008-2, 31.08.2001, revisjon 3 08.10.2008

Tegningsstift:	Tegningsnr:	Rev:
Erosjonsforhold langs Veia og Vrangbekken	012	0

Rev:	Beskrivelse:	Dato:	Tegn:	Kontroll:
NVE Region Sør Kvikkleiresone Korsgården og Vika		Status: Original format A-1 Tegningens filnavn		
Erosjonsforhold langs Veia og Vrangbekken og kjente skredhendelser		Målestokk: 12500		
NGI Sognsveien 72 · PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato: 23.05.2019 Opprørt av:	Konstr./Tegnet: MMS	Kontrollert: BGK
		Tegningsnr: 20110297	Rev: 012	Godkjent: HHe Rev: 0



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondring
- ▽ Trykksondring
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊙ Dreielektrisksondering
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- ⊕ Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⊕ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} = \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjellkote}} \text{ Boret dybde} + (\text{boret i fjell})$$

- Gammel grense til kvikkleirefarezone Korsgården, NGI rapport 920027-1
- Grense kvikkleirefarezone Korsgården (revidert)
- - - Grense utlopsområde til kvikkleirefarezone Korsgården (revidert)

Foreslått sikring i kvikkleirefarezone Korsgården (revidert):
 Utbredelse tiltak til kvikkleirefarezone Korsgården og erosjonssikring v/ "Noe erosjon", se befæringssted 7 på Tegning 012

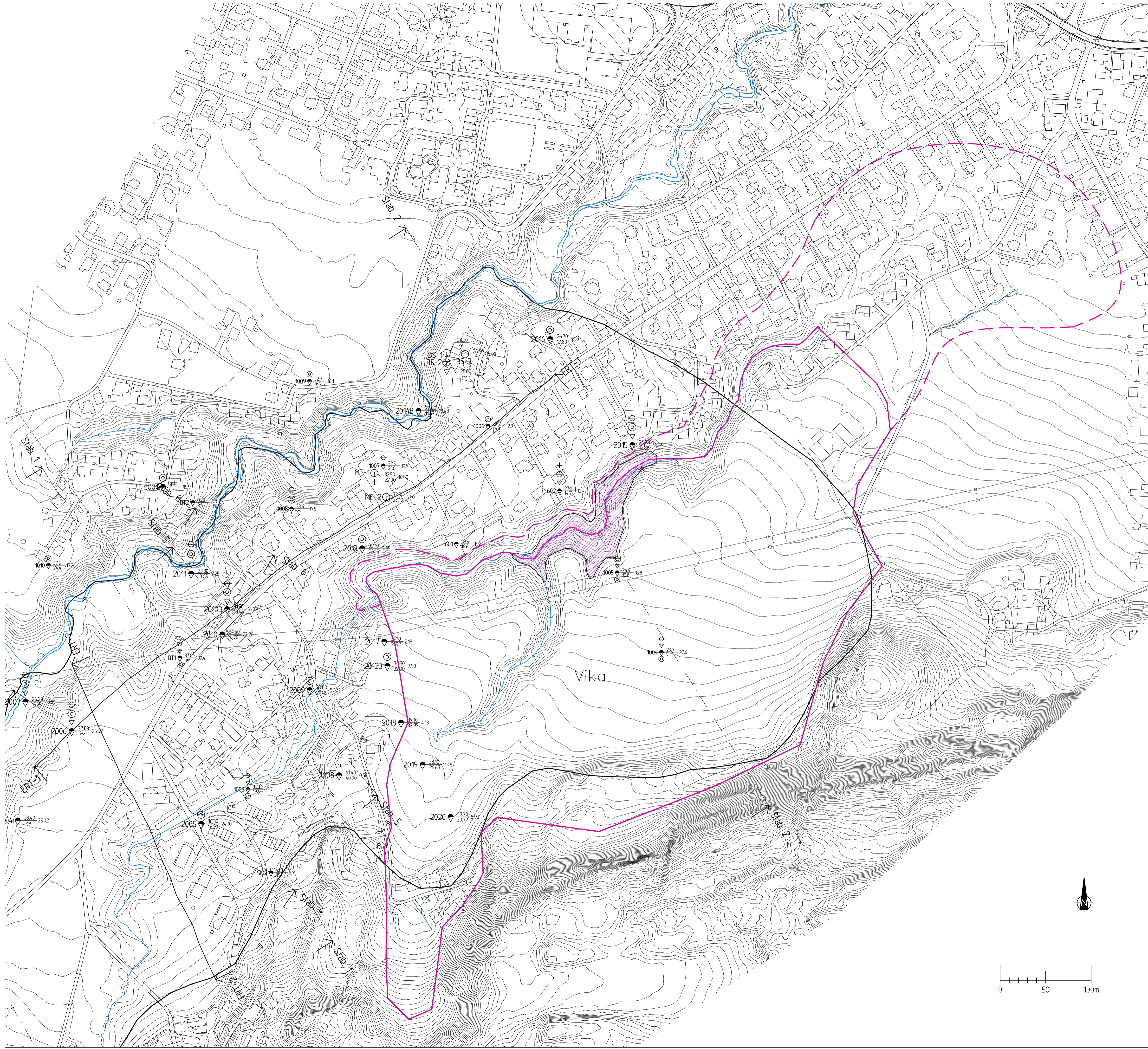
Profil 1 tom. profil 6: Profiler hvor det er utført stabilitetsberegning ERT-1 og ERT-2. Profiler hvor det er utført resistivitetmåling

HENVISNINGER:

- ERT-datarapport:
- NGI (2012): Teknisk notat 20110970-01-TN, 01.06.2012
- Grunnundersøkelser:
- Geostrøm AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
 - NGI (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
 - NGI (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
 - Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
 - Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

Tegningsstift:	Tegning:	Rev:
Utbredelse tiltak Korsgården	013	0

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
-	-	-	-	-
NVE Region Sør Kvikkleirezone Korsgården og Vika		Status: Original format A-1 Tegningens filnavn		
Utbredelse tiltak Korsgården		Målestokk 1:500		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 05.09.2018	Konstr./Tegnet MMS	Kontrollert HHh
		Tegning: 20110297	Rev: 013	Godkjent HHh 0



FORKLARINGER:

- Dreiesondring
- Enkel sondering
- ▽ Trykksondring
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊛ Dreietrykksondring
- ⊕ Totalsondring
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingeboring
- ⊕ Poretrykksmåling
- ⊕ Fjell i dagen

$$\text{Borhull nr.} = \frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antatt fjelkote}} \text{ Boret dybde + (boret i fjell)}$$

- Gammel grense til kvikkleirefasesone Korsgården, NGI rapport 920027-1
- Grense kvikkleirefasesone Vika (ny sone)
- - - Grense utløpsområde til kvikkleirefasesone Vika (ny sone)

Forestått sikring av eksisterende bebyggelse i kvikkleirefasesone Vika (revidert):
Erosjonssikring v/ "Aktiv, Noe og litt erosjon" langs Vrangbekken, se Tegning 012

Forestått sikring av evt. ny bebyggelse i kvikkleirefasesone Vika (revidert):
Utbredelse forestått tiltak til kvikkleirefasesone Vika
Erosjonssikring v/ "Aktiv, Noe og litt erosjon" langs Vrangbekken, se Tegning 012

Profil 1 tom. profil 6: Profiler hvor det er utført stabilitetsberegning ERT-1 og ERT-2: Profiler hvor det er utført resistivitetmåling

HENVISNINGER:

- ERT-datarapport:
- NGI (2012): Teknisk notat 20110970-01-TN, 01.06.2012
- Grunundersøkelser:
- Geostrøm AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
 - NGI (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
 - NGI (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
 - Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
 - Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

Tegningsstittel:	Tegningsnr.:	Rev.:
Utbredelse tiltak Vika	014	0

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.
NVE Region Sør Kvikkleiresone Korsgården og Vika		Status: Original format A-1 Tegningens filnavn		
Utbredelse tiltak Vika		Målestokk		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato	Konstr./Tegnet	Kontrollert
		20.02.2018	MMS	BGK
		Oppdragsgiver	Tegningsnr.	Rev.
		20110297	014	0

Vedlegg A

TOLKNING AV CPTU-SONDERINGER

Innhold

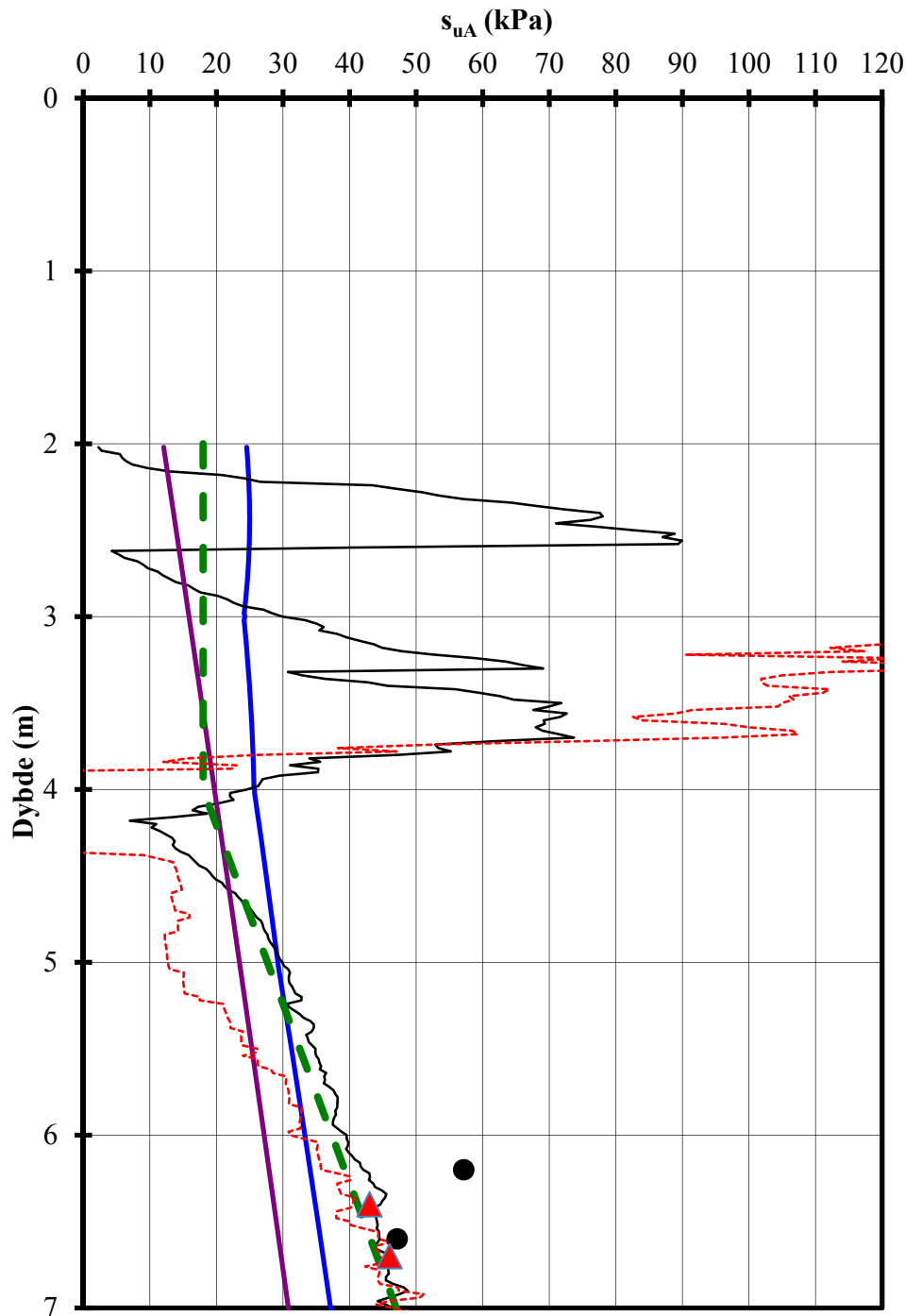
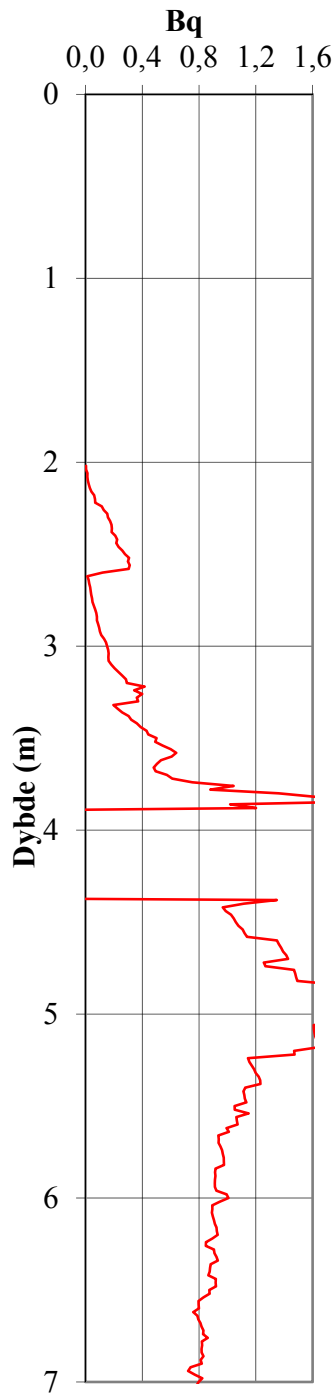
A1 Profiler for aktiv udrenert skjærstyrke	2
A2 Referanser	2
Figur A1-A13	3-16

A1 Profiler for aktiv udrenert skjærstyrke

Det er utført tolkning av skjærstyrkeprofiler ved trykksondering iht. korrelasjoner i ref. /A1/. Disse er sammenstilt med laboratorieundersøkelser der det er tilgjengelig, supplert av en linje som viser normalkonsolidert skjærfasthet ("NC"-linje) og tolkning basert på "SHANSEP"-metoden, ref. /A2/. Med grunnlag i ovennevnte metoder er det valgt en foreslått design-linje for aktiv udrenert skjærstyrke.

A2 Referanser

- /A1/ Karlstad, K., Lunne, K., Kort, D.A. and Strandvik, S. (2005): CPTU correlations for clays. Proc. 16th ICSMGE, Osaka, pp. 693-702.
- /A2/ Ladd, C. C. and Foott, R. (1974): New design procedure for stability of soft clays. Journal of the geotechnical engineering division, ASCE, Vol. 100, No. GT7, July, pp. 763-786.



Poretrykk: Antatt grunnvannstand på 2 m, målte poretrykk på 7 m
Ingen sensitiv leire

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR1001 - enaks
- NDU basert su
- - - Anbefalt su
- PR1001 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 47,2 m

Tidligere terrengnivå: 52,2 m

P:\2016\01\20160131\Jordparametre\Dønnumryggen\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_D61.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika

Rapport nr.
20110297

Figur nr.
A1

Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.

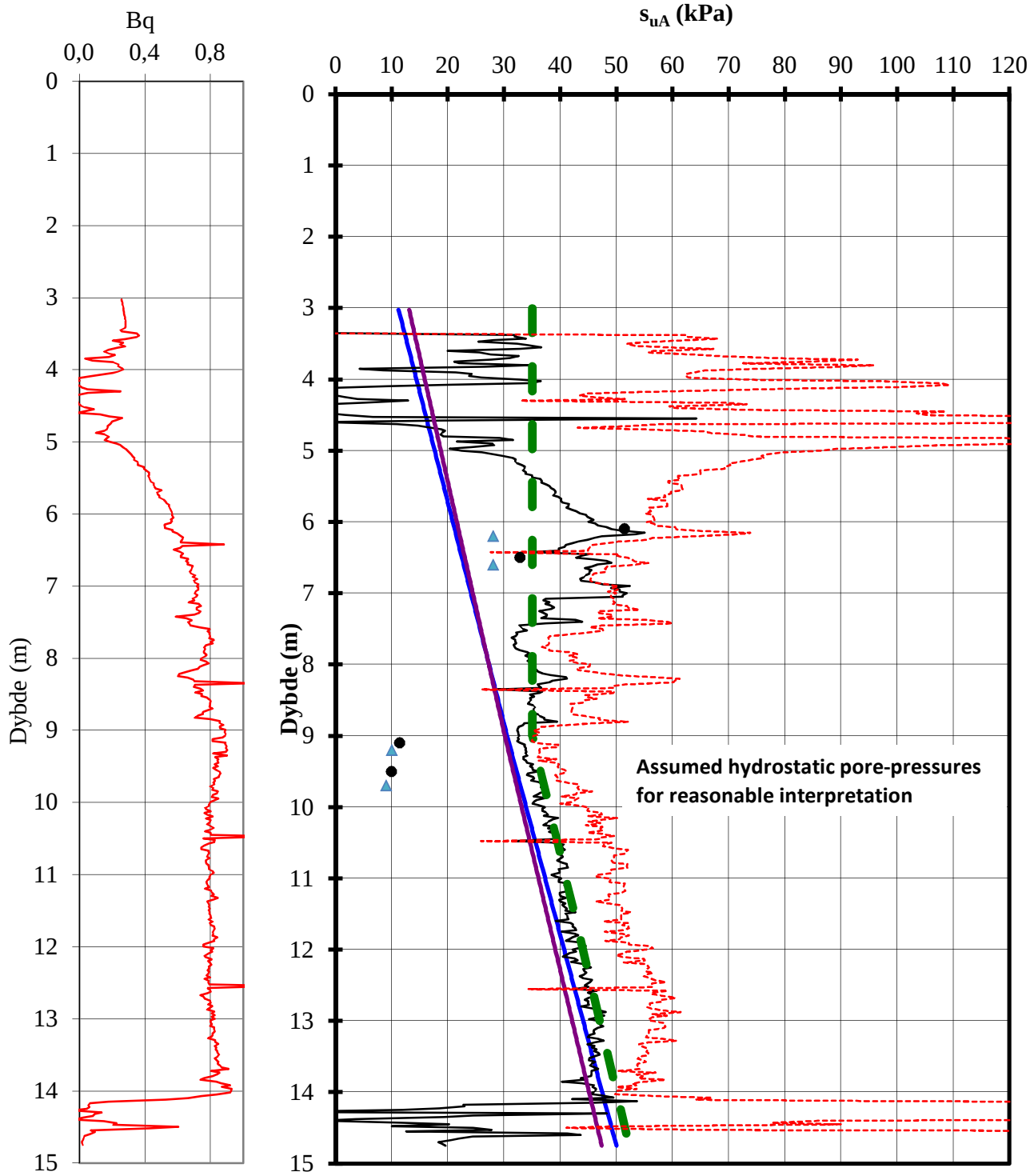
Tegner
LaH

Dato
31.05.2017

Borhull 1001

Kontrollert
HHe
Godkient
HHe





Poretrykk: målte på 8 og 13 m.
Sensitiv leire: fra 7,5 m

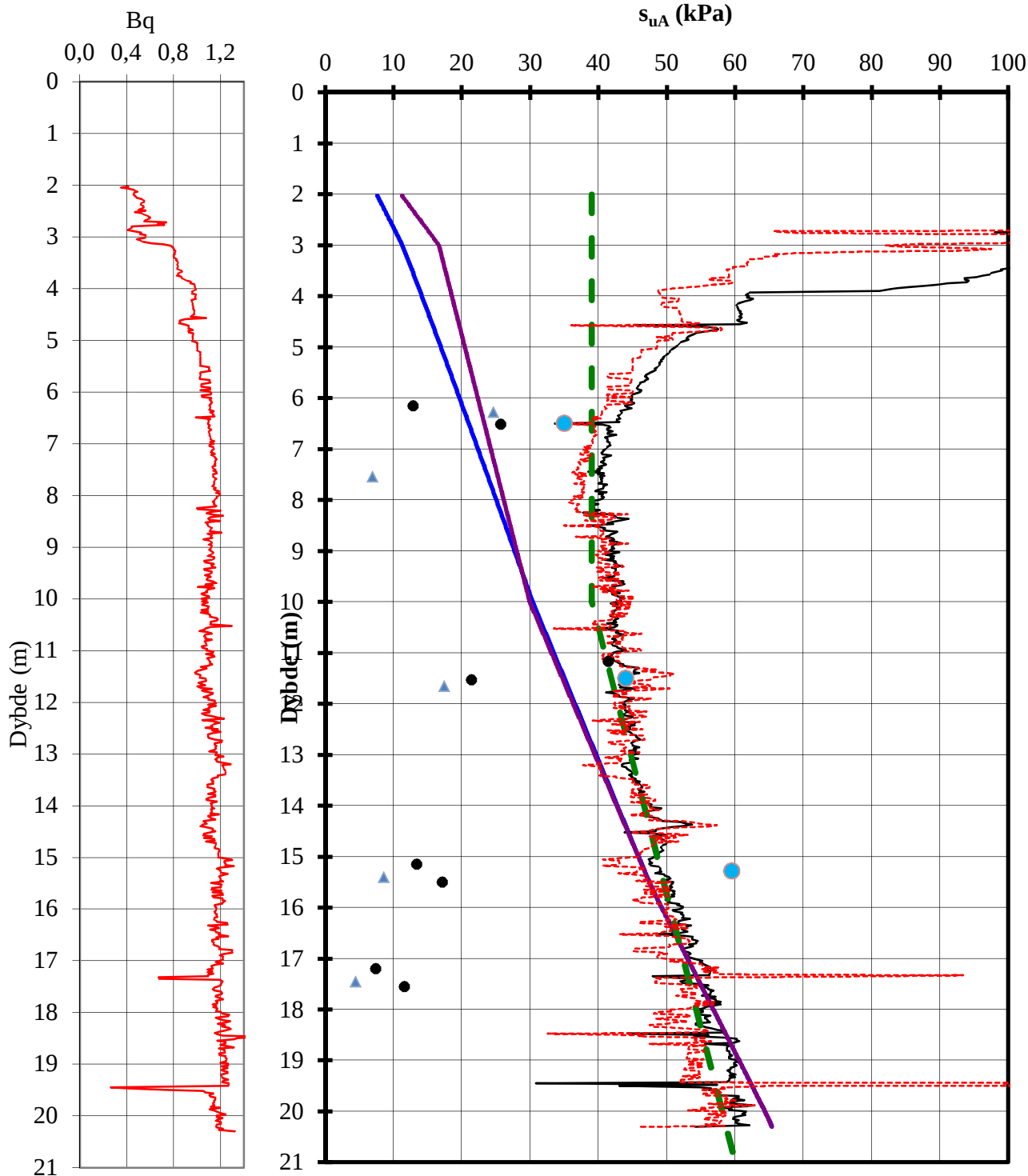
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- 1003 - konus (ekv. Su,a)
- NDu basert su
- Anbefalt su
- ▲ 1003 - enaks

Terrengkote : 35,31 m

Tidligere terrennivå: 35,31

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU tolk fra 2012\CPTU-tolk2006_Korsgården_1003.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A2
	Tegner	Dato
	CSe	2012-06-11
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Kontrollert	NGI
	HHe	
	Godkjent	
Borhull 1003	HHe	



Poretrykk: målte på 10 og 20 m.
Sensitiv leire: fra 4 m

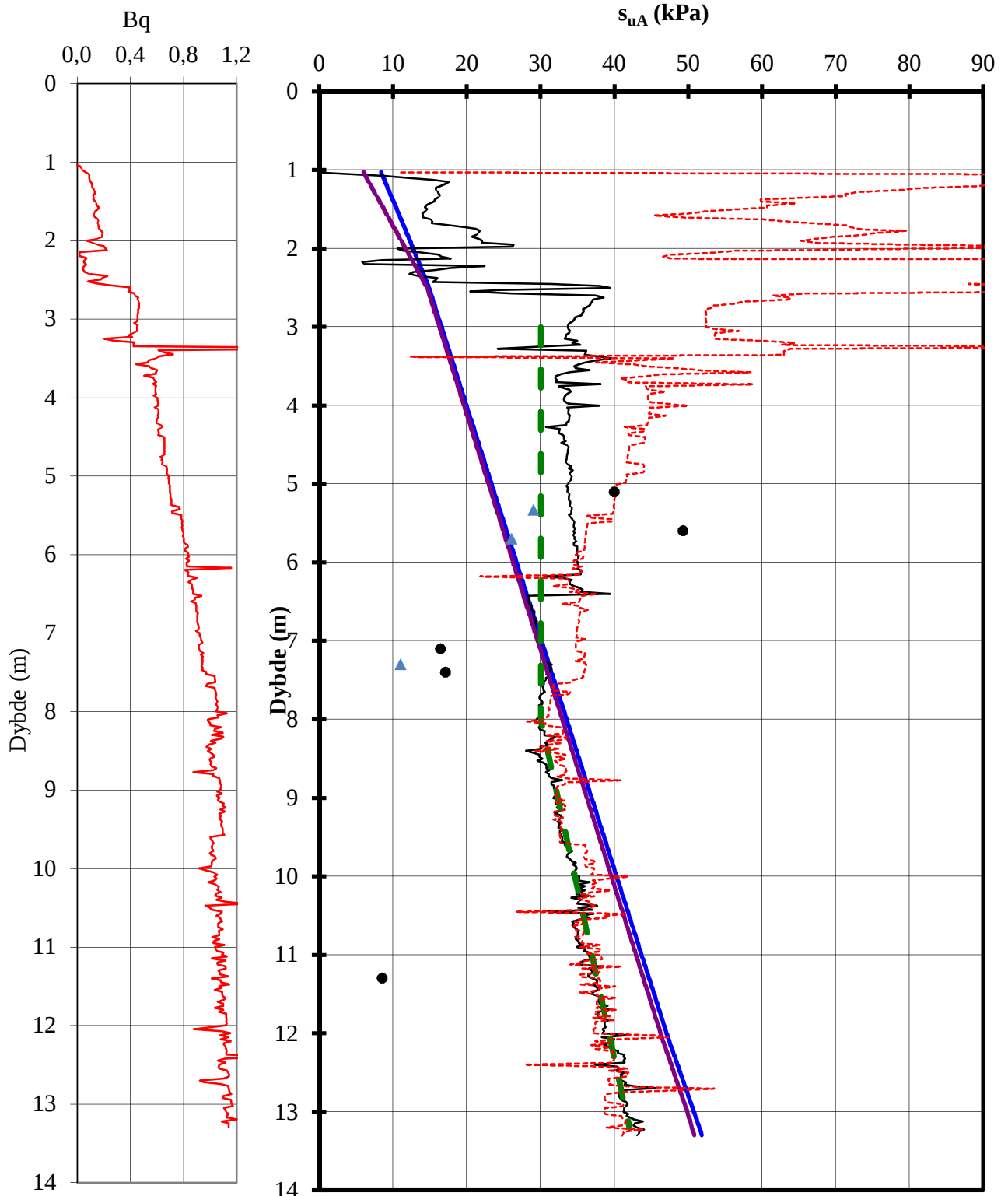
- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ 1004 - enaks
- NDU basert su
- Anbefalt su
- 1004 - konus (ekv. Su,a)
- Triaks punkt 1004

Terrengkote : 29,7 m

Tidligere terrengnivå : 29,7 m

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU tolk fra 2012\CPTU-tolk2006_Korsgården_1004.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A3
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 1004	Tegner	Dato
	CSe	2012-06-11
	Kontrollert	NGI
Godkjent		
	HHe	



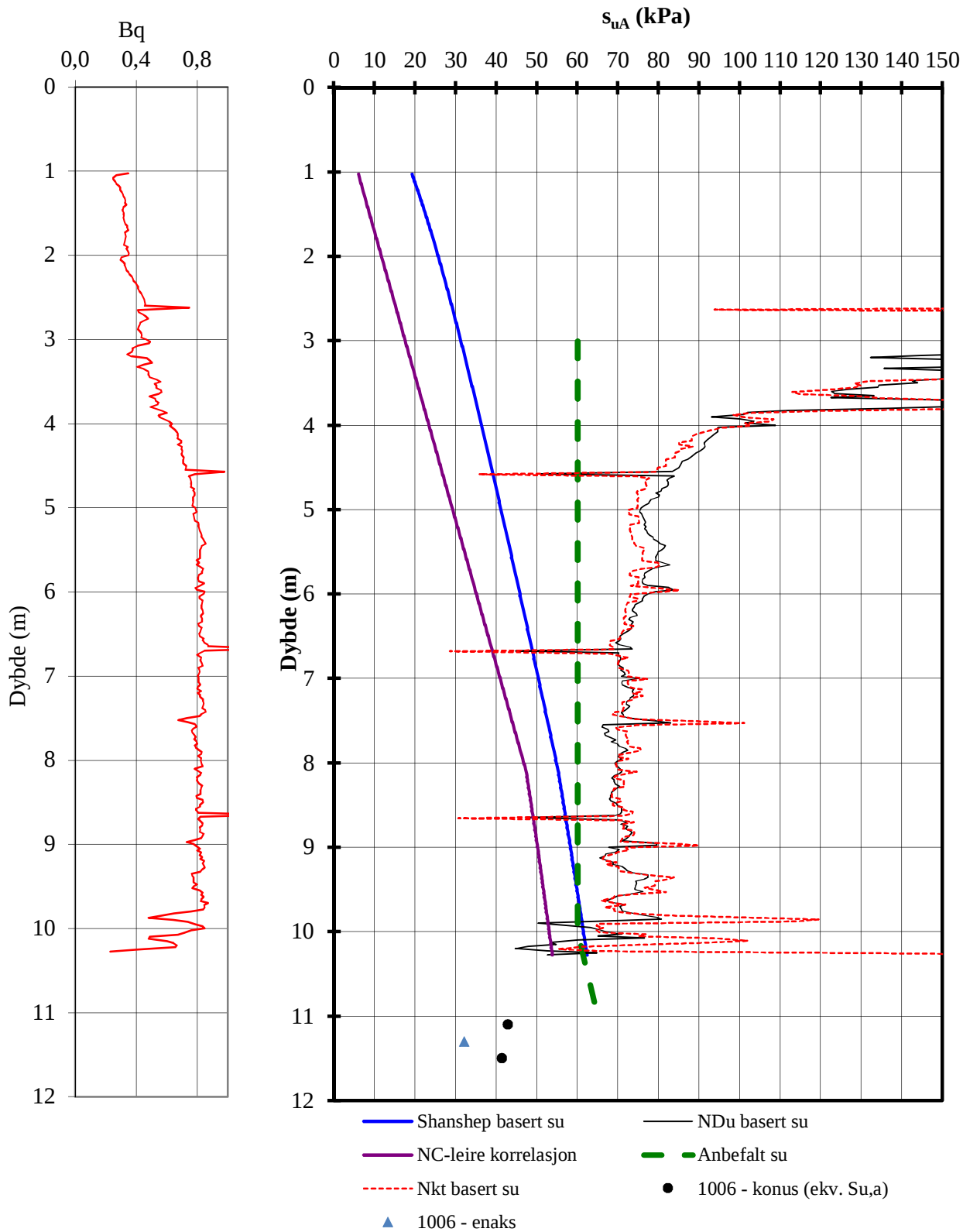
Poretrykk: målte på 13 m.
Sensitiv leire: fra 6,5 m

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ 1005 - enaks
- NDu basert su
- Anbefalt su
- 1005 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 26,6 m
Tidligere terrennivå: 28,6 m

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU tolk fra 2012\CPTU-tolk2006_Korsgården_1005.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A4
	Tegner	Dato
	CSe	2012-06-12
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Kontrollert	NGI
	HHe	
	Godkjent	
Borhull 1005	HHe	



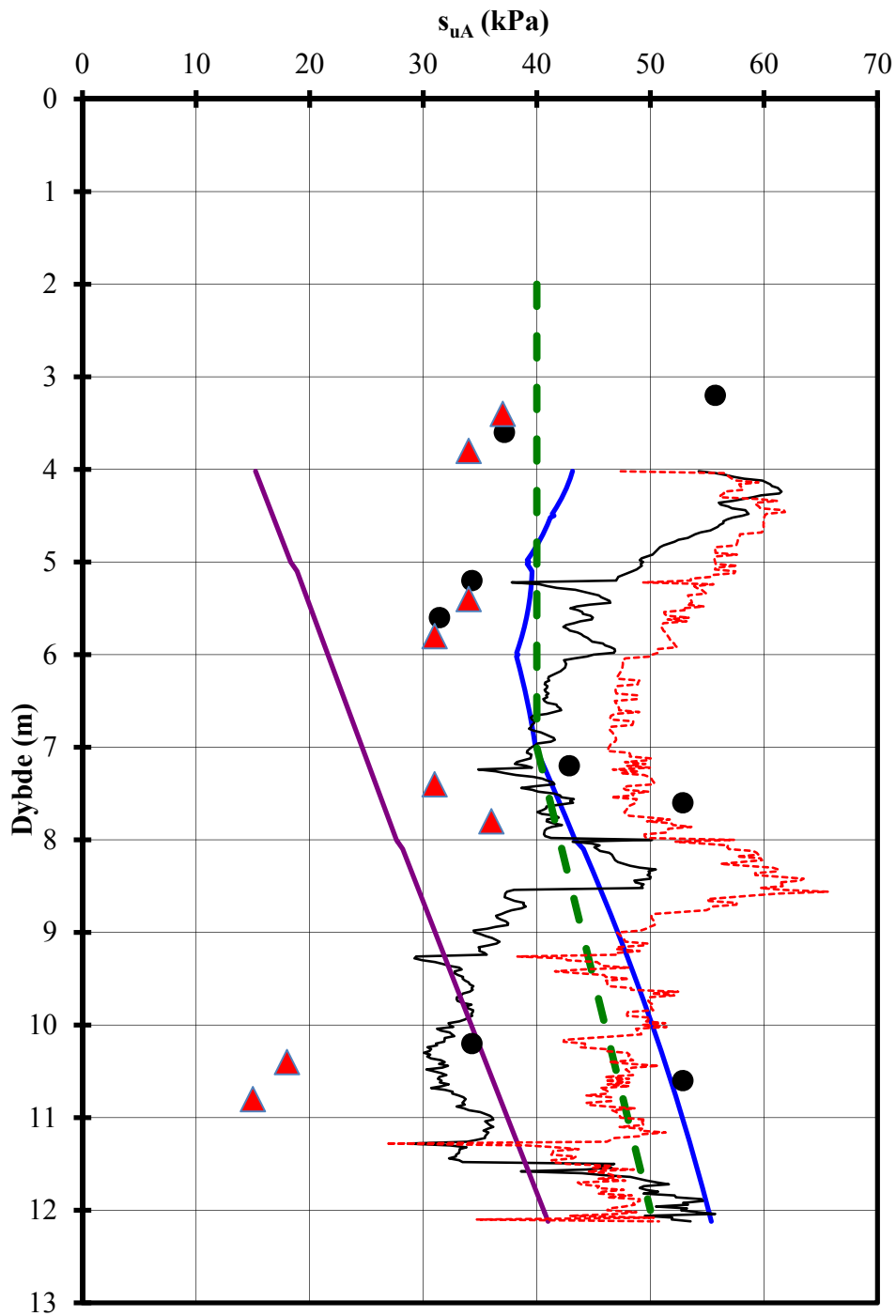
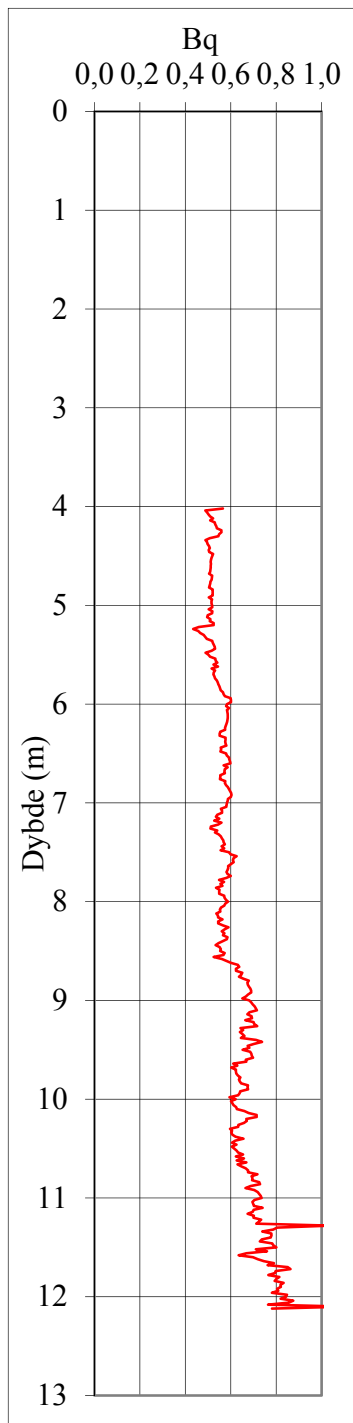
Terrengkote : 32,5 m

Tidligere terreng:

42,5 m

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU tolk fra 2012\([CPTU-tolk2006_Korsgården_1007.xls]sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A5
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Tegner	Dato
	CSe	2012-06-15
Borhull 1007	Kontrollert	NGI
	Godkient	
	HHe	




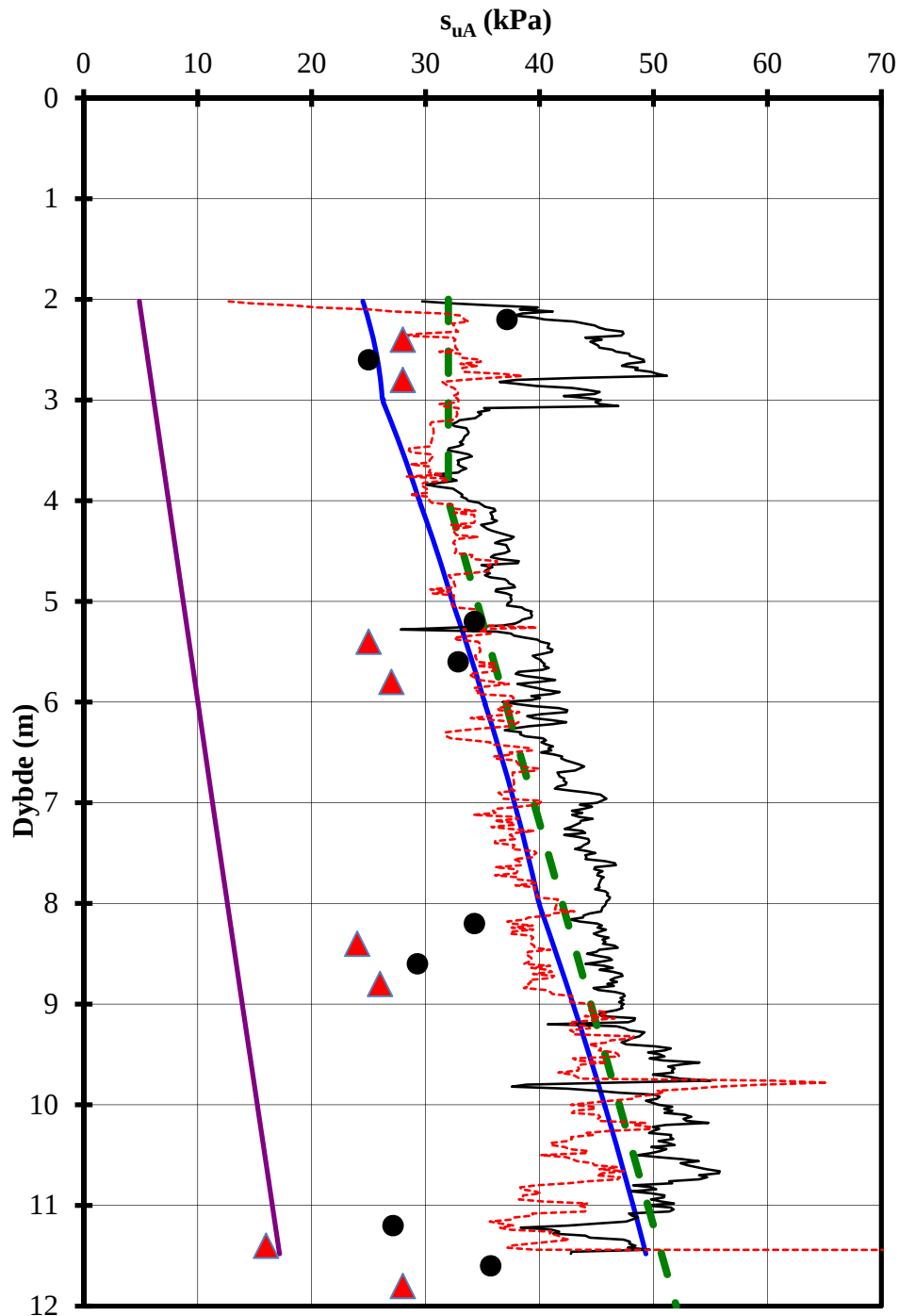
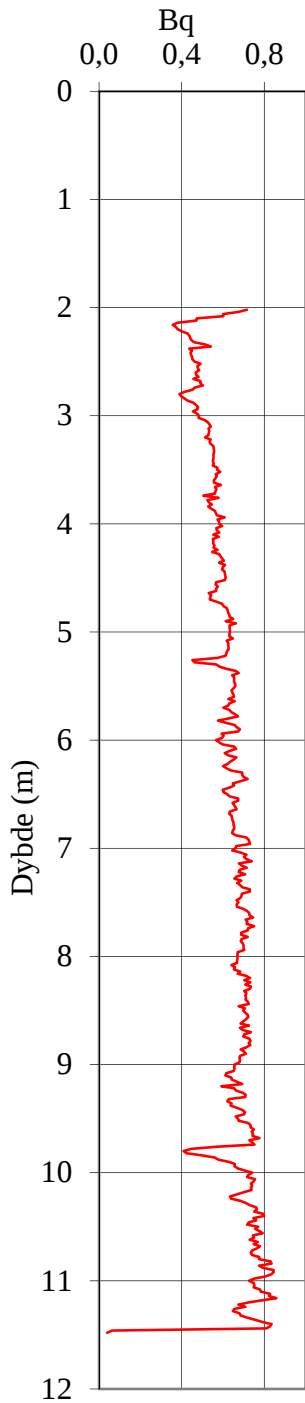
Poretrykk: målte på 5 og 11,5 m.
Sensitiv leire: fra 9-11,2 m.

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- Nkt basert su
- ▲ PR2002 - enaks
- NDu basert su
- Anbefalt su
- PR2002 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 43,2 m
Tidligere terrengnivå: 52,2 m

P:\2011\02\201110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_2002.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A6
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 2002	Tegner	Dato
	LaH	31.05.2017
	Kontrollert Godkjent	
HHe HHe		



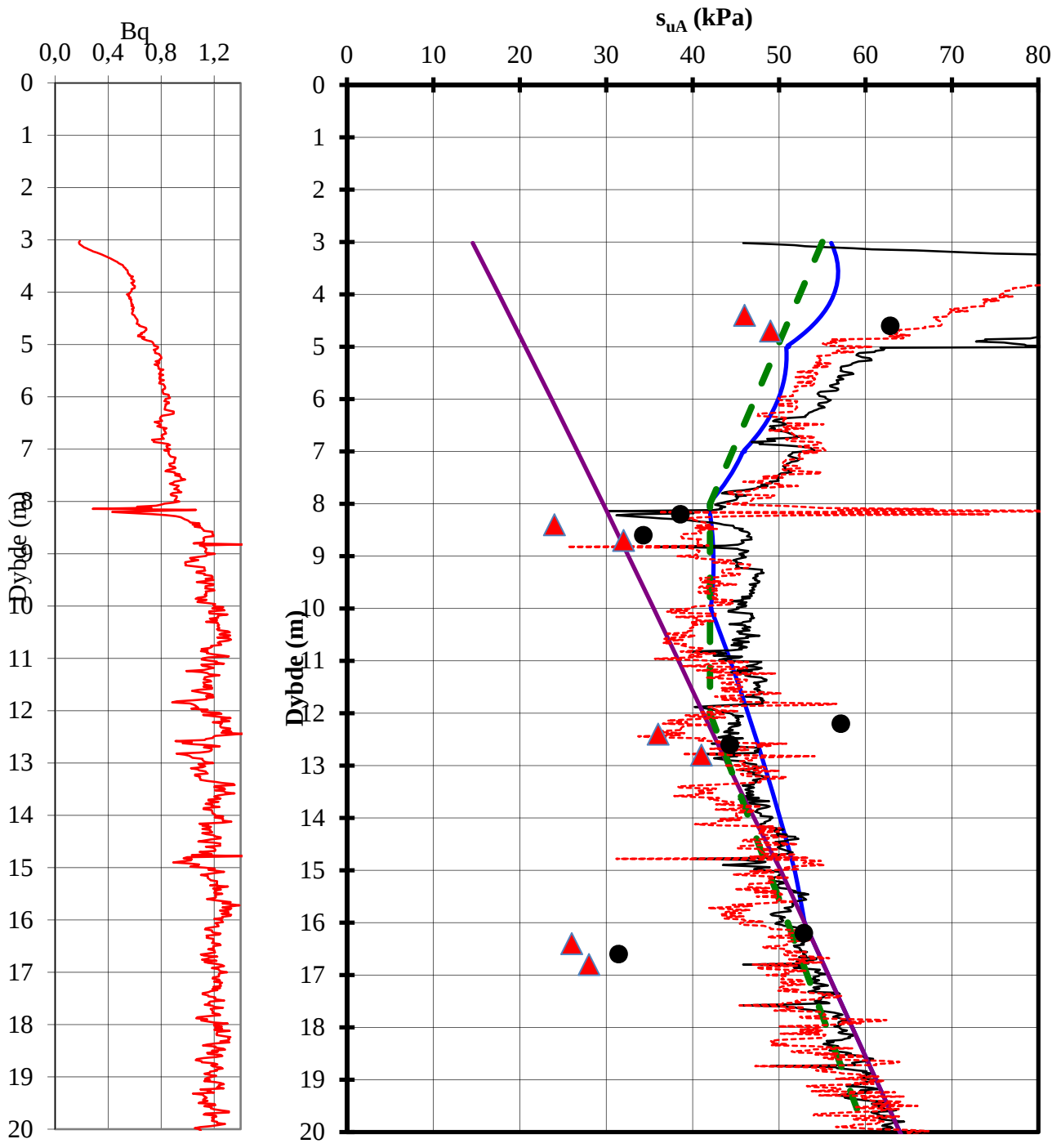
Poretrykk: målte på 8 m.
Sensitiv leire: fra 3 m

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- Nkt basert su
- ▲ PR2003 - enaks
- NDu basert su
- Anbefalt su
- PR2003 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 30,3 m
Tidligere terrengnivå: 45,3 m

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_2003.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A7
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 2003	Tegner	Dato
	LaH	2017-08-16
	Kontrollert	
Godkjent		
	HHe	




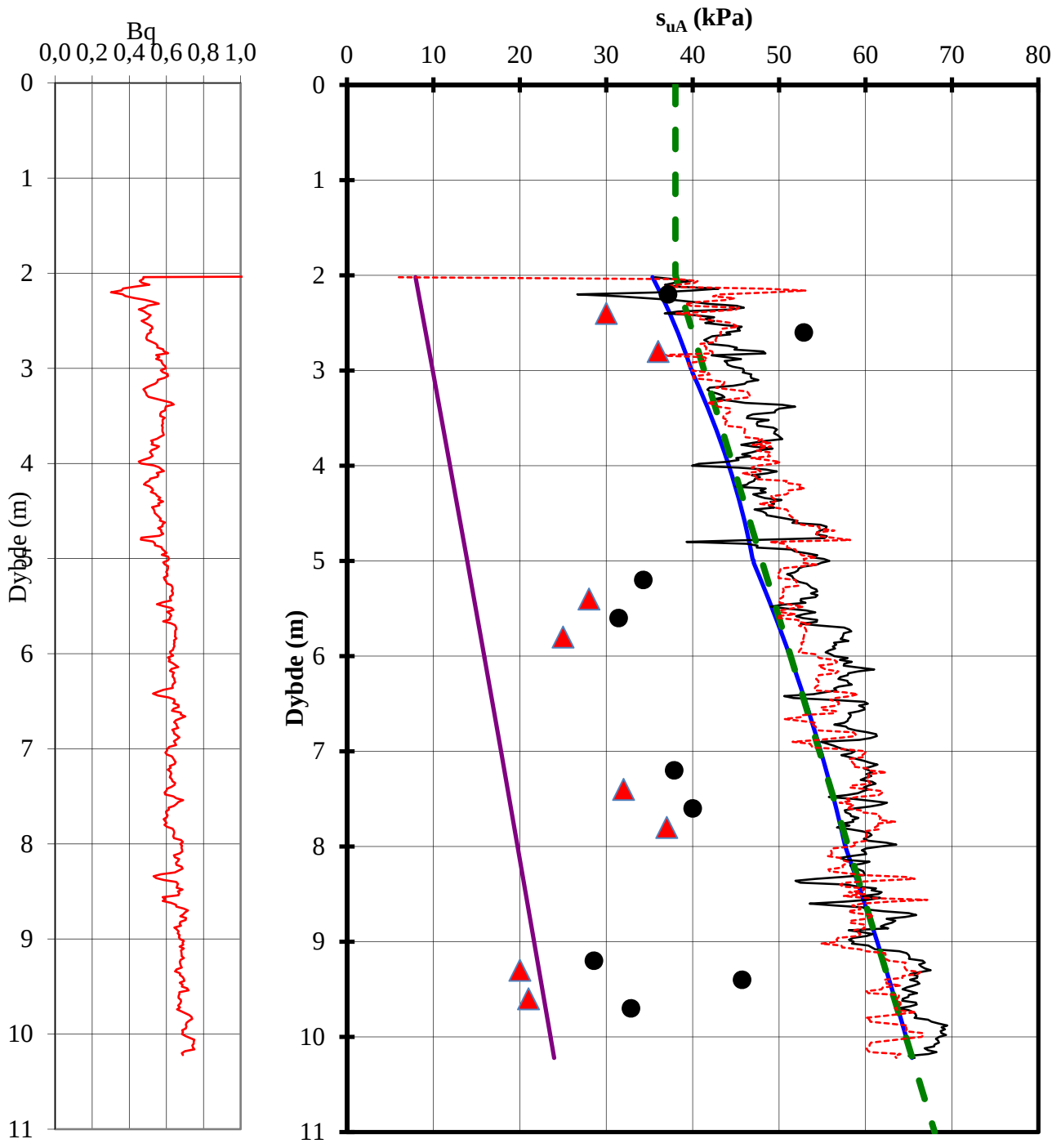
Poretrykk: målte på 15 m.
Sensitiv leire: fra 5 m

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR2006 - enaks
- NDu basert su
- - - anbefalt su
- PR2006 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 37,8 m
Tidligere terrengnivå: 41,8 m

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_2003.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A8
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 2006	Tegner	Dato
	LaH	2017-08-16
	Kontrollert	
Godkjent		
	Hhe	



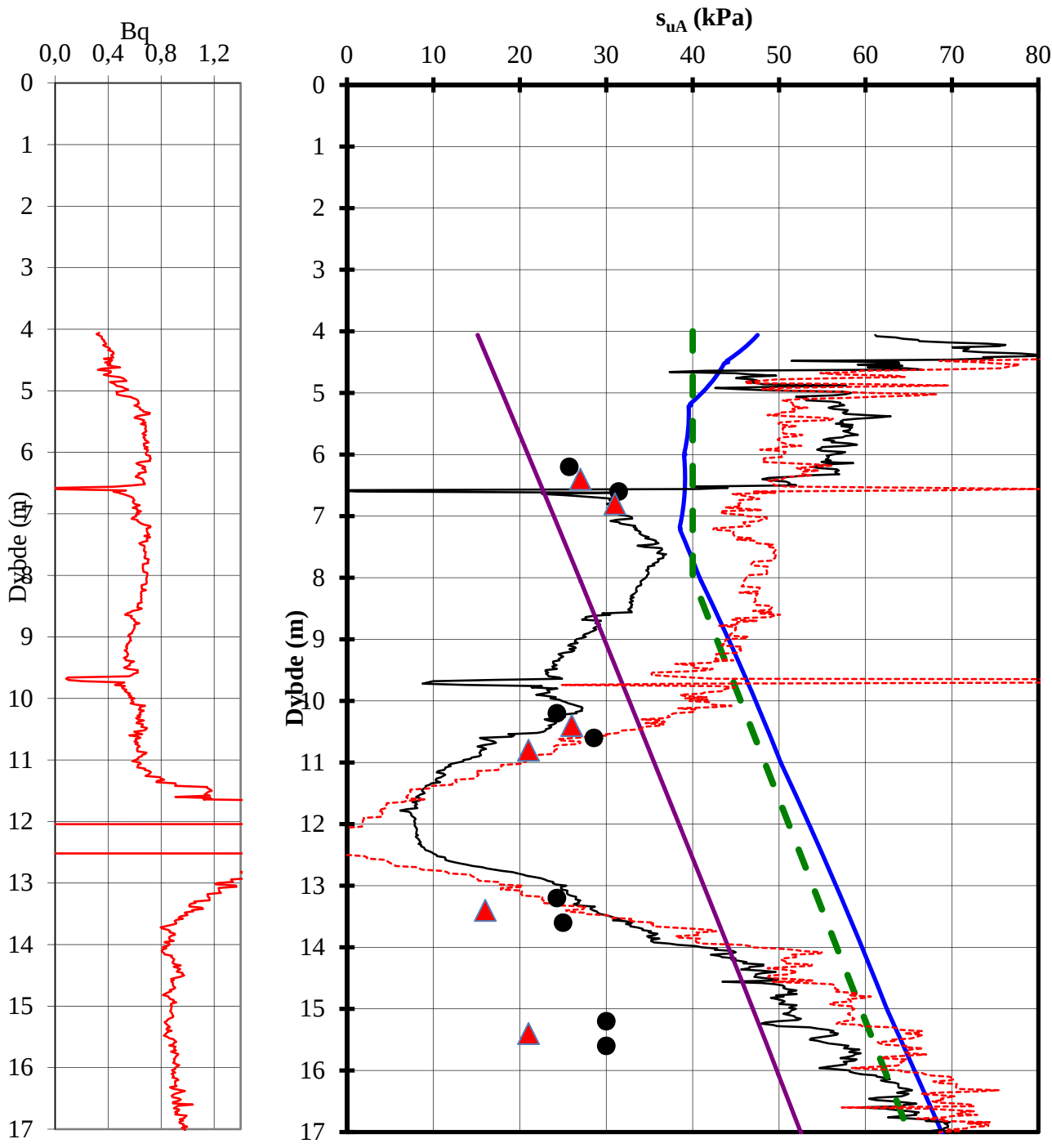
Poretrykk: målte.
Sensitiv leire: fra 2-11 m.

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR2007 - enaks
- Ndu basert su
- - - Anbefalt su
- PR2007 - konus (ekv. $S_{u,a}$)

Terrengkote : 26,2 m
Tidligere terrengnivå: 50,2 m

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_2007.xls\Inngangsdata

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A9
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Tegner	Dato
	LaH	2017-08-16
Borhull 2007	Kontrollert	NGI
	Godkient	
	HHe	



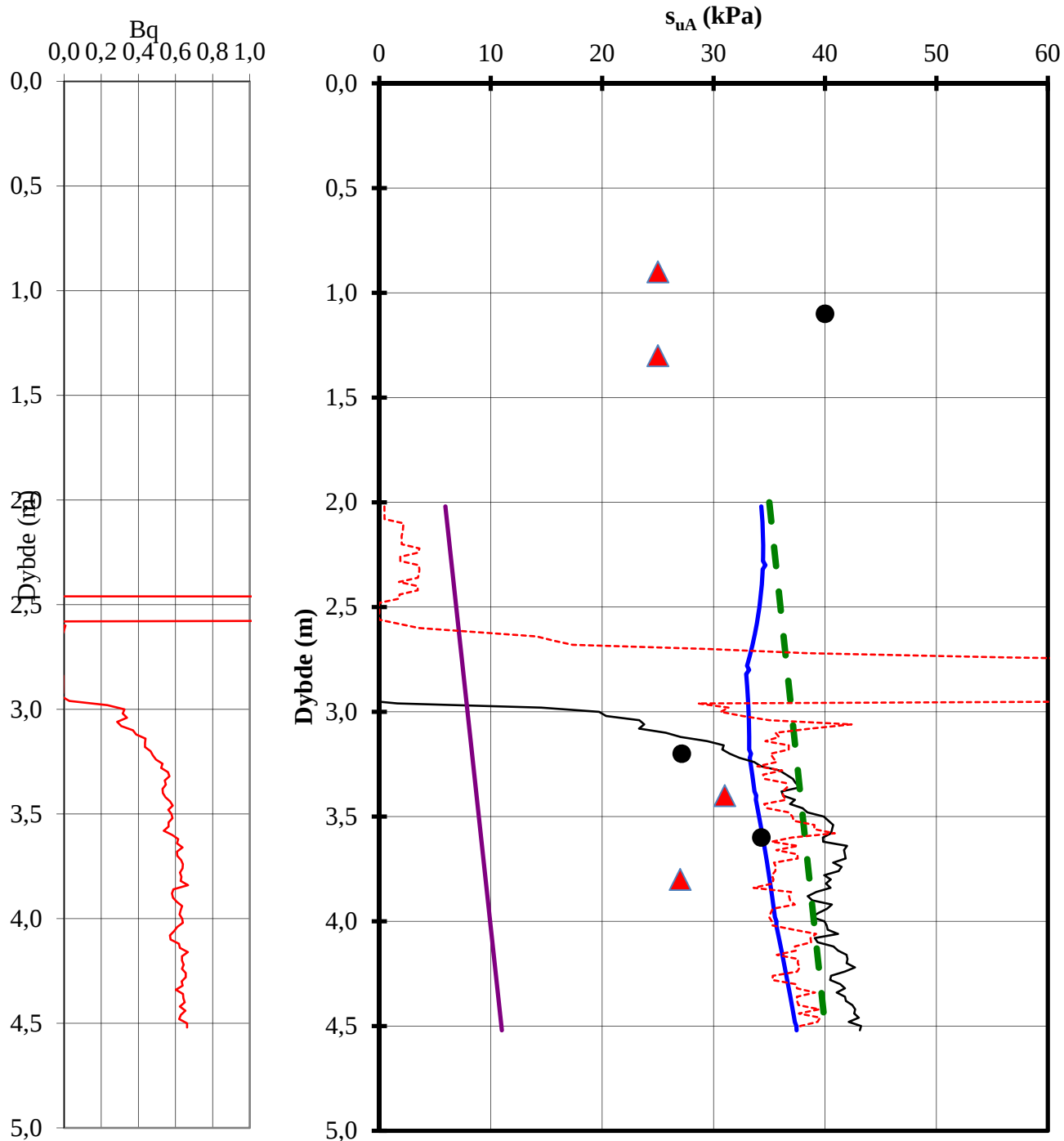
Poretrykk: målte på 8 og 15 m.
Sensitiv leire: fra 6,5 m.

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR2010b - enaks
- NDu basert su
- - - Anbefalt su
- PR2010b - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 31,6 m
Tidligere terrengnivå: 38,6 m

P:\2011\02\201110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_2010b.xls\Inngangsdata

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 2010b	Rapport nr. 20110297	Figur nr. A10
	Tegner LaH	Dato 2017-08-16
	Kontrollert OAH	
	Godkjent Hhe	



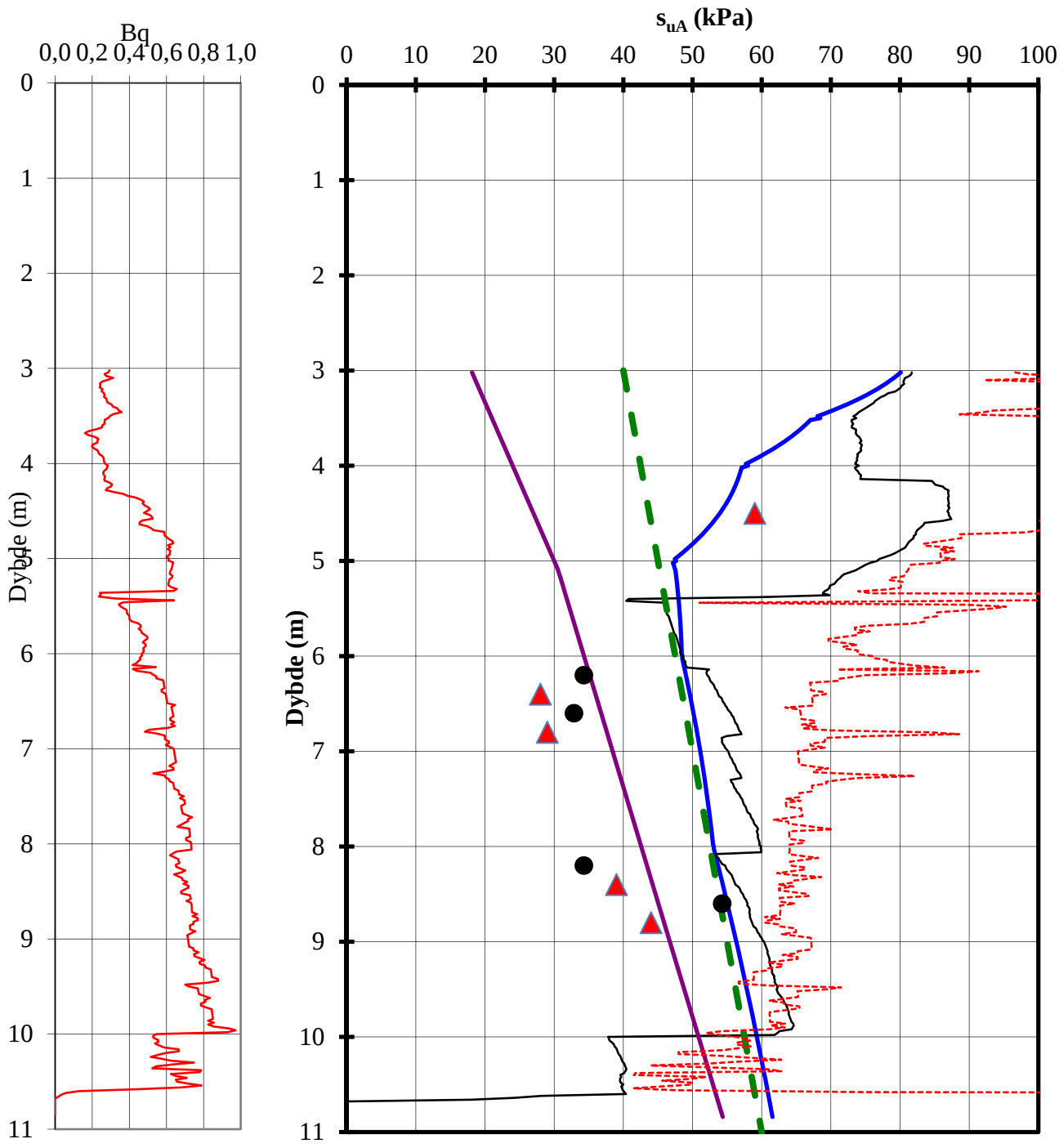
Poretrykk: målte.
Sensitiv leire: fra 2,5 m.

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR2011 - enaks
- Ndu basert su
- - - Anbefalt su
- PR2011 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 23,3 m
Tidligere terrengnivå: 41,3 m

P:\2011\02\201110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_2011.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep. Borhull 2011	Rapport nr. 20110297	Figur nr. A11	
	Tegner LaH	Dato 2017-08-16	
	Kontrollert OAH		
	Godkjent HHe		



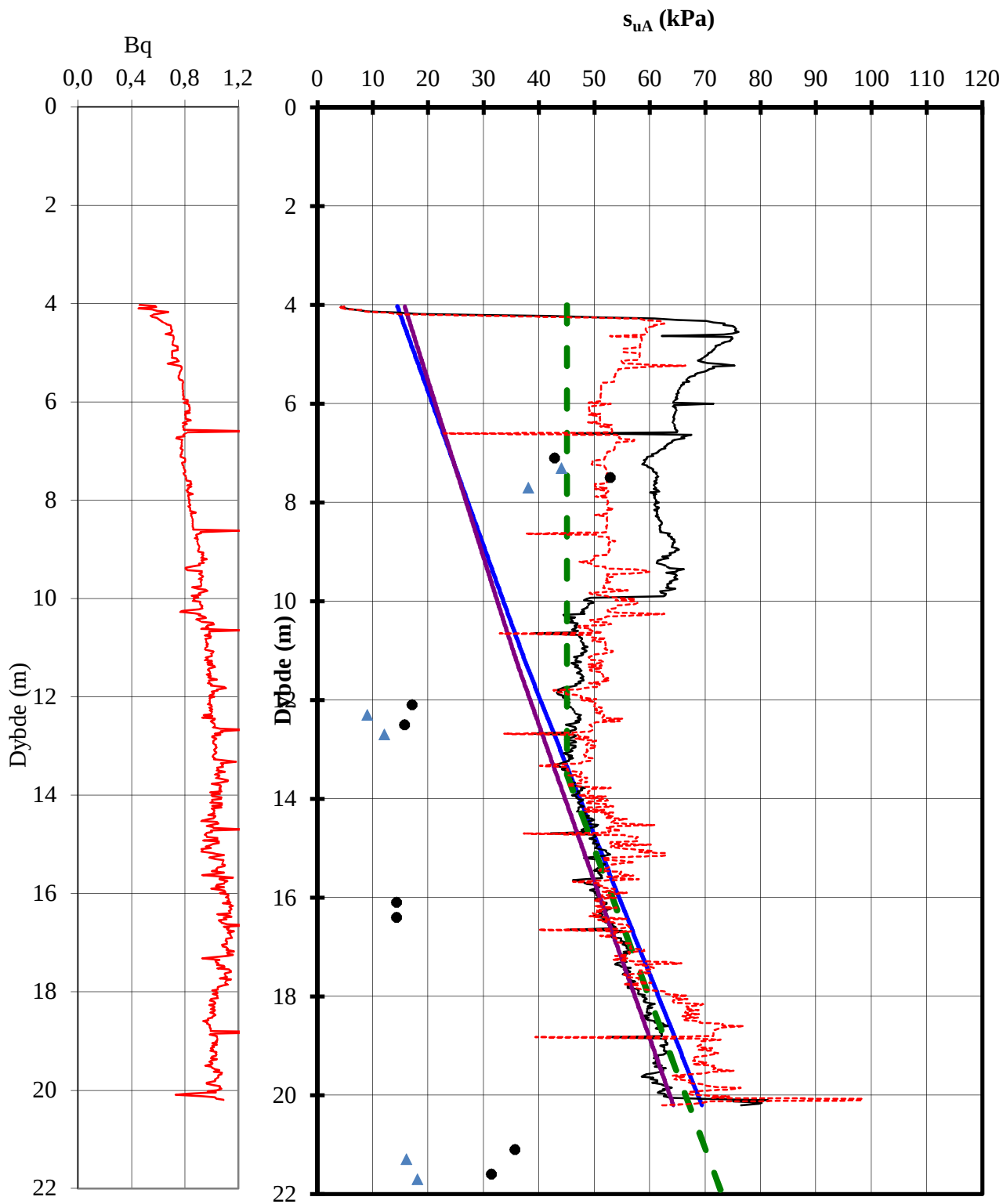
Poretrykk: målte på 10 m.
Ingen sensitiv leire.

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ PR2015 - enaks
- NDu basert su
- - - Anbefalt su
- PR2015 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 24,3 m
Tidligere terrengnivå: 34,3 m

P:\2011\02\201110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU-tolk2006_2015.xls\Inngangsdata

<p>Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika</p> <p>Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.</p> <p>Borhull 2015</p>	Rapport nr.	20110297	Figur nr.	A12
	Tegner	LaH	Dato	
	Kontrollert	OAH		
	Godkjent	HHe		



Poretrykk: målte på 10 og 20 m.
Sensitiv leire: fra 10 m

- Shanshep basert su
- NC-leire korrelasjon
- - - Nkt basert su
- ▲ DT1 - enaks
- NDU basert su
- - - Anbefalt su
- DT1 - konus (ekv. Su,a)

Terrengkote : 37 m

Tidligere terrennivå: 37 m

P:\2011\02\20110297\Beregninger\CPTU-tolk\CPTU tolk fra 2012\CPTU-tolk2006_Korsgården_DT1.xls\sua profil

Geoteknisk utredning av kvikkleiresone Korsgården og Vika	Rapport nr.	Figur nr.
	20110297	A13
	Tegner	Dato
	CSe	2012-06-12
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shanshep.	Kontrollert	NGI
	HHe	
	Godkjent	
BorhullDT1/55555	HHe	

Vedlegg B

TOLKNING AV ERT-MÅLINGER

Innhold

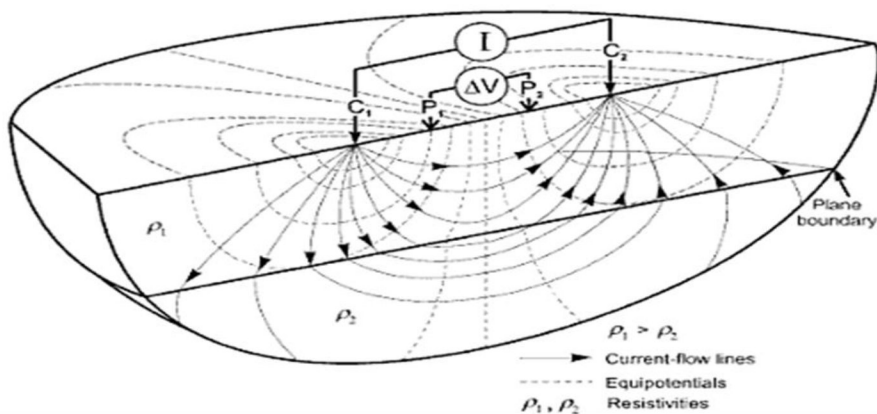
B1	Innledning	2
B2	Metode	2
B3	Prosessering	3
B4	ERT- profiler	4
B5	Tolkning av ERT-profiler	5
	B5.1 Profil ERT-1	5
	B5.2 Profil ERT-2	7
	B5.3 Usikkerhet grunnet artefakter i ERT-målinger	8
B6	Referanser	8
B7	Figurer	9

B1 Innledning

Dette vedlegget inneholder en tolkning av målte ERT-profiler basert på korrelasjoner med utførte grunnundersøkelser.

B2 Metode

Geofysiske grunnundersøkelser er en indirekte metode som er basert på fysiske overflatemålinger, som danner et beregningsgrunnlag for en tomografimodell og deretter en geologisk tolkning av de fysiske parametere (resistivitet i vårt tilfelle). Selve beregningen av tomografien er matematisk sett flertydig og dermed vil forskjellige beregningsmåter levere forskjellige resultater. For kartleggingen av grunnforhold ved Korsgården ble metoden elektrisk resistivitetstomografi (ERT) benyttet.

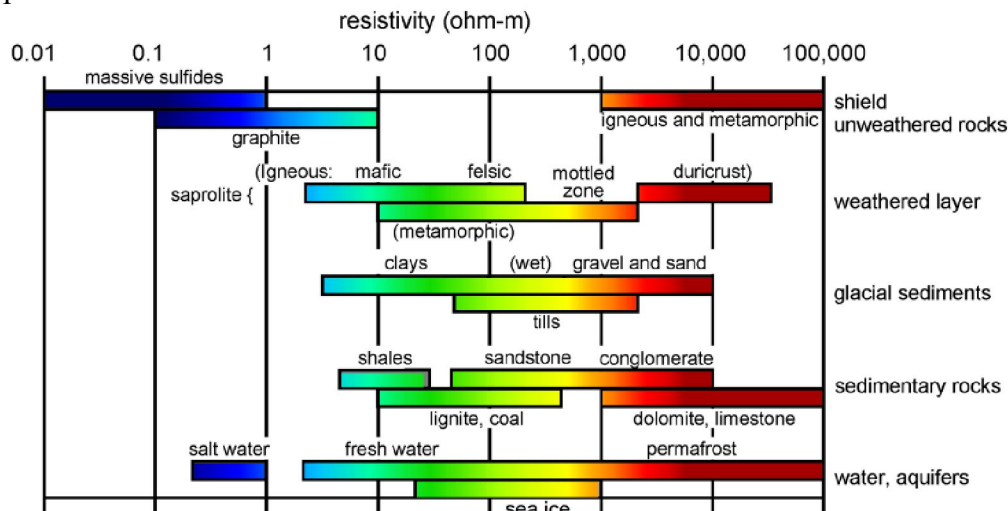


Figur 1: Prinsipp for ERT-målinger

ERT er en geofysisk metode som benytter likestrøm til å måle grunnens resistivitetsfordeling. Det sendes strøm igjennom undergrunnen ved hjelp av stålelektroder som installeres 10-20 cm ned i bakken (merket C i Figur 1). Et annet elektrodepar (merket P) måler potensialforskjellene mellom injeksjonspunktene, og resistansverdier beregnes for alle elektrodepunktene. Den målte resistansen gjenspeiler motstanden i den elektriske kretsen. Ved å prosessere dataene og kjøre en inversjons-algoritme genereres en to- eller tredimensjonal resistivitetsmodell av grunnen.

For å få et tomogram av undergrunnen måler man spenning i opptil 10 elektroder mens 2 elektroder sender strøm i bakken. For å gjøre dette mest effektivt brukes kabler som typisk kobles til 80 elektroder. Oppløsningen er bestemt av avstand mellom elektrodene, mens maksimal dybdepenetrering er avhengig av profillengde. Et generelt anslag for undersøkelsesdybden er 10-20% av profillengden, avhengig av jordens resistivitetsfordeling. Instrumentet NGI benytter er i stand til å nå ned til maksimalt 70 meters dybde. Oppløsningen i det øvre laget er anslagsvis ca. 50% av elektrodeavstanden.

Resistivitetsfordelingen i bakken varierer vanligvis mye og bestemmes hovedsakelig av sedimentene og bergartene (litologien) i området. Ved hjelp av ERT er man derfor i stand til å skille mellom forskjellige typer materialer, alt fra ledende leire til resistivt berg. Typiske resistivitetsverdier for ulike geologiske materialer er illustrert i Figur 2. Flere ulike materialer kan ha samme resistivitetsverdi og en viss kjennskap til geologien i undersøkelsesområdet er nødvendig for å kunne gi en geologisk tolking av resistivitetsprofilene.



Figur 2: Typiske resistivitetsverdier for ulike geologiske materialer (ref. /B6/). Konduktivitet er den inverse av resistivitet

B3 Prosessering

Et ABEM Terrameter LS2, ref. /B4/, instrument ble benyttet til ERT-målingene (Figur 3). Kilden genererte en strøm og elektrisk spenning med verdier opp til 1000mA og 600 V. Stacking på 1–4 ble benyttet for å redusere signalets avvik.

Dataene ble prosessert i programvaren Res2DInv, ref. /B5/.

Følgende operasjoner ble utført:

- Topografikorleksjon fra DGPS målinger
- Modell med celledørrelse lik halvparten av elektrodeavstanden
- Robust datamodell (tillater større overganger i resistivitetsverdier)
- Robust datainversjon og automatisk maskering av datapunkter med høye standardavvik ble ikke utført på grunn av god datakvalitet.

De endelige ERT-profilene fremkommer ved å konstruere en resistivitetsmodell basert på et rutenett, hvor hver celle består av en resistivitetsverdi. Hensikten med inversjon er å finne en modell som representerer de målte verdiene best mulig. Denne prosedyren er iterativ på den måten at hver iterasjon søker å minimere avstanden mellom de målte verdiene og de beregnet ved inversjon. Modellen endres og prosedyren kjøres igjen og

igjen inntil en tilfredsstillende lav feilverdi (i dette tilfellet mean absolute error (MAR)) oppnås.



Figur 3. ABEM Terrameter LS2 benyttet til ERT-målingene

Normalt passer en såkalt robust inversjon bedre til data med store resistivitetsvariasjoner. En robust inversjon er dermed egnet til å lokalisere grenseflater mellom forskjellige soner. Imidlertid kan ikke-fysikalske effekter (resistivitetsfordelinger som er et resultat av inversjonen og ikke faktisk tilstede i bakken) oppstå på denne måten, fordi metoden tillater oscillasjoner mellom nærliggende celler som gir bedre samsvar med dataene, men som ikke stemmer med grunnens resistivitetsfordeling. En tilsvarende overdrevet forskjell i verdiene i to nabosoner kan også oppstå dersom det foreligger en fysisk grenseflate som innebærer at et stort resistivitetsprang må gjengis.

Endelig produkt er et todimensjonalt profilsnitt som tar hensyn til *depth of investigation (DOI)*, et uttrykk som referer til den dybden hvor innsamlet geofysisk data ikke lenger gjengir undergrunnens fysiske forhold. Disse dybdene vises som transparente områder i resistivitetsprofilene.

B4 ERT- profiler

Det er utført resistivitetsmåling (ERT) langs to profiler innenfor sonen, hhv. profil ERT-1 og ERT-2. Beliggenhet av profilene er vist på tegning 010. ERT-målingene er dokumentert i datarapport (ref. B1).

På tegning 010 er det også vist profiler hvor det er utført stabilitetsberegninger; Profil ERT-2 er tilnærmet parallelt med P1, men er sideforskjøvet mot vest for å forenkle feltarbeidet for ERT-målingene.

Datarapporten fra ERT-målingene viser beregnet dybdevariasjon i resistivitet langs resistivitetsprofilene. Målingene viser således verken direkte sensitivitet av leira eller omrørt skjærfasthet, og uten lokale prøvedata vil lagdeling derfor være usikker.

I de følgende avsnittene korreleres ERT-dataene med grunnundersøkellesdata for å få frem antatt fordeling av sprøbruddmateriale (som definert i ref. B2) langs profilene. Laboratorieundersøkelser av opptatte prøver er benyttet som grunnlag for korrelasjonsarbeidet, og ERT-profileringen ble planlagt slik at direkte korrelasjon mellom laboratoriedata og resistivitetsverdier skulle være mulig i enkelte borepunkter.

B5 Tolkning av ERT-profiler

Antatt utbredelse av sensitiv leire i de enkelte borepunkter basert på laboratorieanalyser av opptatte prøver og tolkning av sonderinger (jfr. Tabell 1 i hovedrapporten) er markert med vertikal pil i lengdeprofilene, se Tegning B1. Tolkning er basert på at resistivitetsverdier under 30-40 ohm·m indikerer sprøbruddmateriale/kvikkleire. På tegning B1 er det angitt skraverte soner hvor ERT-resultatene i utgangspunktet indikerer sprøbruddmateriale/ kvikkleire, langs de to profilene ERT-1 og ERT-2. Det er også angitt med vertikale piler hvor slike masser er påvist ved prøvetaking. Antatt forekomst av sprøbruddmateriale/kvikkleire bør kompletteres med prøver og laboratorietesting. Kommentarer til tolkningen gis nedenfor.

B5.1 Profil ERT-1

Resistivitetsverdier fra profil ERT-1 er vist på tegning B1 sammen med geotekniske data fra nærliggende boringer. Boredata er projisert normalt inn i lengdeprofilen. Det er fem boringer i selve profilet (2006, DT1, 2010b, 1008, 2013, MC-2, 1007, 601 og 1006). Boringer noe til side for profilet er medtatt.

Profilnr. 0-285: sone 1-A

På borpunkt 2006 er det utført dreietrykksondering, CPTU-sondering og tatt prøver. Det er påvist sprøbruddmateriale mellom ca. 7 og 17 m dybde. Prøven fra 20-21 m viser "ikke-sprø" leire. For tolkningen av ERT data, antas det at resistivitetsverdier tilsvarende gul og grønn farge og lavere potensielt kan være sprøbruddmateriale. Prøvedata og ERT-data (dvs. resistivitetsverdier) stemmer ikke overens under kote +20; det er da lagt mer vekt på prøvedata.

Borpunkt DT1 ligger i skjæringspunktet mellom stabilitetsprofil P1 og ERT-1. Her er det utført både dreietrykksondering, CPTU og prøveserie. Det er påvist sprøbruddmateriale mellom ca. 8,5 og 21 m dybde, dvs. en lagmektighet på 12,5 m. For DT1 er tolkningen basert på antakelse om sprøbruddmateriale for resistivitetsverdier tilsvarende gul og grønn farge, og lavere (dvs. lavere enn 30-40) ohm·m. Overgang til faste masser korresponderer med rød/lilla farge, dvs. ca. 100 ohm·m og høyere

resistivitet. Fjelloverflaten synes ut fra dette relativt jevn og horisontal mellom borpunkt 2006 og DT1.

Umiddelbart øst for DT1 antas det at høyspentledning som her krysser profilet i luftspenn påvirker resistivitetmålingene. Sonen med antatt kvikk/sensitiv leire er trukket videre østover uten hensyn til tilsynelatende økt dybde rett øst for DT1, og avsluttes ved ca. profilnr. 320, dvs. ca. 110-120 m øst for DT1.

I borpunkt 2010b er det utført dreietrykkssondering, CPTU-sondering og tatt prøver. Det er påvist sprøbruddmateriale mellom ca. 6,5 og 11 m dybde. Resistivitetmålinger stemmer ikke med prøvedata på dette borpunktet, muligens pga. begravde artefakter (den røde sonen øst for borpunkt 2010b).

Profilnr. 340-415: sone 1-B

Basert på dreietrykkssondering 1008 (ca. 50 m nord for ERT-profilet) kan det være sensitiv/kvikk leire fra ca. 13 til 16 m dybde. Dette gir en brukbar tolkning av nedre avgrensning av evt. kvikkleire, men ikke for øvre avgrensning, som ut fra resistivitetsverdiene kan ligge på ca. 3 m dybde, forskjellen kan være pga. at borpunkt 1008 ligger ved skråningskanten og derfor har større dybde med forvitret leire. Øvrige sonderinger nord for Korvaldveien ("MC"- og "BS"-boringer) indikerer ingen, eller liten, mektighet av kvikkleire i dette området; i tilfelle er den dypt beliggende.

Dybde til fast grunn/fjell ut fra overgang til rødt/lilla stemmer godt overens med overgang til faste masser i sondering 1008. Ut fra dette kan det være oppspringende bergpartier ved ca. profilnr. 320 og 420.

Profilnr. 420-540

I denne sonen indikerer resistivetsprofilet inntil 25 m dybde til fast grunn/fjell, med mulig sensitive masser fra 5-10 m og ned til over 25 m dybde, basert på resistivitetsverdier som korrelerer med sone 1-A (prøvetaking i DT1). Det er flere soner med høyere resistivitet mellom 4 og 12-13 m dybde.

Borpunkt 2013 ligger ca. 30 m sørøst for ERT profil 1. Det er ikke tegn på sprøbruddmateriale, verken i dreietrykkssondering eller prøvetakingen.

Sondering 1007 indikerer et bløtt lag over antatt fjell, som imidlertid påtreffes på ca. 11 m dybde. Nærliggende boring MC-1 er stoppet i samme dybde, og vinge-boring mellom 5 og 10 m viser at det her ikke er snakk om kvikkleire. Ved boring 601, som ligger 75 m sør for profilet, er det ikke tegn på kvikkleire, og antatt fjell påtreffes på ca. 12 m, dvs. tilsvarende nivå som ved boring 1007 og MC-1. Borpunktene MC-1 og 1007 ligger ca. 30 m nord for ERT-1, og det kan ikke helt utelukkes at det er større løsmassemekthet ved ERT-profilet.

Tolkningen av både løsmassedybde og -type er her usikker. Lysere farger her (dvs. grønn og gul) kan ikke tolkes som sprøbruddmateriale, da dette ikke ble påvist i opptatte prøver.

Profilnr. 540-600

Mellom profilnr. ~540-600 er resistivitetsresultatene preget av mange artefakter ned til 15 m. Dataene indikerer (igjen ut fra tolkning av sone 1-A) en dyp sedimentfylt kløft mellom profilnr. ~540 og profilnr. ~600. Her er det verken sondert eller tatt prøver. Basert på data fra området som helhet virker en slik dyprenne noe usannsynlig, med mindre det her er en større svakhetssone/dyprenne i fjellet. Det er mulig at den store løsmassetykkelsen ikke er reell, men et resultat av de mange artefaktene på grunnere nivå. Ut fra eksisterende datagrunnlag antas det her ikke å være kvikkleire/sprøbruddmateriale, men dette bør evt. vurderes undersøkt nærmere (sonderinger/prøvetaking).

Profilnr. 610-710

Borpunkt 1006 ligger rett ved ERT-1. Dreietrykkssondering i 1006 viste to lag med mulig sensitiv leire, men prøver i disse dybdene påviste at det ikke var kvikkleire/sprøbruddmateriale.

Det er en viss usikkerhet knyttet til omfanget av sprøbruddmateriale i dette området, da resistivitetmålingene ikke passer med prøvene.

B5.2 Profil ERT-2

Det var opprinnelig tenkt at ERT-2 skulle følge stabilitetsprofil P1, for å gi best mulig grunnlag for direkte korrelasjon med grunnundersøkellesdata. Profil ERT-2 ble senere besluttet flyttet ca. 50 m vestover, slik at kryssing over eiendommer ble minimert, se tegning 010. Basert på problemene med tolkning av ERT-1 i bebygd område antas denne forskyvningen av profil ERT-2 også å være en fordel hva angår korrelasjon med grunnundersøkelsene. Det er opptatt prøver i DT1 og 2006 (omtalt foran) og i punkter 2005 og 2007. Boringer er projisert inn på ERT-2 på tegning 100.

Dreietrykkssonderingen i borpunkt 1002 indikerer ikke sprøbruddmateriale, noe som stemmer med høy resistivitet i ERT profilet.

Borpunkt 2005 ligger ca. 55 m nord-øst for ERT profil 2. Her er utført dreietrykkssondering og prøvetaking. Prøver mellom 5,5 og 17 m dybde bekrefter sprøbruddmateriale/kvikkleire. Gul og grønn fargene tolkes som sprøbruddmateriale (samme tolkning som ERT profil 1).

Dersom det antas at grunnforholdene langs ERT-2 er noenlunde tilsvarende som langs stabilitetsprofil 1, er det mulig å gjøre en relativt konsistent tolkning av ERT-dataene. Skravert sone 2-A på tegning 100 viser antatt utbredelse av sprøbruddmateriale langs

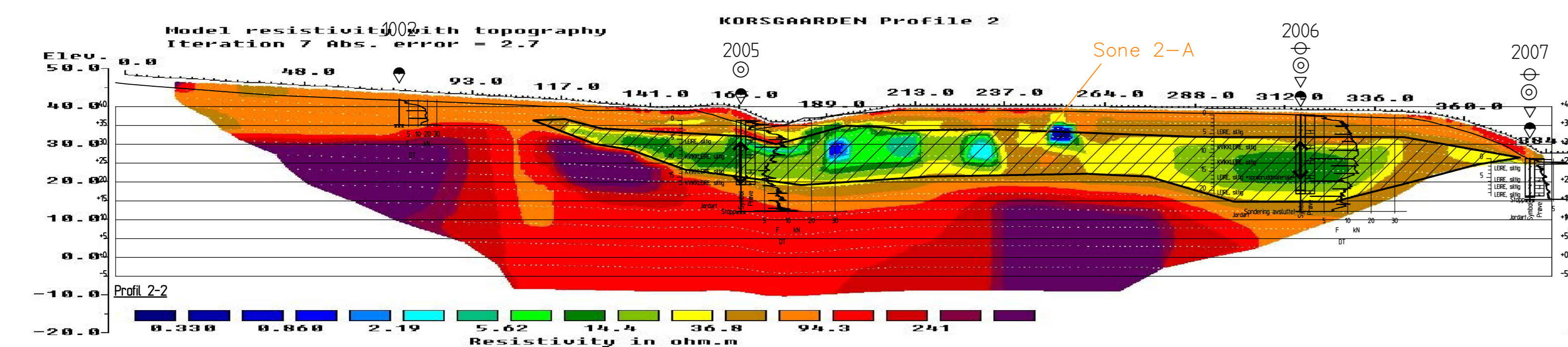
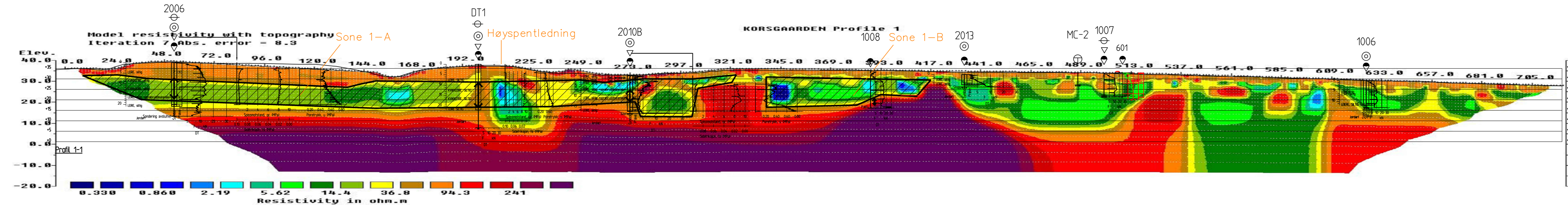
ERT-2. Det er valgt kun å definere én enkelt langstrakt sone langs profil ERT-2, dvs. det er sett bort fra et mulig brudd i sonen med sprøbruddmateriale mellom profilnr. 240-250. Tolkningen innebærer at det antas sammenhengende kvikkleire/sprøbruddmateriale langs det meste av ERT-2, dvs. mellom profilnr. 110 og 385. Kvikkleirelaget tynnes gradvis ut oppover gjennom sonen, med største mektighet ca. 12 m nær skråningskanten mot Veia.

B5.3 Usikkerhet grunnet artefakter i ERT-målinger

ERT-målinger påvirkes av objekter i grunnen, slik at tolkning av grunnforhold vanskeligjøres av objekter i grunnen som oljetanker, betongkonstruksjoner, elektriske kabler, rørledninger osv. Dette er trolig årsaken til mange artefakter for profil ERT-1 langs den bebygde delen av Korvaldveien. I ubebygde områder ser det ut til å være langt større mulighet for konsistent tolkning av resistivitetsdataene, og supplert av enkelte boringer med prøvetaking kan en god tolkning av fordeling av kvikkleire langs et ERT-profil oppnås.

B6 Referanser

- /B1/ NGI (2012): Kvikkleiresone 486 Geofysikk. Korsgården ERT measurements. Data report. Teknisk notat nr. 20110970-01-TN, datert 1. juni 2012. Oppdragsgiver NVE Region Sør.
- /B2/ NVE (2014). Sikkerhet mot kvikkeleireskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. NVE veileder 7-2014. Revidert april 2014. ISSN: 1501 – 0678.
- /B3/ Sauvin, G., Lysdahl, A.O.K. & Bazin, S. (2017): Shear-wave Reflection-seismic and ERT Investigation for Slope Stability. In Proceedings of the Near Surface Geoscience 2017 - 23rd European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics (#MO 23 A05, pp.10-14). EAGE. DOI:10.3997/2214-4609.201701969
- /B4/ ABEM. Terrameter LS2, User Manual. [Internett] 2016. <https://www.guidelinegeo.com/wp-content/uploads/2016/11/ABEM-Terrameter-LS-2-User-Manual.pdf>
- /B5/ Res2dinvx64 ver. 4.8.2. Geotomo Software. <http://geotomosoft.com/>
- /B6/ *Resistivity characteristics of geologic targets*. Palacky, G.J. 1988, Geosciences Journal, Vol. 3, ss. 53-129.



FORKLARINGER:

- ↕ Sprøbruddmateriale jfr. tabell 1 i rapport 20110297-01-R
- ▨ Antatt utbredelse av sprøbruddmateriale (St > 15 og omrørt Su < 2 kPa).

HENVISNINGER:

- ERT-datarapport:
- NGI (2012): Teknisk notat 20110970-01-TN, 01.06.2012
- Grunnundersøkelser:
- Geostrom AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
 - NGI (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
 - NGI (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
 - Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
 - Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
NVE Region Sør Kvikkleiresone Korsgården og Vika		Status Original format A-3L Tegningens filnavn 100 ERT profil 1 og 2 tolkning.dwg Målestokk 1:1000			
Geoteknisk utredning Tolkning av ERT-profiler ERT-profil 1 og 2 Antatt utbredelse av sprøbruddmateriale		NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 31.08.2017 Oppdragsnr. 20110297	Konstr./Tegnet KJA/LaH Tegningsnr. B1	Kontrollert DAH Godkjent HHe Rev. 0

Vedlegg C

BEFARINGSRAPPORT

Innhold

C1 Innledning	2
C2 Veia	2
C2.1 Sted 1	2
C2.2 Sted 2	3
C2.3 Sted 3	3
C2.4 Sted 4	4
C2.5 Sted 5	5
C2.6 Sted 6	6
C2.7 Sted 7	7
C2.8 Sted 8	8
C2.9 Sted 9	9
C2.10 Sted 10	10
C2.11 Sted 11	11
C3 Vrangbekken	12
C3.1 Sted 12	12
C3.2 Sted 13	13
C3.3 Sted 14	13
C3.4 Sted 15	14
C3.5 Sted 16	15
C3.6 Sted 17	16
C3.7 Sted 18	17
C3.8 Sted 19	18
C3.9 Sted 20	19
C3.10 Sted 21	20
C3.11 Sted 22	21

C1 Innledning

Det ble utført en befaring av kvikkleire områder 486 Korgården og 2038 Vika den 10. august 2017, med følgende formål:

- Å kartlegge erosjonsforhold i ravinene (Veia og Vrangbekken).
- Å registrere terrenginngrep i eller i nærheten av ravinene.
- Å vurdere fare for oppdemning/skade fra flombølge.
- Å vurdere mulighet for stabiliserende tiltak.

På befaringen deltok NVE v/ Ellen Davis Haugen og Ragnhild Kjølseth Tresselt og NGI v/Laura Henderson.

Denne rapporten oppsummerer observasjonene fra befaringen, og består av bilder med tilhørende beskrivelsestekst, samt et kart som viser lokasjoner av bildene.

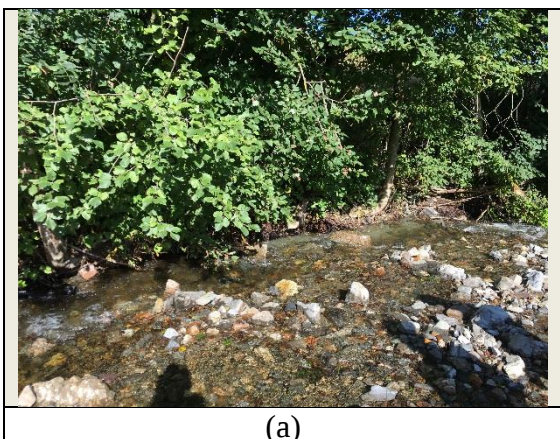
C2 Veia

Den delen av bekken Veia som ligger innenfor kvikkleiresone 486 Korsgården (antatt utbredelse etter pågående revisjon i 2017) ble befart. Det var høyere vannstand i bekken enn vanlig, ifølge lokalbefolkningen, etter ekstremt mye nedbør døgnet før befaringen.

C2.1 Sted 1

Sted 1 er ved veibruen oppstrøms kvikkleiresonen, vest for borpunkt 2001 (dvs. utenfor kvikkleiresonen).

Ingen til litt erosjon. Stein i bekken, men noe eksponert leire på vestkanten av bekken.



Figur 1 Fotografi fra befaring, Sted 1: (a) stein i bunnen, men eksponert leire i bredden.

C2.2 Sted 2

Sted 2 ligger øverst i Korsgården kvikkleiresonen, langs Veia, vest for borpunkt 2003 og nord for borpunkt 2001.

Stein og sand i bekken. Bekken har gravd seg ned ca. 70 cm, men ellers ingen erosjon.



Figur 2 Fotografier fra befarings, Sted 2: (a) og (b) stein og sand i bekken.

C2.3 Sted 3

Sted 3 er like ved borpunkt 2003 og ligger ved profil Stab. 3.

Bekken graver i leirig sand i svingen på venstre¹ side (dvs. utenfor sonen). Bekken har gravd seg ned ca. 1 m. Det er stor avstand mellom bekken og skråningståen på høyre side (innenfor sonen).



¹ "Venstre side" og "høyre side" sett nedstrøms.



Figur 3 Fotografier fra befaring, Sted 3: (a) leirig sand, (b) erosjon i svingen, (c) bilde tatt mot veien (profil Stab. 3).

C2.4 Sted 4

Sted 4 er ved profil Stab. 4 og borpunkt 2007.

Det pågår litt erosjon i leirekantene, men det er mye stein i bunnen av bekken.

Det er plass til avlastning av skråningstoppen, uten å påvirke boligtomter. Selve skråningen er ikke dyrket. Borpunkt 2006 ligger i kanten av dyrka mark (ved gjerdet på toppen av skråningen).





Figur 4 Fotografier fra befarings, Sted 4: (a) stein i bekken (b) leire synlig undervannivået (motsatt siden), (c) skråningen i profil Stab. 4, (d) bilde tatt mot sørvest (langs bekken).

C2.5 Sted 5

Sted 5 ligger langs profil ERT-2.

Det gamle bekkeleiet (ikke på kartet) er fylt med stillestående vann, og det er bløt grunn. Bekkeleiet har flyttet seg sideveis over tid, noe som kan forklare beliggenhet av eksisterende sonегrense (flytting av sonегrensen mot vest foreslås i pågående revisjon).



Figur 5 Fotografier fra befarings, Sted 5: (a) gammelt bekkeleie, (b) bilde tatt mot høyspentmast på venstre side av Veia.

C2.6 Sted 6

Sted 6 ligger langs Veia nord for profil ERT-2.

Litt erosjon i sandig leire på høyre side av bekken (dvs. innenfor sonen). Mye stein på motsatt siden av bekken, men også tegn på erosjon og små utglidninger.

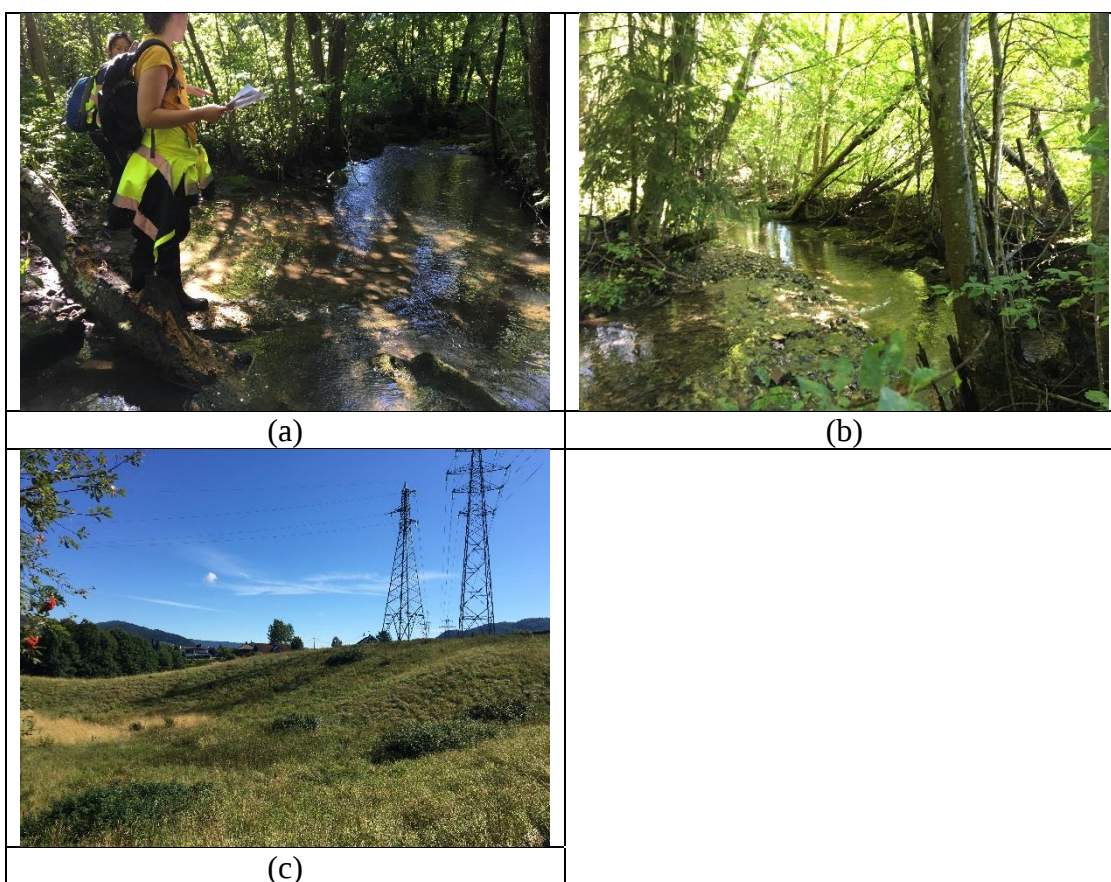


Figur 6 Fotografier fra befaring, Sted 6: (a) litt erosjon på høyre side av bekken, (b) stein på nordre siden av bekken, men noe erosjon langs bekken og noen veltede trær.

C2.7 Sted 7

Sted 7 ligger langs Veia, vis à vis borpunkt 1010 (som ligger på venstre side av Veia, dvs. utenfor sonen).

Det er berg i dagen på høyre side av bekken (innenfor sonen). Det pågår erosjon i leire umiddelbart nedstrøms berget og vannet er grått. Profil Stab. 1 ligger øst for Sted 7. Profilet går muligens gjennom en gammel skredgrop. Det er mulig å etablere motfylling i skråningsfoten ved profil 1, og også å planere ut "ryggene" til side for profil 1.

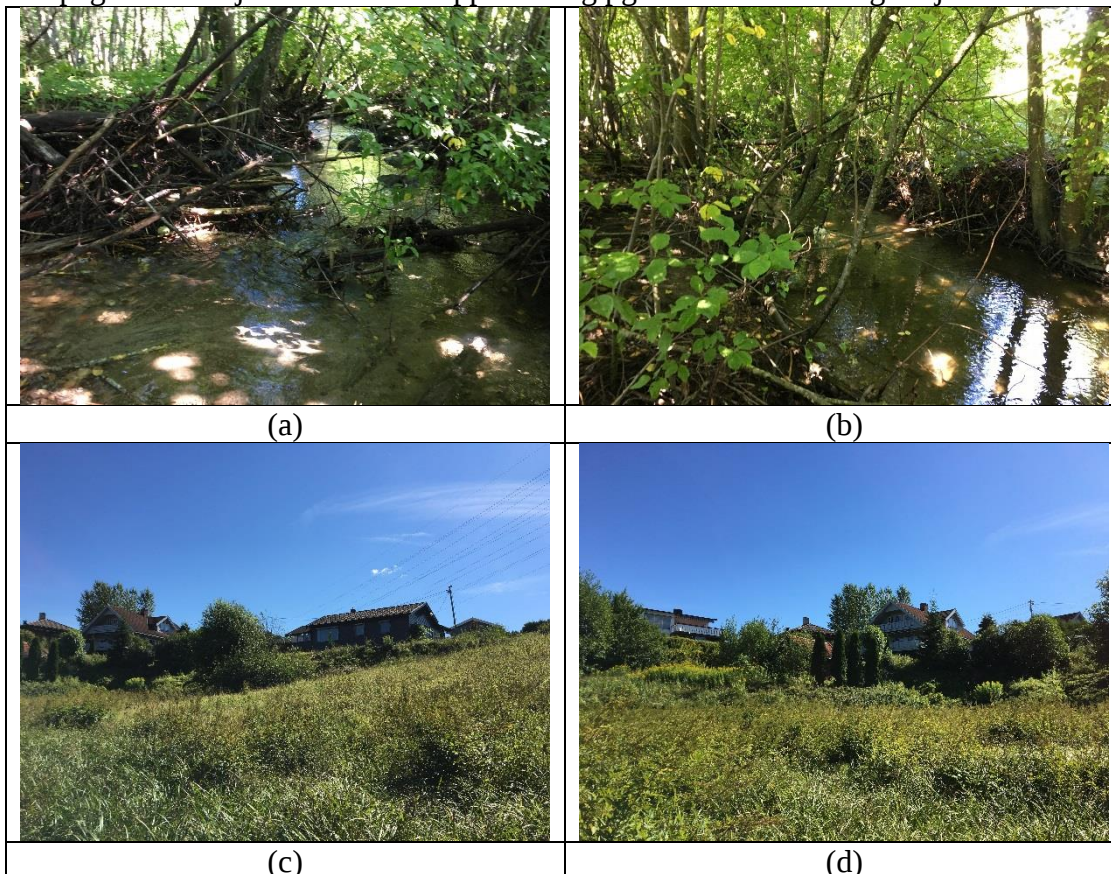


Figur 7 Fotografier fra befarings, Sted 7: (a) Ellen står på berg, (b) grus innerst i svingen, men litt erosjon i leire på søndre siden av svingen, (c) bilde tatt mot mastene.

C2.8 Sted 8

Sted 8 ligger ved profil Stab. 5, like ved borpunkt 2011.

Det pågår litt erosjon i sand. Noe oppdemning pga. nedfalte trær/vegetasjon i bekken.



Figur 8 Fotografier fra befarings, Sted 8: (a) sand i toppen, (b) grått vann, (c) bratt (utfylt) skråning foran Korvaldveien 128, (d) bilde tatt mot øst.

C2.9 Sted 9

Sted 9 ligger øst for profil Stab. 5, like nedenfor Korvaldveien 120.

Det pågår litt erosjon i siltig leire, særlig i svingene. Noen har prøvd å erosjons sikre yttersvingen med steinblokker. Det er også installert en ca. 10 m langt "støttevegg" av kumelementer, og skråningen nedenfor Korvaldveien 120 er steinplastret. Dette tyder på tidligere stabilitetsproblemer (trolig overflateglidninger). Steinplastringen består til dels av rundet steinmateriale.

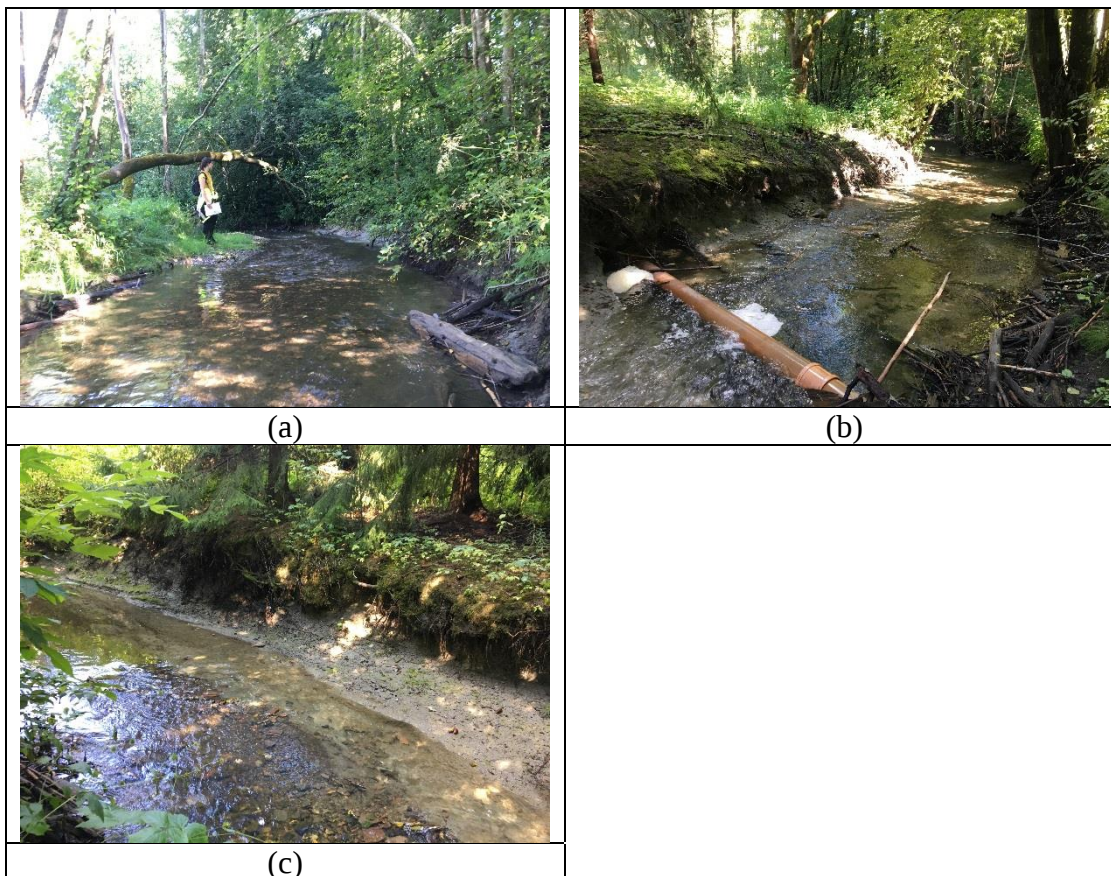


Figur 9 Fotografier fra befaring, Sted 9: (a) store steinblokker i bekken (erosjonssikring?), (b) kum og stein støtter opp skråningen nedenfor Korvaldveien 120, (c) litt erosjon i siltig leire, (d) steinplastring nedenfor Korvaldveien 120.

C2.10 Sted 10

Sted 10 ligger nedenfor Korvaldveien 118.

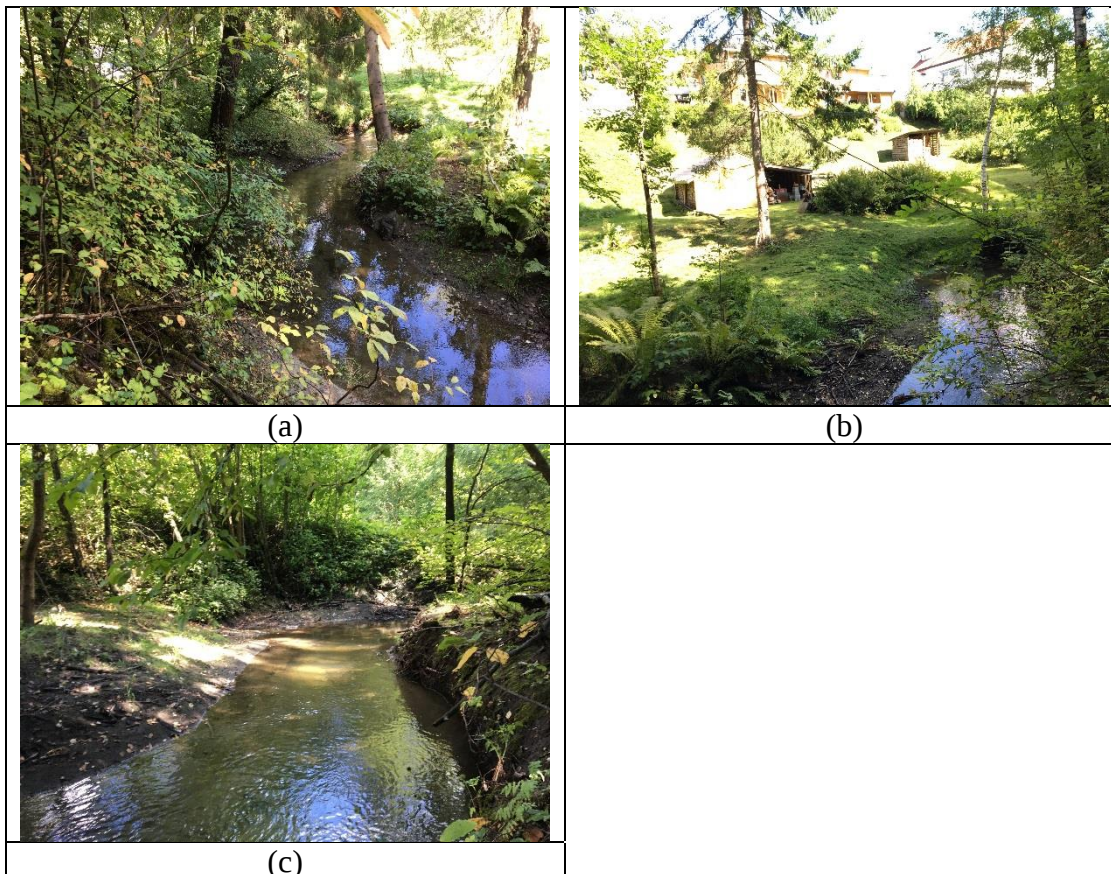
Det pågår litt til noe erosjon i leire. Et rør krysser bekken og fører til mer erosjon langs elvebreddene.



Figur 10 Fotografier fra befaring, Sted 10: (a) litt erosjon i leire, (b) rør krysser bekken og skaper erosjonsproblemer i leire, (c) noe erosjon i leire.

C2.11 Sted 11

Sted 11 ligger nord for Korvaldveien 108, hvor en rygg stikker ut mot nord. Det pågår litt erosjon i bekkeleiet (sandig leire). Litt nedstrøms finnes det bratte kanter noen steder. Det lave, flate området med flere uthus på motsatt side av Veia vil trolig bli fylt opp med skredmateriale i tilfelle kvikkleireskred.



Figur 11 Fotografier fra befaring, Sted 11: (a) meandrerende bekk med litt erosjon i sandig leire, (b) lavt, flatt område nedenfor husene nord for Veia ligger innenfor utløpsområdet for kvikkleireskred, (c) bratte kanter litt nedstrøms.

C3 Vrangbekken

C3.1 Sted 12

Sted 12 ligger i øvre del av den åpne strekningen av Vrangbekken, ved sonegrensen mellom foreslått revidert sone Korsgården og ny sone Vika, og nord for borpunkt 2017. Det ligger mange store steiner i bekkeløpet; disse er muligens lagt ut i forbindelse med lukking av bekken oppstrøms, eller de kan være transportert av bekken fra moreneavsetninger oppstrøms sonen. Det ligger også mye grus i bekken (i svingen), men leire er synlig under grusen.



Figur 12 Fotografier fra befaring, Sted 12: (a) store steiner i bekkeløpet, (b) leire under tilført grus/stein.

C3.2 Sted 13

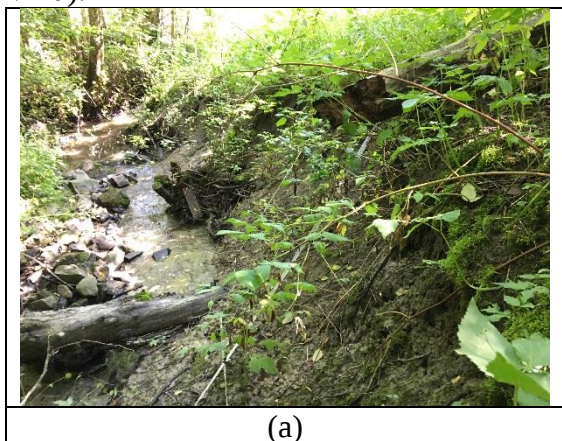
Sted 13 ligger langs Vrangbekken, i elvesvingen rett sør for borpunkt 2013. Noe erosjon og utglidninger i leire nedenfor borpunkt 2013. På grensen av revidert sone Korsgården. Prøver fra borpunkt 2013 inneholdt ikke kvikkleire.



Figur 13 Fotografier fra befaring, Sted 13: (a) og (b) erosjon og utglidninger i leire, nedenfor borpunkt 2013.

C3.3 Sted 14

Sted 14 ligger langs Vrangbekken, i elvesvingen rett sør for borpunkt 2013. Noe erosjon og ferske utglidninger i leire på høyre side av bekken (dvs. innenfor sone Vika).

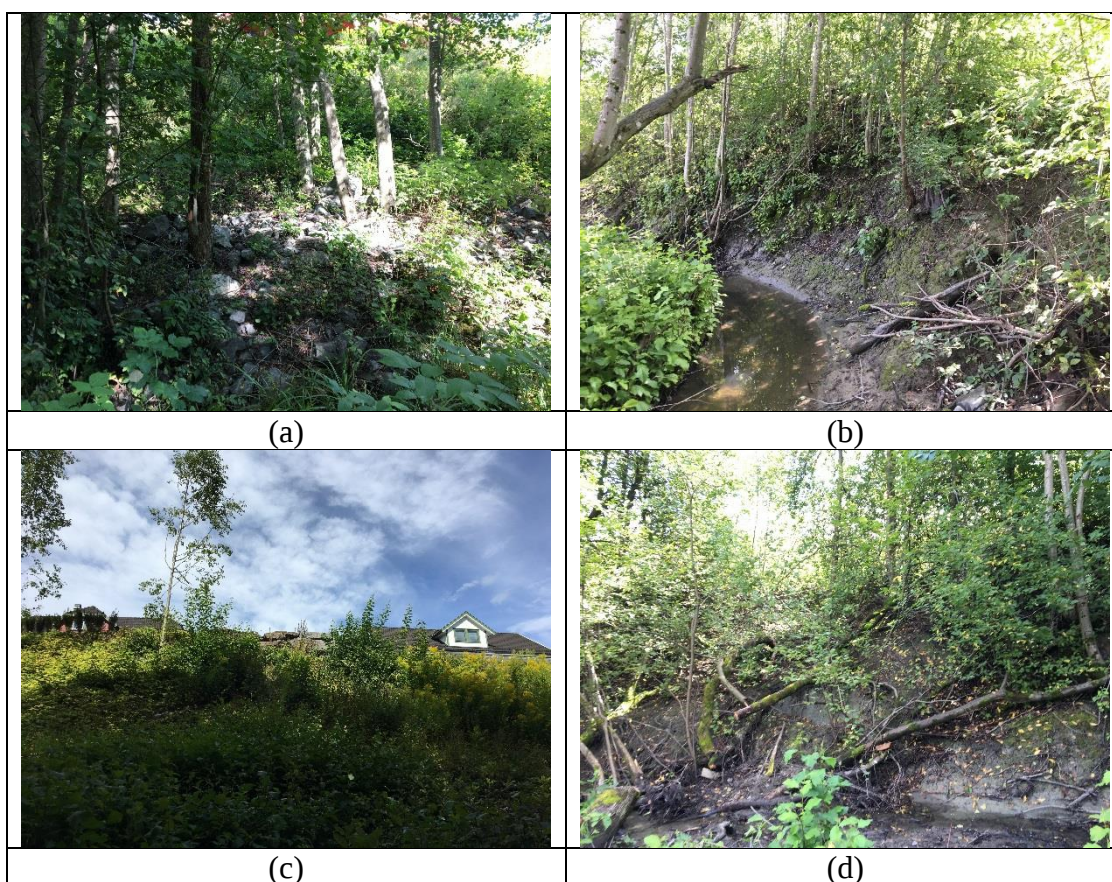


Figur 14 Fotografi fra befaring, Sted 14: (a) utglidninger i leire.

C3.4 Sted 15

Sted 15 ligger langs Vrangbekken, sørvest for borpunkt 601.

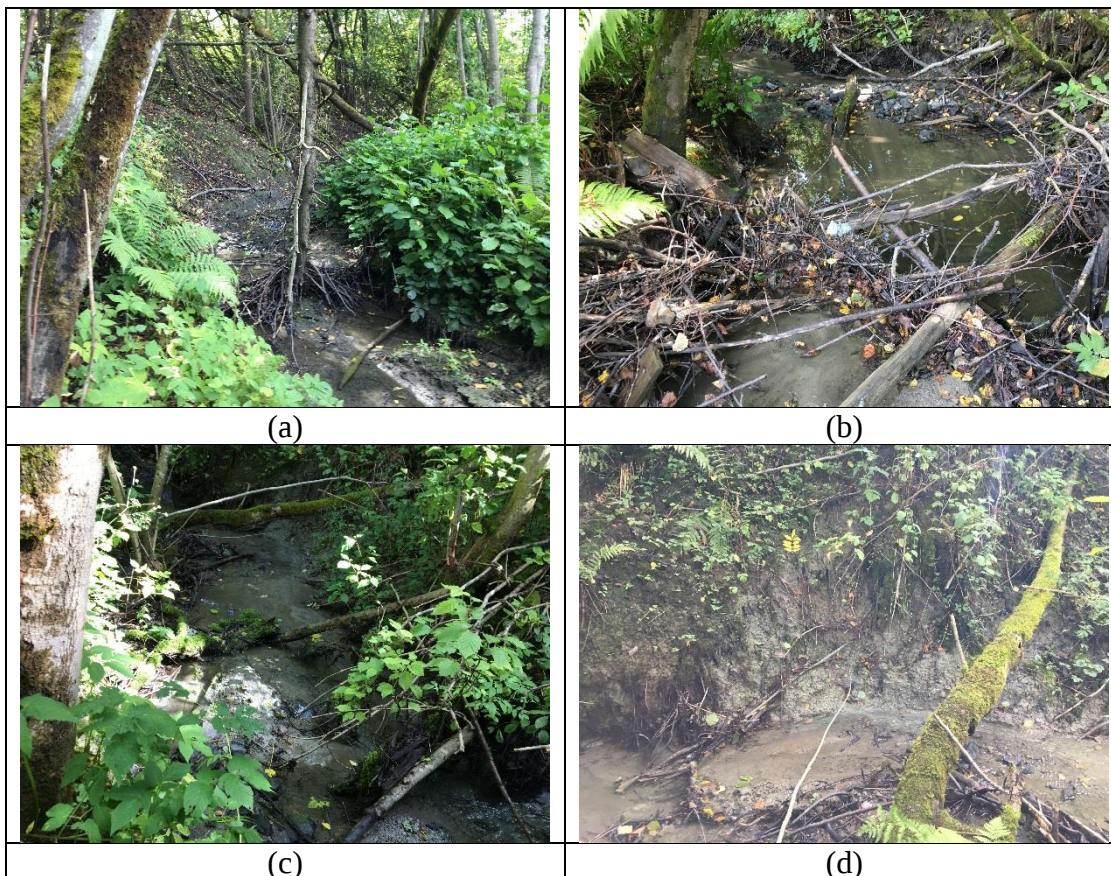
Det er lagt ut stein på skråningen til venstre for bekken, dette er utenfor kvikkleiresonene Korsgården og Vika (etter revisjon). Borpunkt 601 indikerer ikke sprøbruddmateriale. På høyre side av bekken (innenfor sone Vika) er det lange strekninger med bratte leireskrånninger, med noe erosjon og overflateglidninger.



Figur 15 Fotografier fra befaring, Sted 15: (a) stein lagt ut på skråningen nedenfor borpunkt 601, (b) erosjon i svingen, (c) store steinblokker lagt ut på skråningstoppen ved borpunkt 601, (d) fersk overflateglidning.

C3.5 Sted 16

Sted 16 ligger langs Vrangbekken, øst for borpunkt 601. Noe erosjon i leire, som har utløst overflateglidninger på høyre side av bekken (innenfor sone Veia). Flere nedfalte trær og mye kvister i bekken.



Figur 16 Fotografier fra befarings, Sted 16: (a) tom. (d) mye eksponert leire i bekken, erosjon og utglidninger flere steder.

C3.6 Sted 17

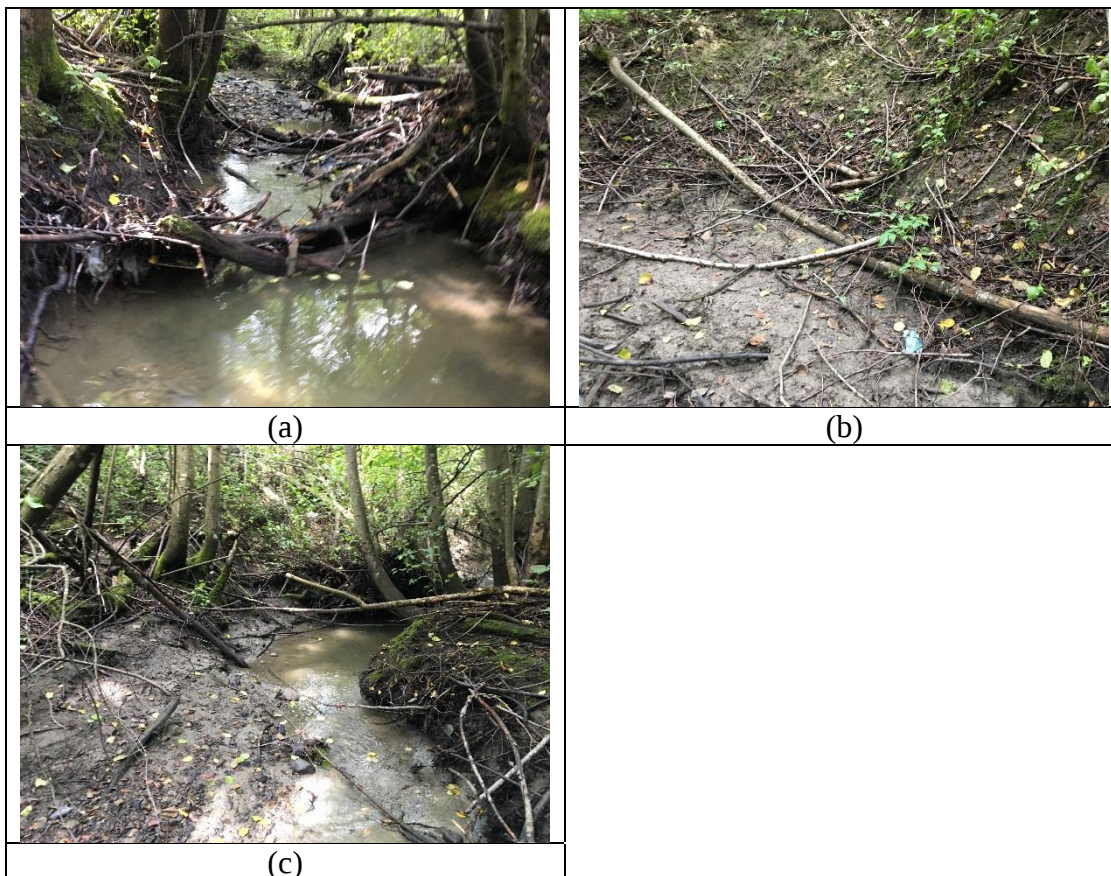
Sted 17 ligger i sidebekk til Vrangbekken fra sør, nær bekkemøtet med Vrangbekken. Sidebekken hadde lite vannstrømning ved befaringen, men leire er eksponert i bekkeleiet. Selv om det ikke var mye erosjon, var et relativt ferskt rotasjonsskred synlig, og stedet som helhet vurderes derfor til "aktiv erosjon".



Figur 17 Fotografier fra befaring, Sted 17: (a) leire eksponert i bekkeleiet og ganske mye vegetasjon i bekken, (b) lite rotasjonsskred.

C3.7 Sted 18

Sted 18 ligger nedstrøms bekkemøtet mellom Vrangbekken og sidebekk mot sør. Noe erosjon i leire, rotasjonsskred (bilde b) på høyre side av bekken (innenfor sone Vika).



Figur 18 Fotografier fra befaring, Sted 18: (a) vann demmet opp av røtter og kvist, (b) leire nederst i bildet er skredmasser fra en utglidning, (c) grått vann, erosjon i leire, bøyde trær.

C3.8 Sted 19

Sted 19 ligger i profil Stab. 2, nedenfor borpunkt 1005.

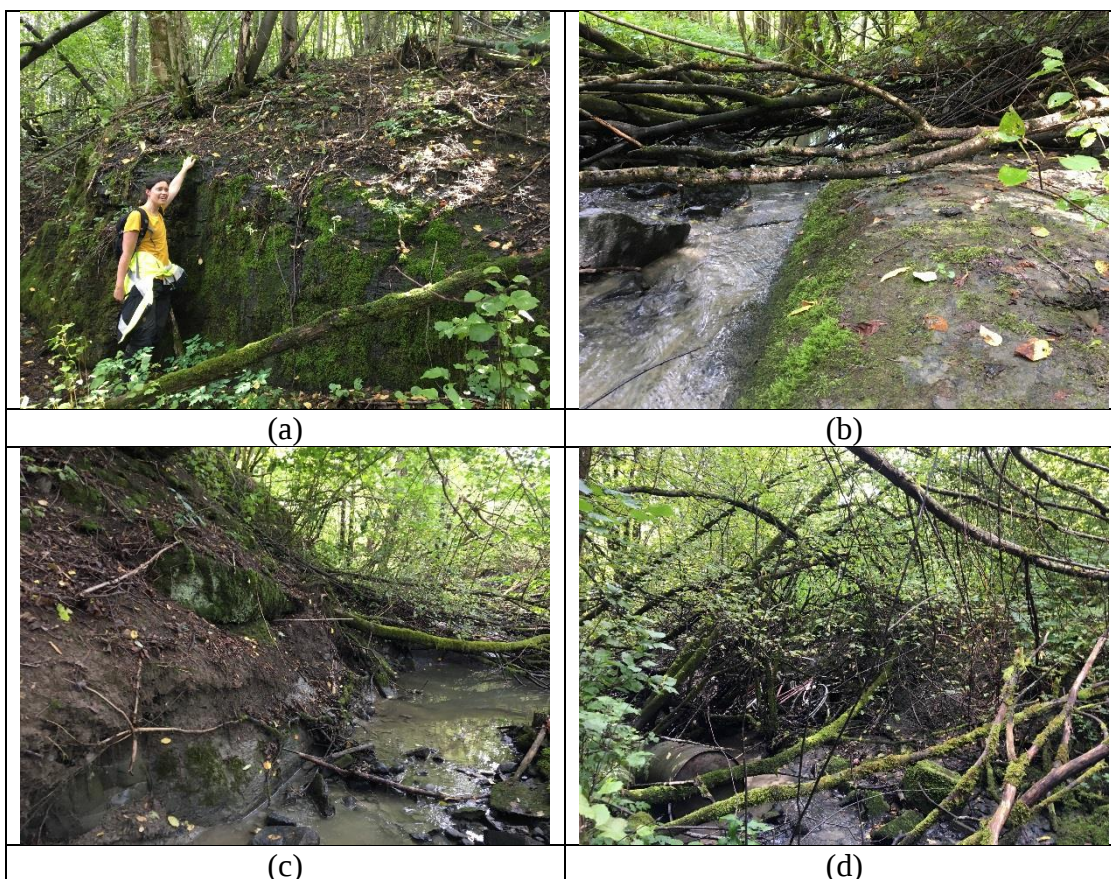
Lite vann i bekken og litt erosjon i leire. Mange nedfalte trær.



Figur 19 Fotografier fra befarings, Sted 19: (a) vann fra drenerør eroderer i leire, fersk utglidning, (b) mange nedfalte trær i bekken.

C3.9 Sted 20

Sted 20 ligger på høyre side av Vrangbekken, vis à vis borpunkt 2015.
Berg i dagen på søndre siden av bekken (innenfor sone Vika).

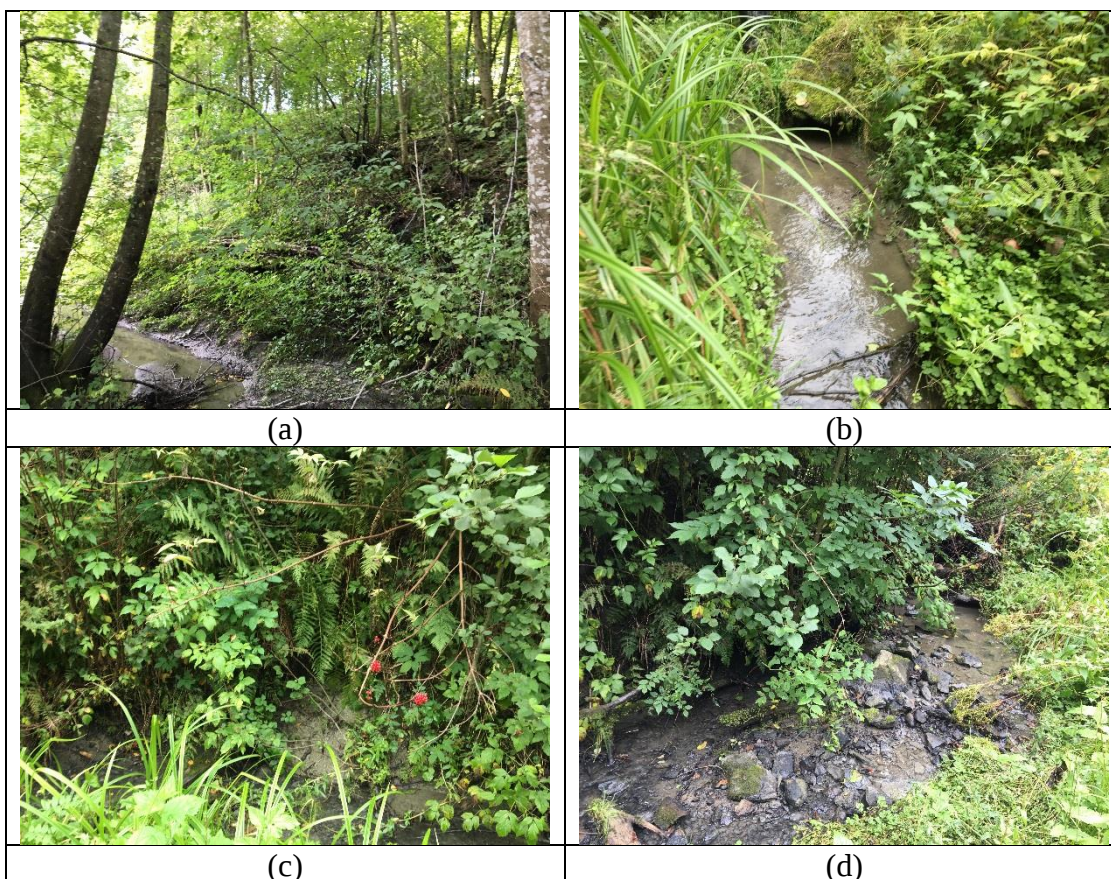


Figur 20 Fotografier fra befaring, Sted 20: (a), (b) og (c) berg i dagen, (d) mye søppel og kvist på nordre siden.

C3.10 Sted 21

Sted 21 ligger langs Vrangbekken, øst for borpunkt 2015.

Det pågår litt erosjon i leire. Det er lagt ut stein i bekken nedenfor Korvaldveien 69.

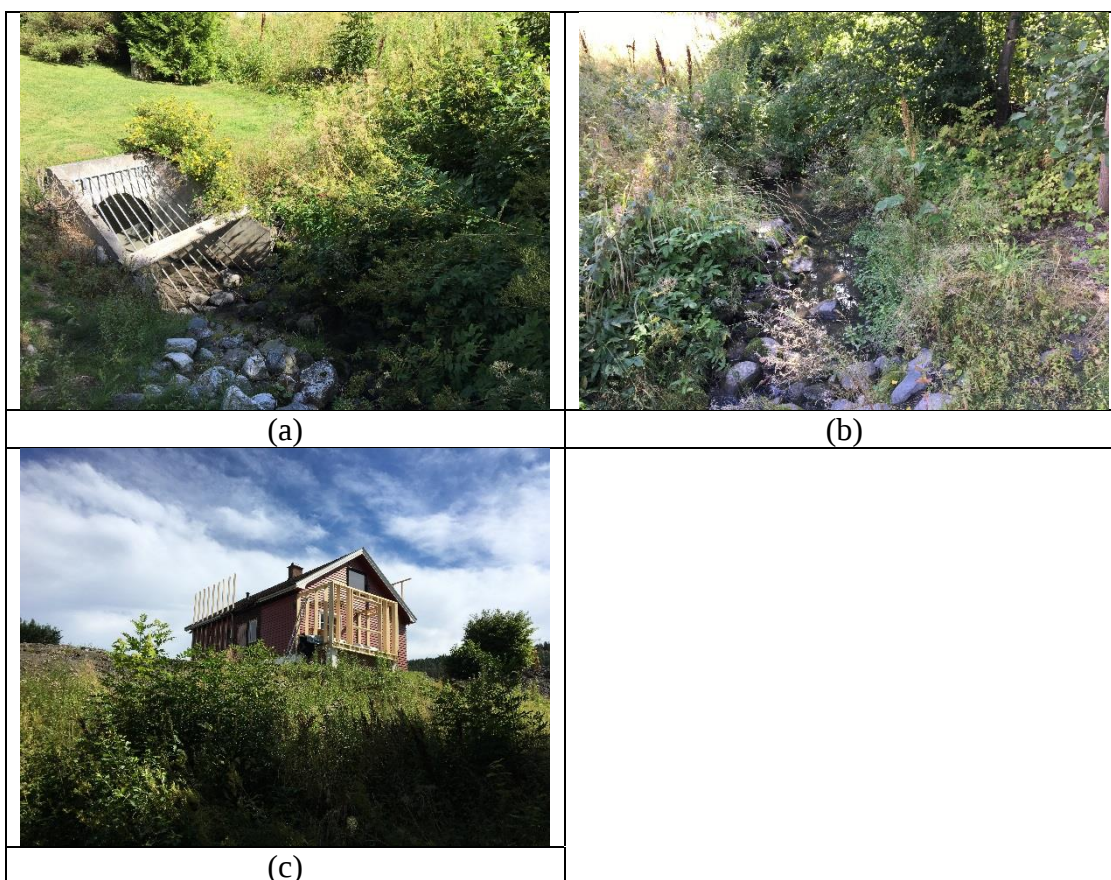


Figur 21 Fotografier fra befarings, Sted 21: (a) litt erosjon i svingen, (b) grått vann, bekken har gravd seg ned, (c) litt erosjon i leire, (d) stein i bekken (nedstrøms sted 21).

C3.11 Sted 22

Sted 22 ligger ved nedre soneavgrensning for Vika (reviderte soner), nedenfor Kringlaveien 8.

Innløp av kulvert for Vrangbekken (bekkelukking). Diameter av kulvert er ca. 1,2 m. Det er stein i bekk. Det er lagt ut en fylling (maks 1,5 m) på skråningstoppen ved Kringlaveien 8 i forbindelse med konstruksjon av tilbygget.



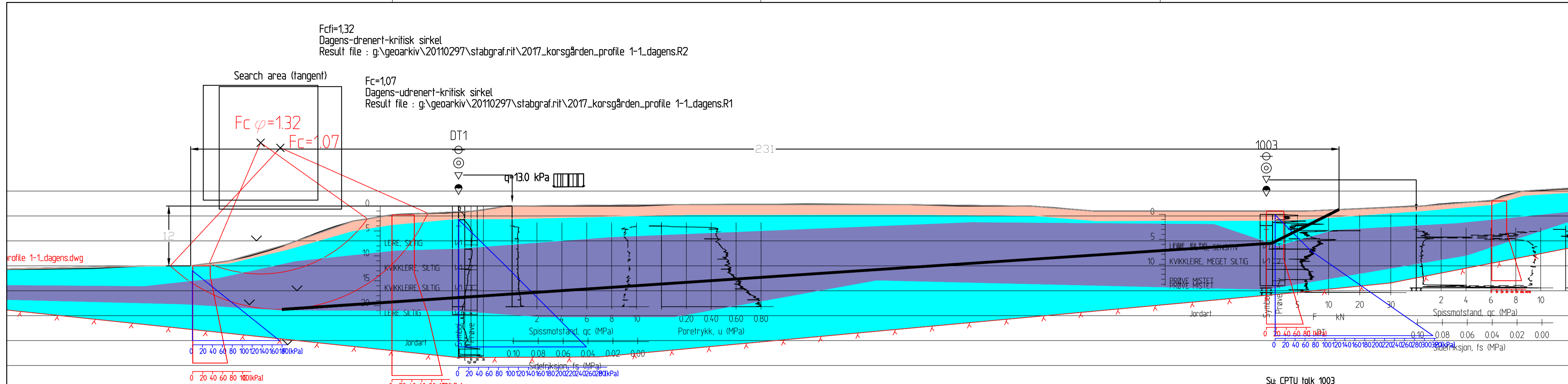
Figur 22 Fotografier fra befaring, Sted 22: (a) lukking av bekk, (b) stein i bekk, oppstrøms kulvert, (c) fylling på skråningstoppen.

Vedlegg D

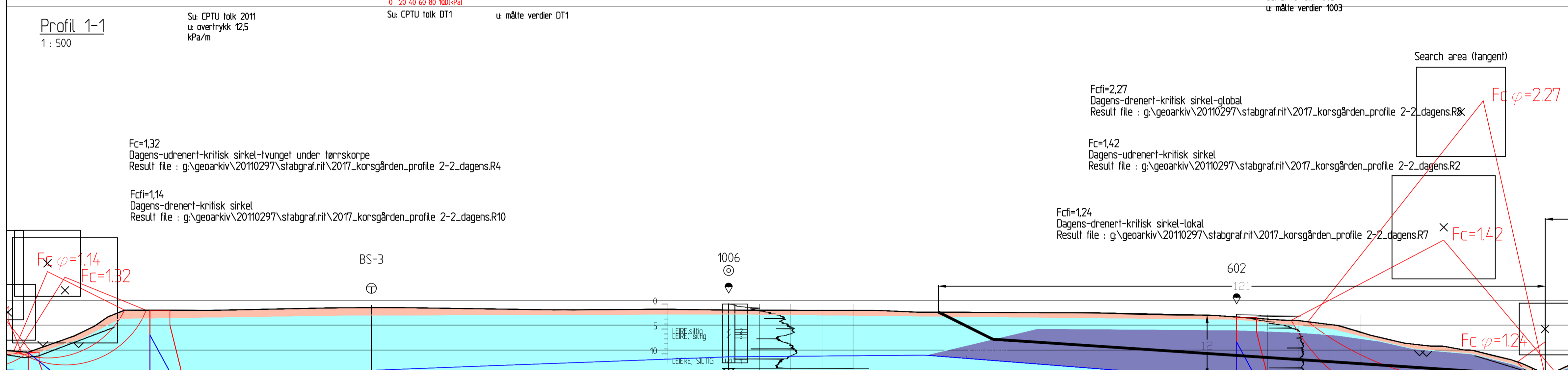
STABILITET DAGENS SITUASJON

Innhold

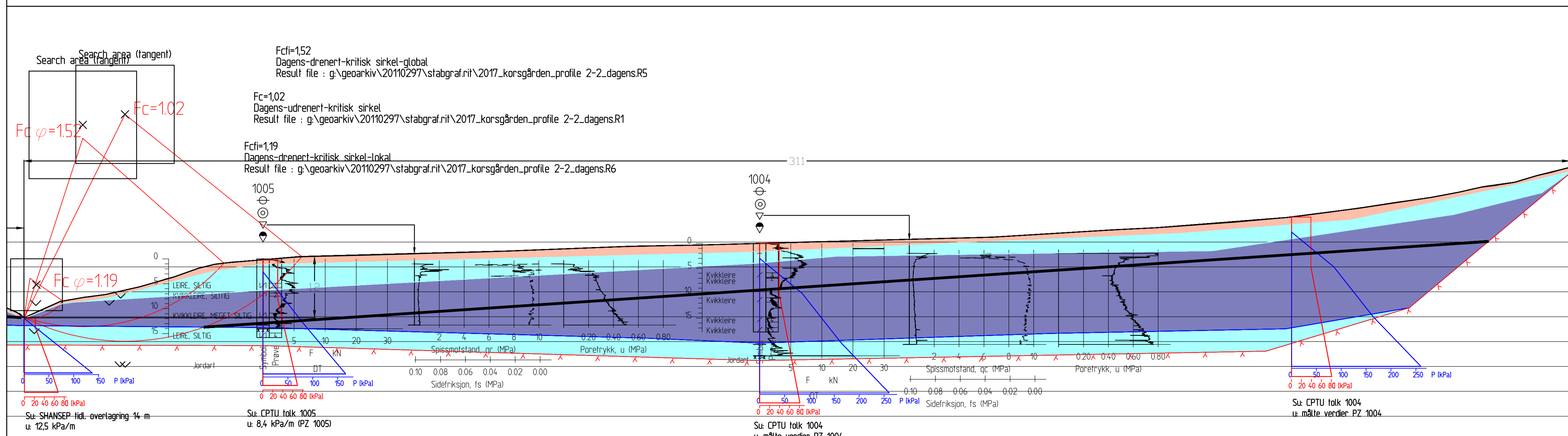
D1	Profil P1 og P2	2
D2	Profil P3, P4 og P5	3
D3	Profil P6	4



Profil 1-1
1 : 500



Profil 2-2 vest for Vrangbekken
1 : 500



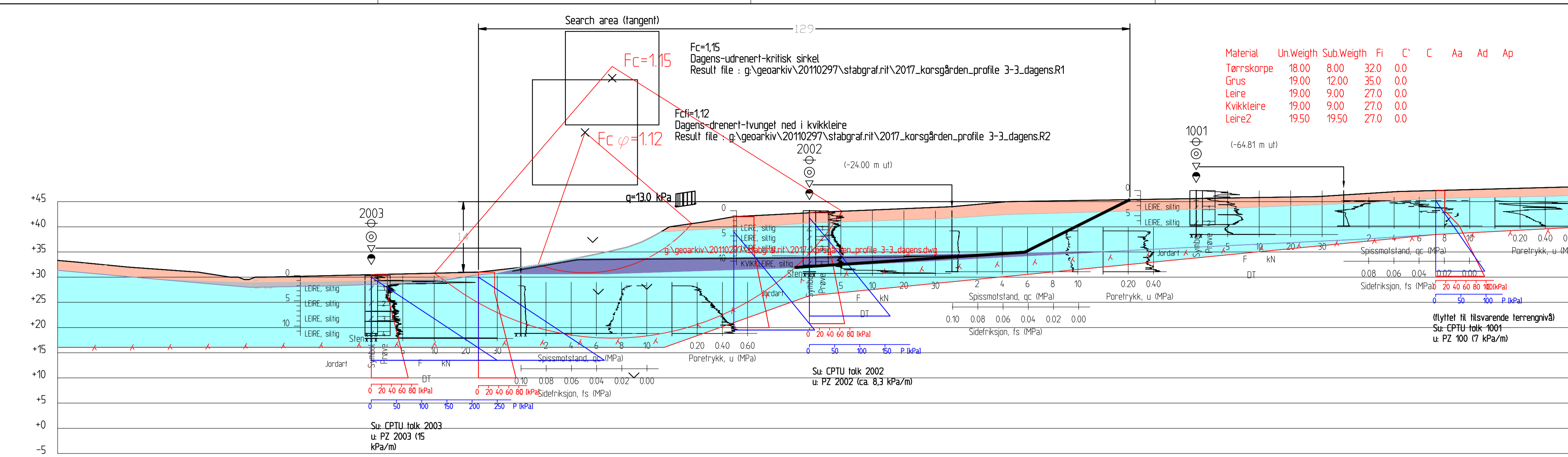
Profil 2-2 øst for Vrangbekken
1 : 500

- FORKLARINGER:**
- Dreiesondring
 - Enkel sondring
 - ▽ Trykksondring
 - ⊗ Fjellkontrollboring
 - ◆ Dreietrykksondring
 - ⊕ Totalsondring
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingebooring
 - ⊖ Poretrykksmåling
 - ⋈ Fjell i dagen
- | Boring avsluttet
 | Antall fjell, berg
 | Antall stein, blokk eller fast grunn
 | Boret i fjell

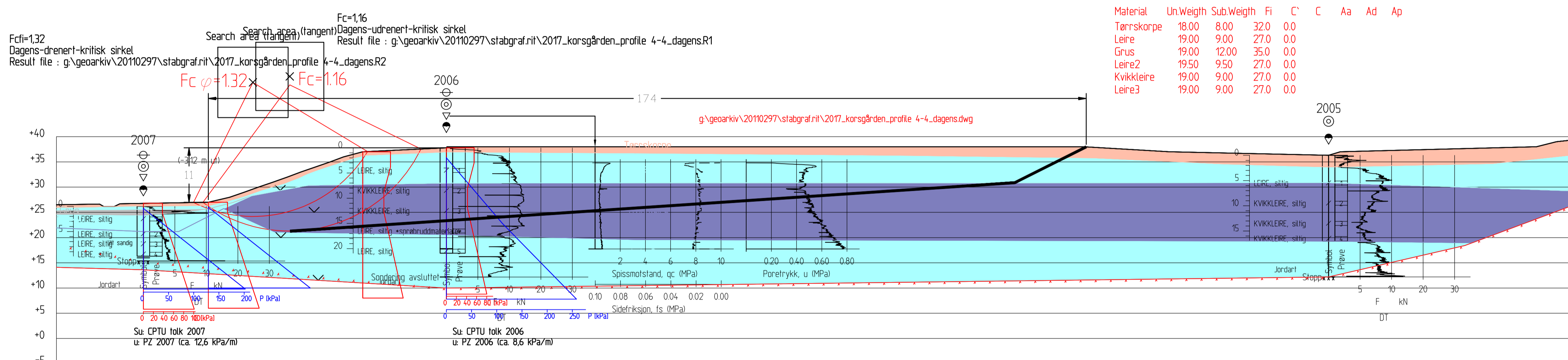
- HENVISNINGER:**
- Grunnundersøkelser:
 - Geostrøm AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
 - NGL (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
 - NGL (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
 - Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
 - Siving Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

Tegningsstille:	Tegningsskr:	Rev:
Stabilitetsprofiler: P1 og P2	Vedlegg D1	0

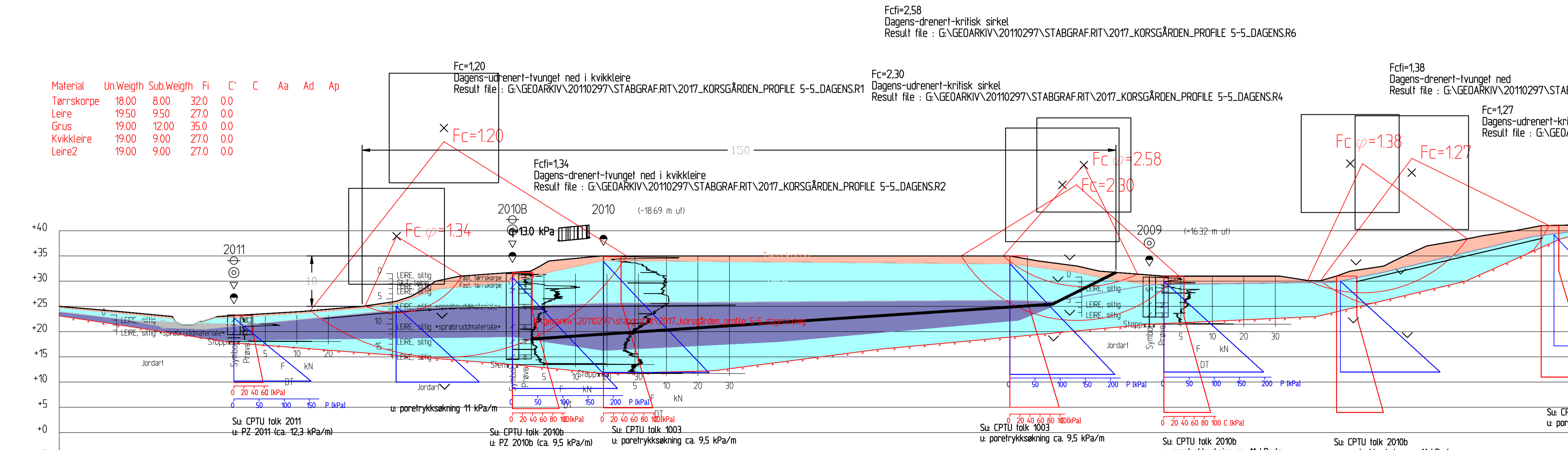
NVE Region Sør Kvikkleiresone Korsgården og Vika		Status: Original format A-1 Tegningens linje: Helsestak 1500		
Stabilitetsprofiler: P1 og P2 Lagdeling og stabilitetsberegninger		1500		
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato: 17.08.2017 Oppdragsnr: 20110297	Karstr./Tegnet: LaH Tegningsskr: Vedlegg D1	Kontrollert: OAH Godkjent: HHe	Rev: 0



Profil P3
1: 500



Profil P4
1: 500



Profil P5
1: 500

- FORKLARINGER:**
- Dreiesonering
 - Enkel sonering
 - ▽ Trykksone
 - ⊗ Fjellkontrollboring
 - ⊕ Dreietrykksone
 - ⊕ Totalsonering
 - ⊙ Prøveserie
 - Prøvegrop
 - + Vingeboring
 - ⊕ Poretrykksmåling
 - ⊕ Fjell i dagen
- ⊕ Boring avsluttet
- ⊕ Antatt fjell, berg
- ⊕ Antatt stein, blokk eller fast grunn
- ⊕ Boret i fjell

- HENVISNINGER:**
- Grunnundersøkelser:
- Geostrøm AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
 - NGL (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
 - NGL (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
 - Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
 - Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

Tegningstittel:	Tegningssnr:	Rev:
Stabilitetsprofiler: P3, P4 og P5	Vedlegg D2	-

NVE Region Sør
Kvikkleiresone Korsgården og Vika

Stabilitetsprofiler: P3, P4 og P5
Lagdeling og stabilitetsberegninger

1500

NGI

NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 17.08.2017	Konstr./Tegnet Lah	Kontrollert OAH	Godkjent HHe
20110297	Vedlegg D2	0		

FORKLARINGER:

- Dreiesonering
- Enkel sonering
- ▽ Trykksone
- ⊛ Fjellkontrollboring
- ⊖ Dreietrykksone
- ⊕ Totalsone
- ⊙ Prøveserie
- Prøvegrop
- + Vingebooring
- ⊖ Poretrykksmåling
- ⋈ Fjell i dagen

HENVISNINGER:

- Grunnundersøkelser:
- Geostrøm AS (2012): Rapport 619-1, 23.02.2012
 - NGL (1997): Rapport 920027-2, januar 1997
 - NGL (2007): Teknisk notat, prosjekt 20061711, 30.10.2007
 - Multiconsult (2006): Rapport 810692, 27.09.2006
 - Siving, Bjørn Strøm AS (2014): Rapport 1124/R1, 14.11.2014

PRESISERINGER:

- Grunnvannstanden ligger oppunder tørrskorpe langs hele profilet, foruten ved Veiabekken hvor det er i dagen. Poretrykkfordelingen er antatt hydrostatisk.
- Dette profilet baserer seg på profil P5, som ligger cirka 60 meter oppstrøms.

Tegningstittel: Stabilitetsprofiler: P6	Tegningsskisse: Vedlegg D3	Rev: -
--	-------------------------------	-----------

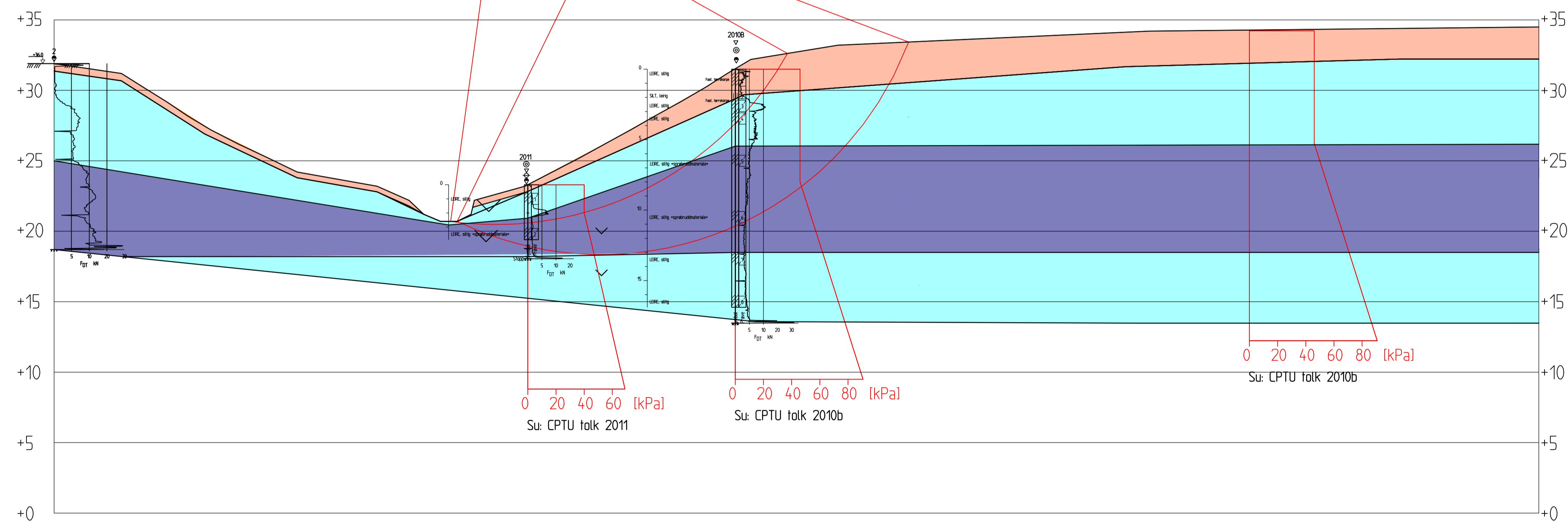
Rev. Beskrivelse NVE Region Sør Kvikkleiresone Korsgården og Vika Stabilitetsprofiler: P6 Lagdeling og stabilitetsberegninger	Status Original format A-1 Tegningens linjenum 1200			
NGL Sognsveien 72 - PO Box 3930 Lillevevl Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngl.no	Dato 07.02.2018 Oppdragsnr. 20110297	Karakt./Tegnet MMS Tegningsskisse Vedlegg D3	Kontrollert OAH Rev. 0	Godkjent HHe

Material	Un.Weigth	Sub.Weigth	Fi	C`	C	Aa	Ad	Ap
Tørrskorpe	18.00	8.00	32.0	0.0				
Leire	19.50	9.50	27.0	4.0				
Kvikkleire	19.00	9.00	27.0	4.0				
Leire2	19.00	9.00	27.0	4.0				

Search area (tangent)

$F_c \varphi = 0.86$

$F_c = 0.98$



Profil P6
1 : 500

g:\geoarkiv\20110297\stabgraf.rit\korsgården_profile_6-6_dagens_oppdatert_su.dwg

Vedlegg E

SONEKLASSIFISERING - FAREGRAD, SKADEKONSEKVENNS OG RISIKO

Innhold

E1	Innledning	2
E2	Vurdering av faregrad, Korsgården	3
E3	Vurdering av skadekonsekvens, Korsgården	4
E4	Vurdering av risiko, Korsgården	5
E5	Vurdering av faregrad, Vika	6
E6	Vurdering av skadekonsekvens, Vika	7
E7	Vurdering av risiko, Vika	8
E8	Referanser	9

E1 Innledning

Den opprinnelige faresonen Korsgården foreslås oppdelt i to mindre soner, hhv. Korsgården og Vika. I dette vedlegget klassifiseres de to sonene, dvs. sonene tildeles faregrads- og konsekvensklasse samt resulterende risiko. Klassifiseringen er utført iht. metodikk beskrevet i NGI (2003), og er basert på nye grunnundersøkellesdata. For referanser til grunnundersøkellesdata henvises det til rapportens hoveddel.

Tabell E1a - Foreløpig vurdering av faregrad.

Sonenavn:	Korsgården	Dato:	11-08-2017	Initialer:	LaH	
Faregrad		3	2	1	0	
Faktorer	Hva må sjekkes:	Score				Observasjon/beskrivelse
Tidligere skredaktivitet	Skredgroper i området. Kvartærgeologisk kart	Høy	Noe	Lav	Ingen	Ingen store kvikkleireskredgroper på kvartærgeologisk kart, men det finnes flere overflateglidninger (dokumentert under flommen i juli 2007). Stabilitetsprofil 1 sannsynligvis går gjennom en gammel skrederop.
Skråningshøyde, H	Høyde bunn til topp skråning	> 30 m	20-30 m	15-20 m	< 15 m	Høydeforskjell varierer mellom 11-15 m.
Forkonsolidering (OCR)	Vurder hvor mye høyere tidligere terrengnivå kan ha vært i fht dagens pga erosjon, skredaktivitet o.l.	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	CPTU tolk fra DT1 indikerer at det er noe overkonsolidering ned til ca. 13 m dybde, etter 13 m er det normal konsolidert. Overkonsolidert ned i ravinen.
Poreovertrykk i kritisk glideflate	Nærliggende fjell/høydedrag som mater sonen. Sjekk brønner/oppkommer	>30 kPa	10-30 kPa	0-10 kPa	Hydrostatisk	Skråningstoppen: ca. hydrostatisk I ravinen (Veia): overtrykk 12,5 kPa/m
Poreundertrykk i kritisk glideflate	Ravineskråninger i lagdelt grunn. Sjekk brønner/oppkommer.	> -50 kPa	-(20-50) kPa	-(0-20) kPa	Ingen	
Kvikkleiremektighet	Fra dreietrykksonderinger, samt vingebor og prøveserier	>H/2	H/4-H/2	<H/4	Tynt lag	Profil 1 (ved DT1). H= 12 m, kvikkleiremektighet = 12,5 m
Sensitivitet	Fra prøveserie. Dersom dette mangler er normal kvikkleiresensitivitet 30-100.	>100	30-100	20-30	<20	Prøver DT1: sensitivitet mellom 33 og 120 Prøver 2006: sensitivitet mellom 28 og 200
Erosjon	Sjekk erosjonsforhold i elveleier: sideveis, dybde, sedimentasjon, erosjonsbekyttelse, fjellterskler, glidninger...	Aktiv	Noe	Litt	Ingen	Befaring 10/08/2017, observert "litt" erosjon i mye av ravinen.
Forverrende inngrep	Bakkeplanering, utfyllinger, endring av hydrologiske forhold	Stort	Noe	Lite	Ingen	Korvaldveien ligger på skråningskanten i nordre del av sonen. Utfylling ved enkelte tomter.
Forbedrende inngrep	Bakkeplanering, bekkelukking, utfyllinger, endring av hydrologiske forhold	Stort	Noe	Lite	Ingen	Steinplastring og "stottevegg" nedenfor Korvaldveien 120 tyder på problemer med lokalstabilitet.

Definisjoner

Aktiv erosjon: Utløste skred (dyperegående rotasjoner). Lite/ingen naturlig erosjonssikring. Vannet grått

Noe erosjon: Utløste overflateglidninger ila siste årene. Lite/ingen naturlig erosjonssikring. Vannet grått.

Litt erosjon: Leire i elveleiet. Gradientforhold tilsier at erosjon kan oppstå. Lite/ingen naturlig erosjonssikring. Vannet klart eller noe misfarget

Ingen erosjon: Naturlig erosjonsbekyttelse i bunn sider av elveleiet, evt. terskler som medfører små gradientforhold. Vannet klart.

Stort inngrep: Topografiendring som medfører skråningshøyde økt eller redusert med mer enn 4 m. Skråningshelling økt eller redusert med 10-20%

Noe inngrep: Topografiendring som medfører skråningshøyde økt eller redusert med 2-4 m. Skråningshelling økt eller redusert med < 10 %

Lite inngrep: Topografiendring som medfører skråningshøyde økt eller redusert med < 2 m. Hydrologiske forhold: Fjerning av vegetasjon, grøfting, beplanting

Ingen inngrep: Kun små lokale endringer i terrenget - traktorveier, mindre planering i fbm spredt boligbebyggelse o.l.

Tabell E1b - Foreløpig vurdering av skadekonsekvens.

Sonenavn:	Korsgården	Dato:	11-08-2017	Initialer:	LaH	
Skadekonsekvens		3	2	1	0	
Faktorer	Hva må sjekkes:	Score				Observasjon/beskrivelse
Boligenheter, antall	Permanent opphold i sonen + utløpsområdet. 1 boligenhet = 1 familie	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen	Ca. 50 boligenheter.
Næringsbygg, personer	Midlertidig opphold. Industri, næring, kontorer, skoler, offentlige bygg	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	2 frisørsalonger
Annen bebyggelse, verdi	Bygg der det normalt ikke oppholder seg mennesker.	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	
Vei, ÅDT	Kfr. SVV trafikkregister	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100	Ikke tilgjengelig for Korvaldveien. Antatt 100-1000.
Toglinje, baneprioritet	Kfr. JBV baneprioritet	1-2	3-4		5 Ingen	
Kraftnett	Kfr. Statkrafts nettklasser	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	
Oppdemming/flom	Tilstrekkelig volum skredmasser, tilstrekkelig sensitive skredmasser, mulig volum på oppdemming, lett eroderbare masser, bebyggelse i kritiske områder	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Ca. 5 m tørrskorpe/ikke sensitiv leire over kvikkleire, dermed kan Veia demmes opp, med store volumer av skredmasser. Kun liten vannføring i Veia (bekk). Hvis skred utløses og Veia demmes opp, er det sannsynligvis tid til å foreta tiltak for å senke kronehøyden på demningen. Evt. flombølge kan ramme store områder nedstrøms i Mjøndalen. Vannmengden vil antakelig ikke kunne passere under Nedbergkollveien, men stopper mot veien og tar så en annen vei inn i boligområdene/bebygde områder. Brudd med store vannmengder vurderes imidlertid lite sannsynlig, ut fra at bekken vanligvis har liten vannføring, hvilket gir tid til avbøtende tiltak for å forhindre dambrudd.

Definisjoner

Alvorlig: Oppdemming/flodbølge kan oversvømme områder med mer enn 5 boligenheter eller skole/barnehage
Middels: Oppdemming/flodbølge kan oversvømme områder med mindre enn 5 boligenheter eller industriområde
Liten: Oppdemming/flodbølge kan oversvømme områder med vei, jernbane eller kraftnett.
Ingen: Oppdemming/flodbølge kan bare oversvømme områder uten bebyggelse og infrastruktur

Tabell E1c - vurdering av risikoklasse.

Sonenavn: *Korsgården*
 Sonenr: 486

Faregradsevaluering

Faktorer	Vektall	Beskrivelse	Score	Produkt
Tidligere skredaktivitet	1	Noe	2	2
Skråningshøyde, meter	2	< 15 m	0	0
OCR	2	1,2-1,5	2	4
Poreovertrykk	3	0-10 kPa	1	3
Poreundertrykk	-3	Ingen	0	0
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	3	6
Sensitivitet	1	>100	3	3
Erosjon	3	Litt	1	3
Inngrep, forverring	3	Lite	1	3
Inngrep, forbedring	-3	Ingen	0	0

Sum poeng 24 av maks. oppnåelig 51 poeng

Faregradsklasse: Middels 47 % av maksimal poengsum

Konsekvens

Faktorer	Vektall		Score	Produkt
Boligheter, antall	4	Tett > 5	3	12
Næringsbygg, personer	3	< 10	1	3
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	100-1000	1	2
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen	0	0
Kraftnett	1	Regional	2	2
Oppdemming/flom	2	Middels	2	4

Sum poeng 23 av maks. oppnåelig 45 poeng

Skadekonsekvensklasse: Meget alvorlig 51 % av maksimal poengsum

Risiko = fare% x konsekvens%: 2405

Risikoklasse: 4

Tabell E2a - Foreløpig vurdering av faregrad.

Sonenavn:	Vika	Dato:	11-08-2017	Initialer:	LaH	
Faregrad poeng		3	2	1	0	
Faktorer	Hva må sjekkes:	Score				Observasjon/beskrivelse
Tidligere skredaktivitet	Skredgroper i området. Kvartærgeologisk kart	Høy	Noe	Lav	Ingen	Ingen store kvikkleireskredgroper på kvartærgeologisk kart, men observerte skredgroper under befaringen (10.08.17).
Skråningshøyde, H	Høyde bunn til topp skråning	> 30 m	20-30 m	15-20 m	< 15 m	Høydeforskjell varierer mellom 20-29 m.
Forkonsolidering (OCR)	Vurder hvor mye høyere tidligere terrengnivå kan ha vært i fht dagens pga erosjon, skredaktivitet o.l.	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	CPTU tolk fra 1005 indikerer at det er ca. normal konsolidert. Antatt overkonsolidert ned i ravinen.
Poreovertrykk i kritisk glideflate	Nærliggende fjell/høydedrag som mater sonen. Sjekk brønner/oppkommer	>30 kPa	10-30 kPa	0-10 kPa	Hydrostatisk	Skråningstoppen: litt under hydrostatisk I ravinen (Vrangbekken): antatt overtrykk
Poreundertrykk i kritisk glideflate	Ravineskråninger i lagdelt grunn. Sjekk brønner/oppkommer.	> -50 kPa	-(20-50) kPa	-(0-20) kPa	Ingen	
Kvikkleiremektighet	Fra dreietrykksonderinger, samt vingebor og prøveserier	>H/2	H/4-H/2	<H/4	Tynt lag	Profil 2 (ved 1005). H= 12 m, kvikkleiremektighet = 7,3 m
Sensitivitet	Fra prøveserie. Dersom dette mangler er normal kvikkleiresensitivitet 30-100.	>100	30-100	20-30	<20	Prøver 1005: sensitivitet mellom 60 og 120 Prøver 1004: sensitivitet mellom 28 og 80
Erosjon	Sjekk erosjonsforhold i elveleier: sideveis, dybde, sedimentasjon, erosjonsbetyttelse, fjellterskler, glidninger...	Aktiv	Noe	Litt	Ingen	Under befaringen (10.08.2017) ble det observert både overflateglidninger og noen rotasjonskred.
Forverrende inngrep	Bakkeplanering, utfyllinger, endring av hydrologiske forhold	Stort	Noe	Lite	Ingen	Jorde sør for Vrangbekken.
Forbedrende inngrep	Bakkeplanering, bekkelukking, utfyllinger, endring av hydrologiske forhold	Stort	Noe	Lite	Ingen	
Definisjoner						
Aktiv erosjon: Utløste skred (dyperegående rotasjoner). Lite/ingen naturlig erosjonssikring. Vannet grått						
Noe erosjon: Utløste overflateglidninger ila siste årene. Lite/ingen naturlig erosjonssikring. Vannet grått.						
Litt erosjon: Leire i elveleiet. Gradientforhold tilsier at erosjon kan oppstå. Lite/ingen naturlig erosjonssikring. Vannet klart eller noe misfarget						
Ingen erosjon: Naturlig erosjonsbetyttelse i bunn sider av elveleiet, evt. terskler som medfører små gradientforhold. Vannet klart.						
Stort inngrep: Topografiendring som medfører skråningshøyde økt eller redusert med mer enn 4 m. Skråningshelling økt eller redusert med 10-20%						
Noe inngrep: Topografiendring som medfører skråningshøyde økt eller redusert med 2-4 m. Skråningshelling økt eller redusert med < 10 %						
Lite inngrep: Topografiendring som medfører skråningshøyde økt eller redusert med < 2 m. Hydrologiske forhold: Fjerning av vegetasjon, grøfting, beplanting						
Ingen inngrep: Kun små lokale endringer i terrenget - traktorveier, mindre planering i fbm spredt boligbebyggelse o.l.						

Tabell E2b - Foreløpig vurdering av skadekonsekvens.

Sonenavn:	Vika	Dato:	11-08-2017	Initialer:	LaH	
Skadekonsekvens poeng		3	2	1	0	
Faktorer	Hva må sjekkes:	Score				Observasjon/beskrivelse
Boligenheter, antall	Permanent opphold i sonen + utløpsområdet. 1 boligenhet = 1 familie	Tett > 5	Spredd > 5	Spredd < 5	Ingen	Ca. 13 boligenheter i løseområdet. Et bofellesskap (NAV) og ca. 40 boligenheter i utløpsområdet.
Næringsbygg, personer	Midlertidig opphold. Industri, næring, kontorer, skoler, offentlige bygg	> 50	10 - 50	< 10	Ingen	Gård og bofellesskap.
Annen bebyggelse, verdi	Bygg der det normalt ikke oppholder seg mennesker.	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen	
Vei, ÅDT	Kfr. SVV trafikkregister	> 5000	1001-5000	100-1000	< 100	Kun adkomstveier til boligenheter.
Toglinje, baneprioritet	Kfr. JBV baneprioritet	1-2	3-4	5	Ingen	
Kraftnett	Kfr. Statkrafts nettklasser	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal	
Oppdemming/flom	Tilstrekkelig volum skredmasser, tilstrekkelig sensitive skredmasser, mulig volum på oppdemming, lett eroderbare masser, bebyggelse i kritiske områder	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen	Ca. 5 m tørrskorpe/ikke sensitiv leire over kvikkleire, dermed kan Vrangbekken demmes opp, med stort volum av skredmasser. Vanligvis er vannføringen i Vrangbekken liten. Hvis skred utløses og ravinen demmes opp i øvre del av sonen, kan noen boligenheter oppstrøms oversvømmes. Bekken går i rør/kulvert under boligområdet, slik at det kan ikke bygges opp noe stort vannmagasin bak en evt. oppdemning i øvre del av sonen (flodbølge ikke sannsynlig). I nedre del av sonen går bekken inn i ny kulvert. Hvis kulverten demmes opp her, kan et større boligområde oversvømmes (også utløpsområde for kvikkleireskred). Pga liten normal vannføring antas det likevel å være tid til avbøtende tiltak for å forhindre et større dambrudd.

Definisjoner

Alvorlig: Oppdemming/flodbølge kan oversvømme områder med mer enn 5 boligenheter eller skole/barnehage

Middels: Oppdemming/flodbølge kan oversvømme områder med mindre enn 5 boligenheter eller industriområde

Liten: Oppdemming/flodbølge kan oversvømme områder med vei, jernbane eller kraftnett.

Ingen: Oppdemming/flodbølge kan bare oversvømme områder uten bebyggelse og infrastruktur

Tabell E2c - Foreløpig vurdering av risikoklasse.

Sonenavn: *Vika*
 Sonenr: 2038

Faregradsevaluering

Faktorer	Vektall	Beskrivelse	Score	Produkt
Tidligere skredaktivitet	1	Lav	1	1
Skråningshøyde, meter	2	20-30 m	2	4
OCR	2	1,0-1,2	3	6
Poreovertrykk	3	0-10 kPa	1	3
Poreundertrykk	-3	Ingen	0	0
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	3	6
Sensitivitet	1	30-100	2	2
Erosjon	3	Noe	2	6
Inngrep, forverring	3	Ingen	0	0
Inngrep, forbedring	-3	Ingen	0	0

Sum poeng 28 av maks. oppnåelig 51 poeng

Faregradsklasse: Høy 55 % av maksimal poengsum

Konsekvens

Faktorer	Vektall	Beskrivelse	Score	Produkt
Boligenheter, antall	4	Tett > 5	3	12
Næringsbygg, personer	3	< 10	1	3
Annen bebyggelse, verdi	1	Ingen	0	0
Vei, ÅDT	2	< 100	0	0
Toglinje, baneprioritet	2	Ingen	0	0
Kraftnett	1	Regional	2	2
Oppdemming/flom	2	Middels	2	4

Sum poeng 21 av maks. oppnåelig 45 poeng

Skadekonsekvensklasse: Alvorlig 47 % av maksimal poengsum

Risiko = fare% x konsekvens%: 2562

Risikoklasse: 4

E8 Referanser

NGI (2001). Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport nr. 20001008-2, datert 31. august 2001. Rev. 3, datert 8. oktober 2008.

Vedlegg F

GRUNNUNDERSØKELSER UTFØRT AV
GEOSTRØM I 2018

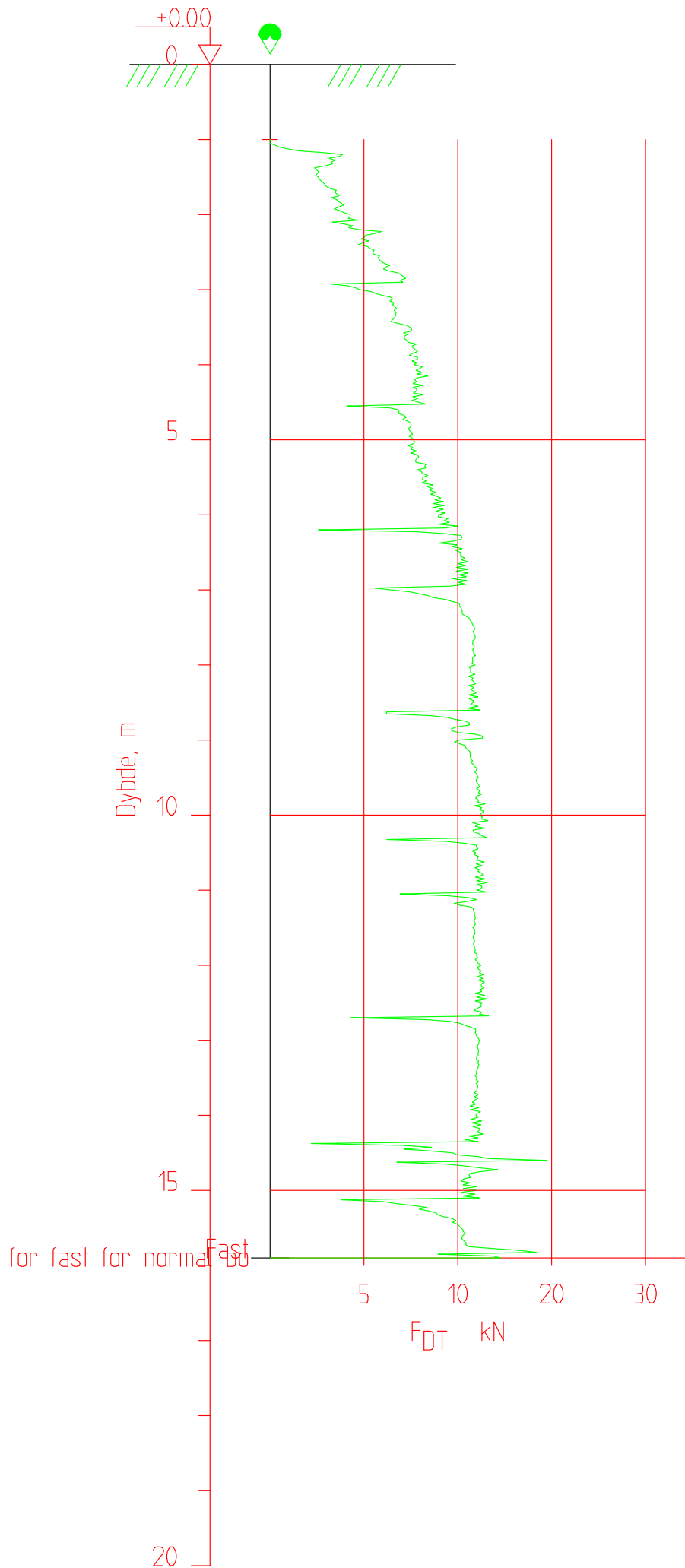
Innhold

F1	Innledning	2
F2	Dreietrykksondering, borpunkt 3001	3
F3	Rutineundersøkelser, borpunkt 3001	4
F4	Rutineundersøkelser, borpunkt 1009	5
F5	Rutineundersøkelser, borpunkt 1010	6

F1 Innledning

NGI har mottatt resultater fra supplerende grunnundersøkelser utført av Geostrøm i 2018. Resultatene er sendt over per mail med informasjon om plassering, rådata fra boringer og resultater fra lab.

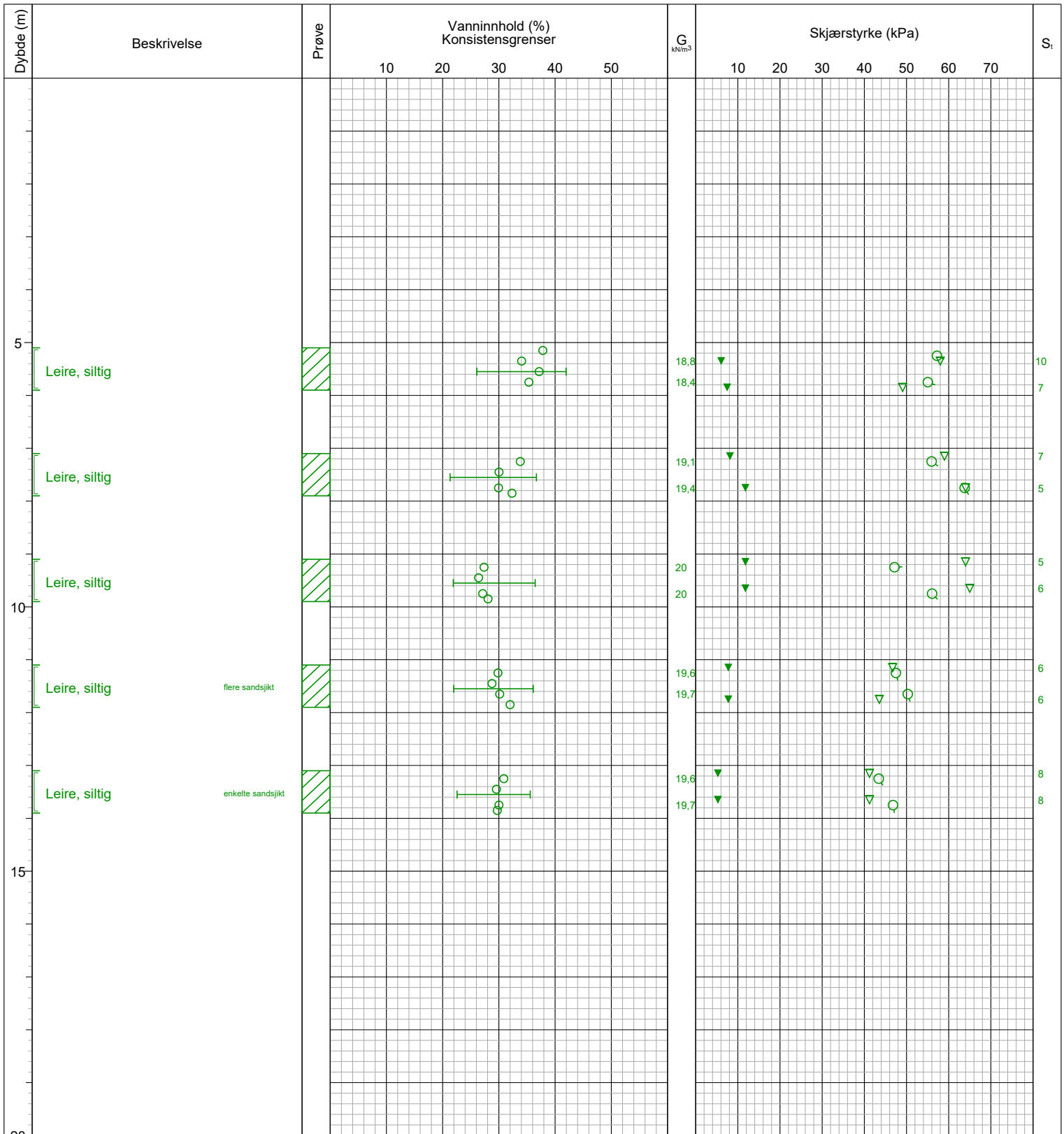
Da det ikke er oversendt en datarapport så vedlegges resultatene i dette vedlegget. Plassering av borpunkt fremkommer av tegning 010 der supplerende boringer ligger like nord for profil 5 og 6.



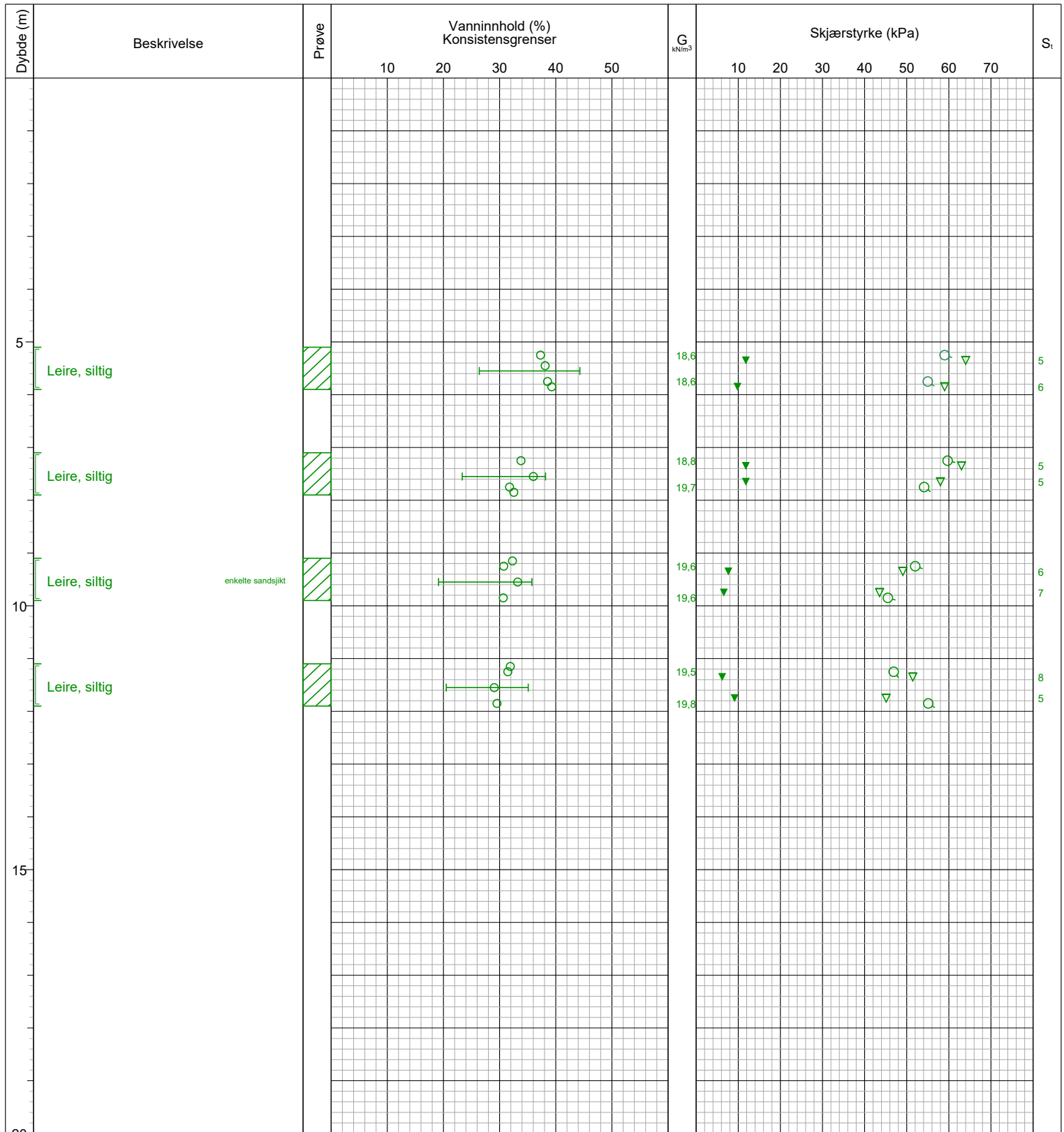
Dybde (m)	Beskrivelse	Prøve	Vanninnhold (%) Konsistensgrenser					G kNm ³	Skjærstyrke (kPa)							S _v	
			10	20	30	40	50		10	20	30	40	50	60	70		
5	Leire, siltig							19									4
								18,8									5
	Leire, siltig							18,6									6
								18,8									7
10	Leire, siltig							19,9									5
	et par finsandsjikt							19,6									4
	Leire, siltig							20,4									8
	mange sandlag og sjikt																

VANNINNHold/ KONSISTENSGRENSER	KONUS, OMRØRT	ØDOMETERFORSØK	LEIRE SILT SAND GRUS Fyllmasser ORGANISK SKJELL	
TRYKKFORSØK/ BRUDEFORMASJON	TREAKS, AKTIV	Kornfordeling		
KONUS, UFORSTYRRET	TREAKS, PASSIV	SENSITIVITET		

PRØVESERIE	Hull	3001	Grv.st	Opptak
	Terrang		X-koord	Y-koord
KORSGÅRDEN	Proj.nr.	1124	Lab	Kontr
	Dato	26.05.18 15:43	TEGN NR.	
			ms	



VANNINNHold/ KONSISTENSGRENSER	KONUS, OMRØRT	ØDOMETERFORSØK	LEIRE	SILT	SAND	GRUS	FYLLMASSER	ORGANISK	SKJELL			
TRYKKFORSØK/ BRUDEFORMASJON	TREAKS, AKTIV	/K KORNFORDELING										
KONUS, UFORSTYRRET	TREAKS, PASSIV	S _v SENSITIVITET										
PRØVESERIE			Hull	1009			Grv.st					Opptak
KORSGÅRDEN			Terrang				X-koord					Y-koord
			Prosj.nr.	1124			Lab	ms			Kontr	
			Dato	27.05.18 15:08			TEGN NR.					

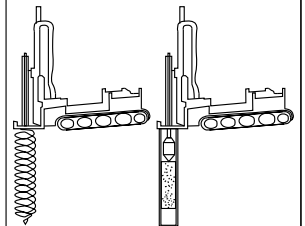


VANNINNHold/
KONSISTENSGRENSER

KONUS, OMRØRT

ØDOMETERFORSØK

- LEIRE
- SILT
- SAND
- GRUS
- FYLLMASSER
- ORGANISK
- SKJELL



TRYKKFORSØK/
BRUDEFORMASJON

TREAKS, AKTIV

KORNFORDELING

KONUS, UFORSTYRRET

TREAKS, PASSIV

SENSITIVITET

PRØVESERIE

Hull 1010

Grv.st

Opptak

KORSGÅRDEN

Terrang

X-koord

Y-koord

Proj.nr. 1124

Lab MS

Kontr

Dato

TEGN NR.

25.05.18 13:40

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Stabilitetsvurderinger og geotekniske vurderinger		Dokumentnr./Document no. 20110297-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Region Sør	Dato/Date 2019-07-08
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Kvikkleire, faregrad, kvikkleiresone, geoteknisk utredning, ERT, DRT, CPTU, TOT, grunnundersøkelser		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Buskerud	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Nedre Eiker	Felt navn/Field name
Sted/Location Korsgården	Sted/Location
Kartblad/Map 033S	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: 555928 Nord: 6623136	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns- kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter- disciplinary review by:
0	Originaldokument	2019-07-05 Håkon Heyerdahl Marius M. Søvik	2019-07-05 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 8. juli 2019	Prosjektleder/Project Manager Håkon Heyerdahl
--	----------------------------------	---

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

