



RAPPORT

# Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden

VURDERING AV SKREDFARE ETTER  
GRUNNUNDERSØKELSER 2019, TROLLTANGEN  
OG SOLHEIM, HALDEN

DOK.NR. 20170438-04-R  
REV.NR. 0 / 2019-06-28

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: Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden  
Dokumenttittel: Vurdering av skredfare etter grunnundersøkelser 2019, Trolltangen og Solheim, Halden  
Dokumentnr.: 20170438-04-R  
Dato: 2019-06-28  
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Halden kommune  
Kontaktperson: Asle Berg  
Kontraktreferanse: Endringsordre signert 11.12.2018

## for NGI

Prosjektleder: Kristine H. H. Ekseth  
Utarbeidet av: Kristine H. H. Ekseth  
Kontrollert av: Håkon Heyerdahl

## Sammendrag

NGI har på vegne av Halden kommune utført en fase 2 med grunnundersøkelser, og med bakgrunn i disse gjort videre stabilitetsberegninger for Trolltangen barnehage og Solheimområdet.

Beregningene viser dels profiler med tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet, dels profiler med ikke tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet. Ved boligfeltet på Solheim er det foreslått en kvikkleiresone. Denne har fått risikoklasse 3 ifølge NVE-veileder 7-2014.

Sikringstiltak i begge områdene vurderes å være vanskelig å få til grunnet naturreservat ved Trolltangen og plassmangel i Solheimområdet. For begge lokalitetene vurderes det som nødvendig med erosjonssikring i bekker/raviner og tiltak knyttet til overvann.



## Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Grunnforhold</b>	<b>7</b>
2.1	Trolltangen, lagdeling og forekomst av kvikkleire	7
2.2	Solheim, lagdeling og forekomst av kvikkleire	8
<b>3</b>	<b>Stabilitetsvurderinger</b>	<b>9</b>
3.1	Sikkerhetskrav	9
3.2	Trolltangen barnehage	9
3.3	Solheim tomtefelt	12
<b>4</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>15</b>
4.1	Sikkerhetskrav	15
4.2	Trolltangen barnehage	16
4.3	Solheim tomtefelt	17
<b>5</b>	<b>Konklusjon og sammendrag</b>	<b>19</b>
5.1	Trolltangen	19
5.2	Solheim	19
<b>6</b>	<b>Referanser</b>	<b>21</b>

## Tegning

Tegning nr. 010	Drenert analyse A-A'
Tegning nr. 011	Udrenert analyse A-A'
Tegning nr. 020	Drenert analyse C-C'
Tegning nr. 021	Udrenert analyse C-C'
Tegning nr. 022	Drenert analyse B-B'
Tegning nr. 023	Udrenert analyse B-B'
Tegning nr. 024	Drenert analyse D-D'
Tegning nr. 025	Udrenert analyse D-D'
Tegning nr. 026	Drenert analyse E-E'
Tegning nr. 027	Udrenert analyse E-E'
Tegning nr. 028	Drenert analyse F-F'
Tegning nr. 029	Udrenert analyse F-F'
Tegning nr. 030	Drenert analyse G-G'
Tegning nr. 031	Udrenert analyse G-G'

## Vedlegg

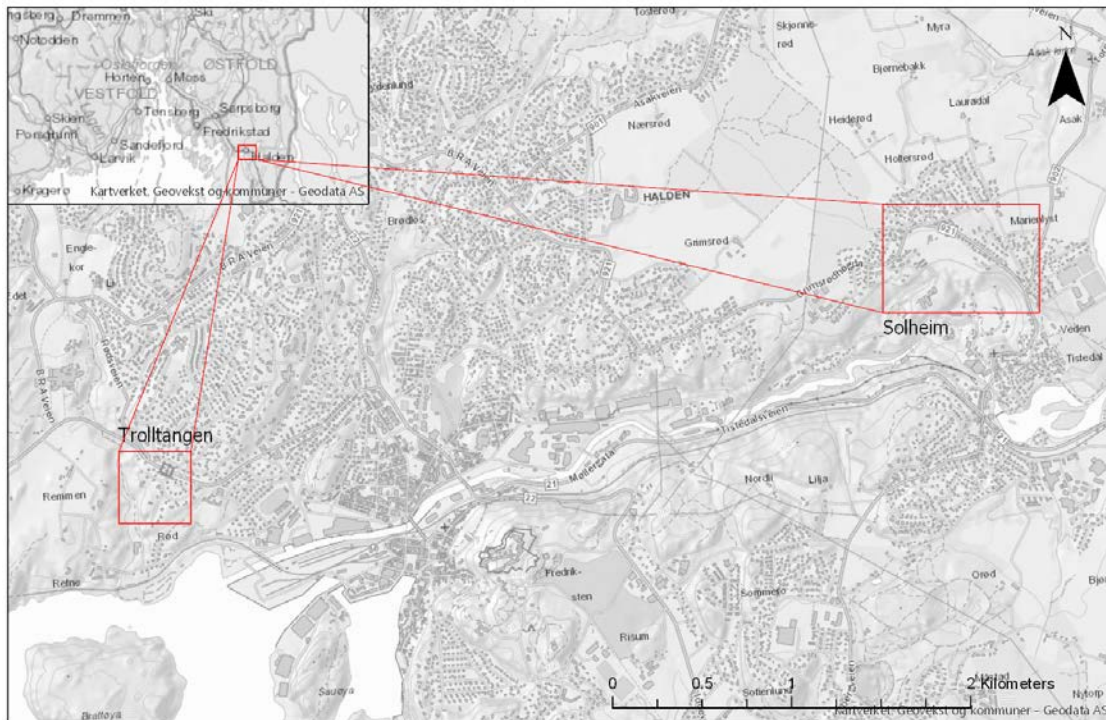
Vedlegg A	CPTU-tolkninger
Vedlegg B	Kvikkleiresone faktaark

## Kontroll- og referanseside

# 1 Innledning

NGI har på vegne av Halden kommune utført supplerende grunnundersøkelser og gjort en ny vurdering av stabilitetsforholdene ved Solheim boligfelt og på Trolltangen ved Remmenbekken (se Figur 1 for kart). Hensikten er å vurdere om noen av områdene er skredfarlige, samt oppdatere tidligere vurderinger med resultatene fra de supplerende grunnundersøkelsene. For tidligere vurderingsrapport, se NGI-rapport 20170438-02-R (NGI, 2018b).

Historisk er det kjent at det har forekommet utglidninger i skråningene både i Remmendalen ved Trolltangen og i de bratte skråningene øst/sørøst for Solheim. Det er ikke kjent at det har forekommet kvikkleireskred i området, tidligere skred antas å ha vært hovedsakelig overflateutglidninger i silt, sand og leire.



Figur 1 Oversiktskart. Beliggenhet av studieområdene ved Solheim og Trolltangen i Halden. Kartrunnlag fra [www.statkart.no](http://www.statkart.no)

## 2 Grunnforhold

En oppsummering av kartlagte/tolkede grunnforhold gis nedenfor. Tidligere utførte grunnundersøkelser finnes i NGI-rapport 20170438-01-R (NGI, 2018a). Datarapport for siste runde med grunnundersøkelser, NGI-rapport 20170438-03-R, er under utarbeidelse.

### 2.1 Trolltangen, lagdeling og forekomst av kvikkleire

De supplerende grunnundersøkelsene på Trolltangen, utført i februar 2019, er oppsummert i Tabell 1 under.

Tabell 1 Supplerende grunnundersøkelser på Trolltangen, utført februar 2019

Bor-punkt	Terreng-nivå	Sondert dybde i løsmasser	Fast grunn/antatt berg	Metode				Kvikkleire/sprøbrudds-materiale
				Tot	CPTu	PZ	PR	
Nr.	Kote	m	Kote					-
108	33,2	Utgikk <sup>3</sup>						
109	39,7	Utgikk <sup>3</sup>						
110	40,9	8,4	32,5	X			X	Nei <sup>2</sup>
111	31,1	1,9	29,2	X				Nei <sup>1</sup>

- 1) Tolkning kun basert på sonderingsdata
- 2) Tolkning bekreftet ved prøvetaking/laboratorieundersøkelser
- 3) Pga. vanskelig adkomst

Totalsonderingene (NGI, 2019) indikerer i borpunkt 110 vekslende lag av silt/finsand og leire til berg på ca. kote + 32,5, mens det i borpunkt 111 er ca. 2 m leire/silt over berg, som påtreffes på ca. kote + 29,2. Laboratorieundersøkelsene på prøvertatt opp i punkt 110 viser at det er leire i dybde 4-5 og 6-7 m. Høyeste målte sensitivitet,  $S_v$ , er 6, i ca. 4,8 m dybde. Grunnvannstand i borpunkt 12 er antatt å være ca. 5 m over antatt berg, men det er stor variasjon i målingene over året måleren har stått.

Borpunkt 108 og 109 utgikk pga. svært vanskelig tilkomst for rigg.

## 2.2 Solheim, lagdeling og forekomst av kvikkleire

De supplerende grunnundersøkelsene utført i februar 2019 er oppsummert i Tabell 2 (datarapport er under utarbeidelse).

Tabell 2 Supplerende grunnundersøkelser på Solheim, utført februar 2019.

Bor-punkt	Terreng-nivå	Sondert dybde i løsmasser	Fast grunn/antatt berg	Metode			Kvikkleire/sprøbruddsmateriale		
				Nr.	Kote	m		Kote	Tot
101	119,7	47,7	72,0	X					Nei <sup>1</sup>
102	106,4	38,9	67,5	X					Ja <sup>1</sup>
103	99,3	32,7	66,6	X			X		Nei <sup>2</sup>
104	92,9	35,3	57,6	X	X		X	X	Ja <sup>2</sup>
105	101,7	17,4	84,3	X		X	X	X	Nei <sup>2</sup>
106	118,7	29,1	89,6	X			X	X	Nei <sup>2</sup>
107	118,5	30,9	87,6	X					Ja <sup>1</sup>

1) Tolkning kun basert på sonderingsdata

2) Tolkning bekreftet ved prøvetaking/laboratorieundersøkelser

Det er utført totalsondering i borpunktene 101-107. Borpunktene er hovedsakelig plassert nær bebyggelsen på og øst for Solheim. I tillegg er ett borpunkt, 103, plassert ute på jordet. Plassering av borpunkter fremgår av Figur 4.

Grunnen nær boligfeltet (borpunkt 104, 105 og 106) består for det meste av finsand/silt i lag over morenemasser og lag med antatt bløt leire over og under morenemassene. I borpunkt 107, ved Vedenveien 6, er grunnforholdene tilsvarende, dette gjelder også borpunkt 103, ute på jordet. I borpunkt 101 og 102, helt øst i området, består grunnforholdene av antatt morene til berg.

I borpunkt 104 ble det utført en CPTu-sondering. Denne indikerer sand til ca. 2 m under terreng, deretter leire til ca. 8,5 m dybde og deretter lag med antatt finsand/silt og leire til avsluttet sondering på 13 m dybde.

Grunnvannstand er antatt å ligge mellom ca. 1,5 m over antatt berg i borpunkt 5 og ca. 4 m over antatt berg i borpunkt 3 og 9.

Laboratorieundersøkelser på prøve fra 3-4 m dybde i borpunkt 103, viser jordmateriale (sandig, siltig, leirig; fast) som ikke er sprøbruddsmateriale/kvikkleire. I borpunkt 104 ble det tatt opp prøver i dybdeintervallene 6-7 m og 8-9 m. Her består begge prøvene av siltig leire, og laboratorieundersøkelsene bekrefter at prøvene består av sprøbruddsmateriale. Borpunkt 105 ble prøvetatt i dybdeintervallet 3-4 m. Laboratorieundersøkelsene viser at prøven består av leire, men ikke sprøbruddsmateriale/kvikkleire. Det samme gjelder borpunkt 106, der prøvene ble tatt opp i dybdeintervallene 3-4 m og 6-7 m.

### 3 Stabilitetsvurderinger

Skråningsstabiliteten ved Trolltangen barnehage og Solheim boligfelt er analysert med parametere tolket og vurdert på grunnlag av de utførte grunnundersøkelsene, supplert med erfaringsparametere for tilsvarende jordarter.

#### 3.1 Sikkerhetskrav

For eksisterende bebyggelse av eldre type stilles det i utgangspunktet ingen eksplisitte krav til skråningsstabiliteten (dette er dog avhengig av alder på bebyggelsen, dvs. de regler som gjaldt ved oppføringstidspunktet).

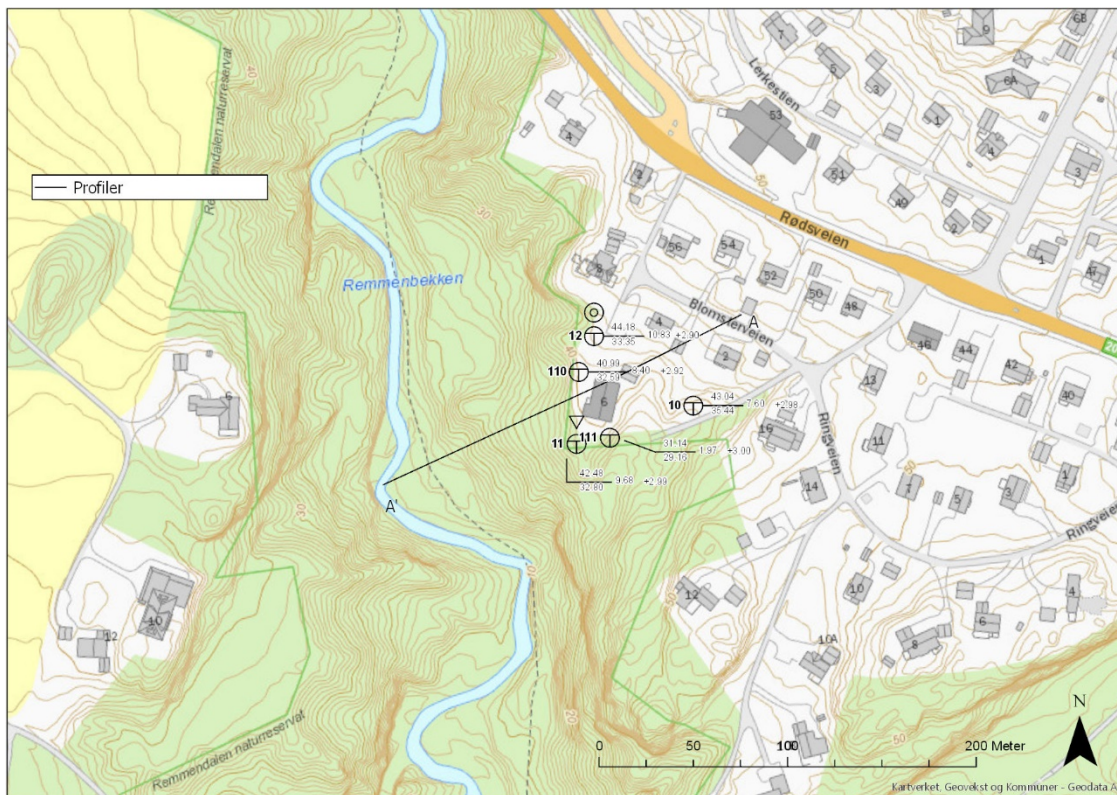
For nybygg stilles det krav til områdestabilitet i TEK17, hentet fra NVEs kvikkleireveiledning (NVE, 2014). I tillegg stilles krav til lokalstabilitet iht. Eurokode 7 (NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016, 2016).

Krav til minimum materialfaktor for områdestabilitet er  $\gamma_m = 1.4$  både for drenert og udrenert analyse.

Krav til minimum materialfaktor for lokalstabilitet er  $\gamma_m = 1.25$  for drenert analyse og  $\gamma_m = 1.4$  for udrenert analyse.

#### 3.2 Trolltangen barnehage

Det er utført en ny stabilitetsberegning i profil A-A' (Figur 2) for skråningen nedenfor barnehagen, ned til Remmenbekken.



Figur 2 Beliggenhet av profil A-A' ved Trolltangen barnehage.

### 3.2.1 Beregningsparametere

Udrenert skjærfasthet er tolket fra CPTu-sonderinger i borpunkt 11 (NGI, 2018), i henhold til metodikk i Karlsrud (2005). Resultater fra laboratorieundersøkelser av opptatte prøver ble benyttet i tolkningen. Det er antatt hydrostatisk poretrykksfordeling fra 2,5 m under terreng til topp av antatt<sup>1</sup> bergoverflate i borpunkt 12.

Tolkning av CPTu i borpunkt 11 indikerer at leiren i skråningen er overkonsolidert; udrenert skjærstyrke er høyere enn anslått normalkonsolidert udrenert skjærfasthet til avsluttet sondering. Nye prøver tatt opp i borpunkt 110 viser at det ikke er sprøbrudsmateriale/kvikkleire i dette punktet, og at det ved 4-5 m dybde er middels fast til fast siltig leire, og i 6-7 m dybde er middels fast sandig leire.

Det er ikke utført avanserte laboratorieanalyser på prøvene, slik at konsolideringsfaktorer og friksjonsvinkel/kohesjon er basert på erfaringsverdier for slike materialer. Laboratorieresultater fra grunnundersøkelser ved Refneveien 40 og fra et forskningsprosjekt på leirig silt og leire fra dette området er også benyttet (NGI, 2014a og b).

Drenerte materialparametere benyttet i analysene er vist i Tabell 3.

<sup>1</sup> Sondering gir ikke sikker bergkontroll



Tabell 3

Jordart	Friksjonsvinkel, $\phi$	Kohesjon, $c'$
Tørrskorpe	33	0
Leirig silt	35	0
Leire	32	1

Leirens udrenerte styrke varierer med retning (anisotropi). Det er benyttet vanlige anisotropifaktorer for udrenert skjærfasthet gitt i Tabell 4 basert på erfaringsgrunnlag, hvor karakteristisk udrenert skjærfasthet  $s_{uD}$  (direkte) og  $s_{uP}$  (passiv) beregnes med bruk av  $s_{uA}$  (aktiv). Valgte styrkeparametere og anisotropifaktorer fremgår også av beregningsresultatene (tegning 010 og 011). Fra laboratorieundersøkelsene fra prøvene i punkt 12 fremkommer det at leiren har lavt vanninnhold og tilsvarende høy egenvekt, men i prøvene fra punkt 110 er egenvekten lavere (pga. silt/leirig silt). I beregningene er det benyttet lavere egenvekt for silt/leirlaget enn laboratoriemålingene fra prøvene i punkt 12 viser. Det er antatt at prøvene i dette punktet er tatt over grunnvannsnivå og at prøvene derfor ikke har vært fullstendig mettet med vann ved prøvetakingstidspunktet. Prøvene i punkt 110 er antatt å være mer representative for grunnforholdene i området.

Tabell 4 Anisotropiforhold for udrenert skjærstyrke i leire benyttet i stabilitetsberegningene

	Aktiv ( $s_{uA}$ )	Direkte ( $s_{uD}$ )	Passiv ( $s_{uP}$ )
Kvikkleire/sprøbruddmateriale	0,85	0,65	0,35
Leire (ikke kvikk/sprøbruddmateriale)	1,00	0,70	0,40

### 3.2.2 Skråningens stabilitet, dagens situasjon

Skråningsstabiliteten er beregnet for dagens situasjon i skråningen nedenfor Trolltangen barnehage, vist på Figur 2. Resultatene er vist i Tabell 5. Beregningsresultatene er sammenliknet med krav til områdestabilitet (dvs. krav i NVE-veiledning) og krav i Eurokode 7 for lokalstabiliteten. Det er imidlertid ikke påvist kvikkleire ved barnehagen, slik at krav til områdestabilitet ikke er relevante.

Tabell 5 Resultater fra stabilitetsberegning, Trolltangen barnehage

Analyse	Material-faktor $\gamma_m$ -2018	Material-faktor $\gamma_m$ -2019	Krav, $\gamma_m$ Eurokode 7	Krav, $\gamma_m$ NVE 7-2014	Kommentarer	Tegning
Drenert	0,91	1,17	1,25	1,40	Dagens situasjon	010
Udrenert	1,29	2,13	1,40	1,40		011

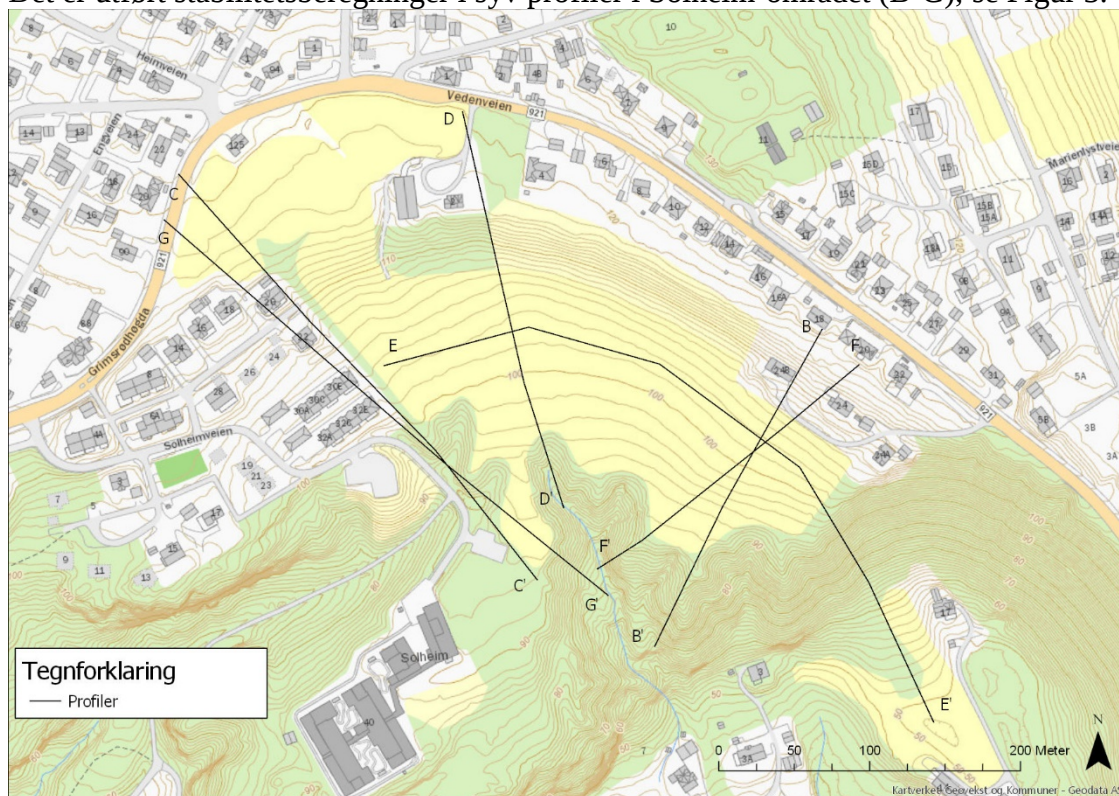
For drenert analyse indikerer de oppdaterte beregningsresultatene at skråningen har noe sikkerhetsmargin. Stabilitetsforholdene tilfredsstillende likevel ikke krav til skråningsstabilitet for ny bebyggelse.

For udrenert analyse viser beregningene at stabilitetsforholdene er tilfredsstillende, i motsetning til hva de første beregningene viste.

Det er ikke utført beregninger for situasjon etter eventuelle sikringstiltak.

### 3.3 Solheim tomtefelt

Det er utført stabilitetsberegninger i syv profiler i Solheim-området (B-G); se Figur 3.



Figur 3 Profiler brukt i beregning av stabilitet.

#### 3.3.1 Beregningsparametere

For alle profiler er udrenert skjærstyrke tolket fra CPTU-sonderinger (Karlsrud, 2005), vist i Vedlegg A. Generelt fremstår leiren i alle borpunkt med CPTU-sonderinger som noe overkonsolidert, dvs. udrenert skjærstyrke er høyere enn normalkonsolidert skjærfasthet ned til avsluttet sondering. Det er ikke utført avanserte laboratorieanalyser på prøvene, slik at drenerte materialparametre er antagelser basert på typiske verdier for leirig silt/siltig leire med sprøbruddsegenskaper, se Tabell 6. Det er benyttet vanlige anisotropifaktorer for udrenert skjærfasthet for kvikkleire gitt i Tabell 7. Valgte styrkeparametere og anisotropifaktorer fremgår også av beregningsresultatene.



Tabell 6 Friksjonsvinkel og kohesjon brukt i drenert stabilitetsanalyse

Jordart	Friksjonsvinkel, $\phi$	Kohesjon, $c'$
Tørrskorpe	33	0
Sprøbruddsmateriale og kvikkleire	26	1
Morene	38	4

Tabell 7 Anisotropiforhold benyttet i stabilitetsberegningene

	Aktiv ( $s_u^A$ )	Direkte ( $s_u^D$ )	Passiv ( $s_u^P$ )
Kvikkleire/sprøbruddsmateriale	0,85	0,65	0,35
Leire	1,00	0,70	0,40

### Profil B-B'

Fra prøvene i borpunkt 9 fremkommer det at det ved ca. 5 m dybde er fast til bløt siltig leire med varierende sensitivitet. Fra ca. 15 m dybde til ca. 24 m dybde er det antatt 2 m med sand over leire, deretter leire og kvikkleire ved 24 m. Grunnvannsnivå er basert på poretrykksmålinger i borpunkt 9.

### Profil C-C'

Fra prøvene i borpunkt 3, 4 og 5 fremgår det at det ved ca. 5 m dybde er fast, siltig leire med varierende sensitivitet. Borpunkt 106 viser middels fast til fast leire med lav sensitivitet i 3-4 m og 6-7 m dybde. Borpunkt 104 viser sandig, middels fast til fast leire med lav sensitivitet i 6-7 m og 8-9 m dybde. Grunnvannsnivå er basert på poretrykksmålinger i borpunkt 3 og 5.

### Profil D-D'

Fra prøvene i borpunkt 3 og 5 fremgår det at det ved ca. 5 m dybde er fast, siltig leire med varierende sensitivitet. Borpunkt 106 viser middels fast til fast leire med lav sensitivitet i 3-4 m og 6-7 m dybde. Prøver tatt opp i borpunkt 103 viser jordmateriale med sprøbruddsegenskaper i dybde 3-4 m, mens prøve i borpunkt 105 i samme dybde viser meget bløt til bløt leire med lav sensitivitet. Grunnvannsnivå er basert på poretrykksmålinger i borpunkt 9.

### Profil E-E'

Fra prøvene i borpunkt 103 er det påvist sandig, siltig leirig jordmateriale med lav sensitivitet i 3-4 m dybde. Borpunkt 105 viser bløt til meget bløt leire med lav sensitivitet i 3-4 m dybde. Borpunkt 8 har tilsvarende lagdeling som i borpunkt 9, mens prøver tatt opp i borpunkt 4 viser fast, siltig leire med varierende sensitivitet i ca. 5 m dybde. Borpunkt 7 skiller seg ut ved å vise antatt grus/morene fra ca. 5 m dybde til avsluttet sondering. Grunnvannsnivå er basert på poretrykksmålinger i borpunkt 9.

### Profil F-F'

Fra prøvene i borpunkt 3 og 5 fremgår det at det ved ca. 5 m dybde er fast, siltig leire med varierende sensitivitet. Borpunkt 106 viser middels fast til fast leire med lav sensitivitet i 3-4 m og 6-7 m dybde. Prøver tatt opp i borpunkt 103 viser jordmateriale med sprøbruddsegenskaper i dybde 3-4 m, mens prøve i borpunkt 105 i samme dybde viser meget bløt til bløt leire med lav sensitivitet. Grunnvannsnivå er basert på poretrykksmålinger i borpunkt 9.

### Profil G-G'

Fra prøvene i borpunkt 3 og 5 fremgår det at det ved ca. 5 m dybde er fast, siltig leire med varierende sensitivitet. Borpunkt 104 viser middels fast til fast leire med lav sensitivitet i 6-7 m og 8-9 m dybde. Grunnvannsnivå er basert på poretrykksmålinger i borpunkt 3 og 5.

## 3.3.2 Skråningstabilitet på Solheim, dagens situasjon

Skråningsstabiliteten for dagens situasjon er beregnet for profiler ned skråningen nedenfor Solheim kommune boligfelt. Resultatene er vist i Tabell 8.

Tabell 8 Resultater fra stabilitetsberegning

Profil	Analyse	Material-faktor $\gamma_m$ - 2018	Material-faktor $\gamma_m$ - 2019	Krav, $\gamma_m$ Eurokode 7	Krav, $\gamma_m$ NVE 7- 2014	Kommen- tarer	Tegning
C-C'	Drenert	1,27	<b>1,34</b>	1,25	1,40	Dagens situasjon	020
	Udrenert	1,50	<b>2,22</b>	1,40	1,40		021
B-B'	Drenert	1,08	<b>1,18</b>	1,25	1,40	Dagens situasjon	022
	Udrenert	0,98	<b>1,35 dyp 1,60 grunn</b>	1,40	1,40		023
D-D'	Drenert	-	<b>1,45</b>	1,25	1,40	Dagens situasjon	024
	Udrenert	-	<b>1,56</b>	1,40	1,40		025
E-E'	Drenert	-	<b>0,87</b>	1,25	1,40	Dagens situasjon	026
	Udrenert	-	<b>0,98</b>	1,40	1,40		027
F-F'	Drenert	-	<b>0,70</b>	1,25	1,40	Dagens situasjon	028
	Udrenert	-	<b>1,47/1,55</b>	1,40	1,40		029
G-G'	Drenert	-	<b>0,67 nedre 1,43 øvre</b>	1,25	1,40	Dagens situasjon	030
	Udrenert	-	<b>1,10 nedre grunn 1,20 nedre dyp 1,57 øvre</b>	1,40	1,40		031

Profil C-C' (ved boligfeltet på Solheim): Beregningene viser at krav til skråningsstabilitet for ny bebyggelse er tilfredsstillende for dagens topografi for drenert og udrenert analyse i henhold til Eurokode 7, men ikke iht. NVE 7-2014 for drenert analyse.

Profil B-B' (østlig del av ravinen): Beregningene viser at stabiliteten spesielt er dårlig for drenerte forhold, mens beregnet sikkerhet for udrenerte forhold er så vidt under krav til skråningsstabilitet for ny bebyggelse i henhold til Eurokode 7 og NVE 7-2014.

Profil D-D' (midt i ravinen og opp mot gårdsbruket): Beregningene viser at beregningsmessig stabilitet er tilfredsstillende sammenliknet med krav til skråningsstabilitet for ny bebyggelse både i henhold til Eurokode 7 og NVE 7-2014.

Profil E-E' (fra Raveien 17 og langs terrassekanten mot vest): Beregningene viser at drenert sikkerhet er kritisk. Beregnet sikkerhet for udrenerte forhold er også godt under krav til skråningsstabilitet for ny bebyggelse i henhold til Eurokode 7 og NVE 7-2014.

Profil F-F' (midt i østlig del av ravine opp mot Raveien 20): Beregningene viser at drenert sikkerhet er kritisk (meget lav). For udrenerte forhold er det gitt to materialfaktorer, en for et skred bare i det øvre leirlaget og en for en potensiell dyperegående glideflate ned i leira under morenelaget, begge disse glideflatene har tilstrekkelig sikkerhet både i henhold til Eurokode 7 og NVE 7-2014.

Profil G-G' (ved boligfeltet på Solheim)<sup>2</sup>: Beregningene viser at drenert sikkerhet er kritisk (meget lav), dette gjelder en grunn glideflate i nedre skråning (mot ravinen). For udrenerte forhold viser beregningene for dårlig sikkerhet iht. Eurokode 7 eller NVE 7-2014 for både dyp og grunn glideflate i nedre skråning, mens kritisk glideflate i øvre skråning har tilfredsstillende udrenert sikkerhet.

Det er ikke utført beregninger for situasjon med eventuelle sikringstiltak.

## 4 Diskusjon

### 4.1 Sikkerhetskrav

Generelt i tilknytning til kvikkleireområder og kvikkleiresoner gjelder det at for utbygging innenfor kvikkleireområder stiller NVEs retningslinjer krav til områdestabiliteten (NVE, 2014). Kravene knytter seg i første rekke til byggetiltak som medfører tilflytting til området, men også til tiltak i forbindelse med anleggelse av ledningsgrøfter etc. Referanse til retningslinjene er også tatt inn i TEK17 (DIBK, 2017). Krav til områdestabiliteten knytter seg til alle skråninger innenfor kvikkleiresonen hvor evt. brudd kan resultere i utløsning av kvikkleireskred. Dette gjelder selv om det

---

<sup>2</sup> Merk at selv om profil G-G' ligger nær C-C', er topografien svært forskjellig mellom disse, og disse har derfor svært forskjellige beregnet sikkerhet.

planlagte tiltaket kan ligge i relativt stor avstand fra skråning, og i realiteten heller ikke har noen innvirkning på skråningsstabiliteten. Kravene gjelder generelt ikke for eksisterende boliger, men for tiltakskategorier spesifisert i NVE-veilederen. For eksisterende eldre bebyggelse er det generelt ingen spesifikke krav til skrånings- eller områdestabilitet, mens ved regulering av boligområder i nyere tid kan likevel krav om sikkerhet være fastlagt.

I tilfeller der det planlegges tilflytting til en kvikkleiresone, er krav til områdestabiliteten som hovedprinsipp innfridd dersom det kan dokumenteres tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet, dvs. både drenert og udrenert analyse gir materialfaktor  $\gamma_m \geq 1,4$  for skråningen etter NVE-veilederen (NVE, 2014). Dersom skråningen har for lav sikkerhet før tiltak, må stabiliserende tiltak gjennomføres slik at kritisk glideflate etter tiltak får materialfaktor  $\gamma_m \geq 1,4$ . Det åpnes også for prosentvis forbedring av stabiliteten i veilederen (NVE, 2014), alt etter hvilken tiltakskategori et planlagt tiltak tilhører.

Foreslåtte tiltak som forbedrer stabilitetsforholdene for dyperegående glidninger vil ikke forhindre grunne glidninger i øvre del av skråningene. Grunne glidninger kan skje i de bratte skråningene, særlig som følge av høy langtidsnedbør. Egnede tiltak mot overflateskred kan være bl.a. steinplastring, drengrofter, kontrollert nedføring av overvann mv.

For vurdering av om et område er tilstrekkelig sikkert mht. områdestabiliteten (dvs. kvikkleireskred), vil det måtte vurderes om mulige brudd i skråningen berører kvikkleire, og hvor store områder som i så fall vil kunne berøres. Dersom det ikke er kvikkleire i en skråning, vil kravet til sikkerhet bare knytte seg til lokalstabilitet av skråningen.

## 4.2 Trolltangen barnehage

Som i tidligere rapport (NGI, 2018b) er det ikke påvist eller tolket sprøbruddsmateriale ved Trolltangen barnehage ved de supplerende undersøkelsene. Skråningen nedenfor barnehagen er imidlertid bratt, og stabiliteten langs profil A-A' er ikke innenfor kravene som stilles for nybygg (sikkerhetskrav er da gitt i Eurokode 7).

Tidligere skredhendelser i Remmendalen har vist at mye nedbør og økt grunnvannstand øker faren for lokale utglidninger i disse skråningene. Poretrykksmålingene fra punkt 12 viser at grunnvannsnivået ved Trolltangen varierer noe gjennom årets gang, med et toppunkt i løpet av vinteren, men man har ikke langtidsvariasjon for grunnvannsvariasjonen. Av de tidligere kjente skredhendelsene i området har to av tre forekommet om vinteren. Hvis det generelt er høyere grunnvannstand i området om vinteren, vil større nedbørshendelser i løpet av denne årstiden potensielt være mer kritiske enn om sommeren/våren, slik stabilitetsberegningene med ulik grunnvannstand viser (se avsnitt 3.2.2). Imidlertid kan en annen bruddform også være aktuell, nemlig overflateskred pga. infiltrasjon ved kraftig korttidsnedbør og oppmetting av grunne jordlag, mao. ikke egentlig som resultat av generell heving av grunnvannsnivået.

De beregningsmessig kritiske glideflatene går dypt, ned til antatt berg. Tegning 011 viser en lokal kritisk glideflate i nedre del av skråningen. Denne er teoretisk kritisk. Et skred vil da kunne starte i fot av skråningen, og dette vil muligens kunne utløse et større, bakovergripende skred i øvre del av skråningen (dvs. involvere begge bruddflatene i beregningen). Et skred i øvre del av skråningen vil kunne nå inn på platået bak toppen av skråningen og inn på barnehagens lekeområde.

Mulige sikringstiltak for å unngå skredutløsning i dette området vil være de samme som er foreslått i tidligere rapport (NGI, 2018b): motfylling, erosjonssikring eller overflatesikring (f.eks. geonett). Spesielt for nedre del av skråningen vil motfylling i dalbunnen være en gunstig sikringsmetode, men samtidig antatt ikke lett gjennomførbart i et landskapsvernområde. For øvre deler av skråningene vil dreneringsgrøfter være mer aktuelt.

Sikringstiltak må søkes om og godkjennes av Fylkesmannen i Oslo og Viken.

Det kan også være fornuftig å se på muligheter for å lede overflatevann vekk fra skråningen, enten ved justert terrenghelning eller ved avskjærende grøft langs skråningstoppen. Dette vil kunne redusere tilsiget av vann til skråningen og påfølgende mulighet for en skredhendelse i skråningen.

## 4.3 Solheim tomtefelt

### 4.3.1 Stabilitetsforhold

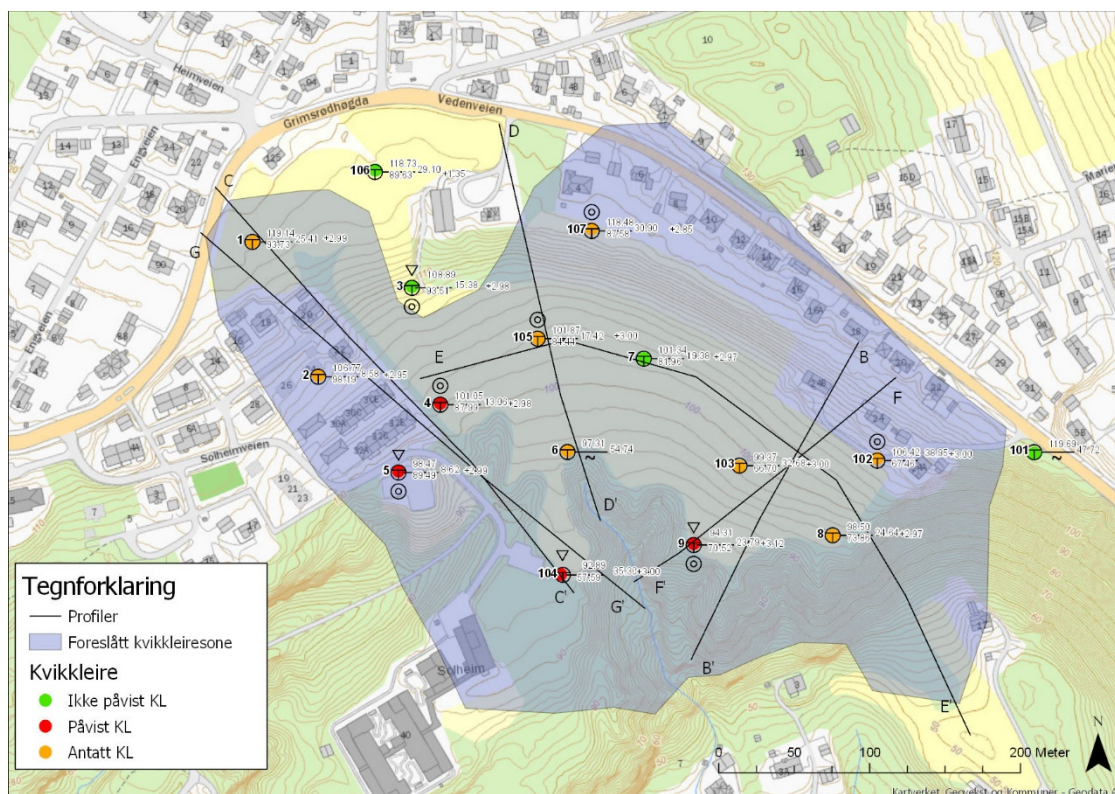
Skråningene har relativt god sikkerhet for drenerte forhold, med noen unntak. Det er drenert sikkerhet som generelt er dårligst. Det er ikke utført avanserte laboratorieforsøk (f.eks. triaksialforsøk), slik at det må antas at drenerte styrkeparametere i leire/kvikkleire kan være konservativt valgt. Udrenert skjærstyrke i leira indikerer betydelig overkonsolidering, og dette vil også kunne påvirke drenerte parametere (kohesjon og friksjonsvinkel). Prøvetaking gjennom/under morenelaget er gjort i liten grad, og er vanskelig og kostbart under disse forholdene, men vil kunne gjøres dersom man ønsker å få forbedret beregningsgrunnlaget for drenerte (og udrenerte) stabilitetsanalyser.

De nye sonderingene utført februar 2019 har vist utbredelsen av morenelaget, samt utbredelsen av det bløtere laget (kvikkleire) under dette. I tillegg viser prøveseriene som er tatt utbredelsen av sprøbruddsmateriale i det bløte laget over morenelaget. Poretrykkmålingene viser at grunnvannsnivået på terrassen er relativt stabilt over året, og er målt til å variere med ca. 0,5 m mellom sommer og vinter.

For drenerte forhold er kritiske glideflater generelt relativt grunne, og representerer også beregningsmessig kritiske stabilitetsforhold for en rekke profiler. For udrenerte forhold kan brudd lokaliseres enten i det øvre leirlaget, eller ned i leirlaget under morenen. For enkelte profiler er beregnet sikkerhet for dårlig.

### 4.3.2 Kvikkleiresone "2327 Solheim"

Basert på grunnundersøkelsene er utbredelse av en kvikkleiresone i Solheimområdet skissert i Figur 4. Se vedlegg B for faktaark om kvikkleiresonen fra NVEs innmeldingsløsning (ikke endelig innmeldt). Sonen 2327 Solheim er vurdert til faregrad middels, konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 3.



Figur 4 Foreslått utbredelse kvikkleiresone ved Solheim boligfelt.

### 4.3.3 Sikringstiltak

Den foreslåtte kvikkleiresonen omfatter området hvor kommunen har uttrykt et ønske om å anlegge et nytt boligfelt, og går også delvis inn i eksisterende boligfeltet i Solheimveien og sør for Vederveien. En utbygging vil kun være mulig dersom beregningsmessig sikkerhet for dagens forhold er tilfredsstillende, eller dersom sikringstiltak kan gi nødvendig forbedring av stabilitetsforholdene.

Sikring mot drenerte brudd i de bratte skråningspartiene vil kreve motfyllinger utlagt fra bunnen av skråningen, men slike tiltak er ikke skissert her. Plassforholdene og eksisterende bebyggelse gir begrensninger på mulige tiltak. For ravinen sentralt i området bør det vurderes å gjennomføre tiltak for å begrense erosjon. I den forbindelse må vanntilførsel ut i skråningen og ravinen kartlegges, da dette antas å være viktigste årsak til erosjon. Med unntak av ravinen sentralt i skråningen er det ikke bekker som eroderer i skråningen.

Evt. sikringstiltak er ikke nærmere vurdert i denne rapporten, men bør utredes og prosjekteres nærmere i senere fase.

## 5 Konklusjon og sammendrag

NGI har på oppdrag fra Halden kommune utført geoteknisk vurdering av to lokaliteter, Trolltangen barnehage og Solheim tomtefelt.

### 5.1 Trolltangen

#### Grunnforhold

Trolltangen barnehage ligger på toppen av en bratt løsmasseskråning. Det er ikke påvist kvikkleire/sprøbruddsmateriale her i noen av grunnundersøkelsene, men grunnforholdene består av leirig silt/siltig leire i ca. 10 m mektighet over berg.

#### Stabilitet

Stabilitetsanalyser ved profil A-A' ved Trolltangen viser at beregningsmessig sikkerhet ikke er tilfredsstillende etter krav gitt i Eurokode 7.

#### Overflateskred

Grunne glidninger kan skje i de bratte skråningene, særlig som følge av høy langtidsnedbør, eller korte, intensive perioder med nedbør med følgende oppbløting av løsmassene. Egnede tiltak mot overflateskred kan være bl.a. steinplastring, drengrofter, kontrollert nedføring av overvann mm.

#### Tiltak for å redusere faren for kvikkleireskred

For eksisterende bebyggelse uten planlagt tilflytting til området er det ingen spesifikke krav til skråningsstabiliteten. Tiltak bør derfor i første rekke rette seg mot å forhindre prosesser som forverrer stabilitetsforholdene, slik som erosjon og overflateglidninger. Det er viktig å forhindre uønsket menneskelig aktivitet innenfor områdene, slik som graving/utfylling osv. på og foran skråningen uten forutgående geoteknisk prosjektering, da dette kan forverre stabilitetsforholdene.

### 5.2 Solheim

Kvikkleire er tidligere påvist ved Solheim tomtefelt. Det er påvist sprøbruddsmateriale i løsmassene over moreneavsetningene ved Solheim tomtefelt i to faser med grunnundersøkelser.

#### Grunnforhold

Ved Solheim tomtefelt ligger det sprøbruddsmateriale i de øverste meterne over en moreneavsetning, etterfulgt av kvikkleire under moreneavsetningen. Lagdelingen er antatt å være nokså horisontal. Dybde til bergoverflaten er varierende, der særlig borpunkt 6 skiller seg ut med svært stor dybde til berg. Lenger oppe i skråningen, opp

mot Vedenveien, består grunnforholdene i sørøst av moreneavsetninger, i nordvest kan lagdelingen beskrives som sprøbruddsmateriale over moreneavsetning, over antatt kvikkleire. Skråningene i området er generelt svært bratte.

### **Stabilitet**

Stabilitetsanalyser ved profil B-B' og D-D', E-E' og G-G' ved Solheim tomtefelt, basert på foreliggende data, viser at beregningsmessig sikkerhet ikke er tilfredsstillende, i all hovedsak for drenerte analyser. Ved profil C-C' og i øvre del av profil G-G' ved Solheim tomtefelt er den beregningsmessige sikkerheten tilfredsstillende.

### **Overflateskred**

Foreslåtte tiltak i ravinen som forbedrer stabilitetsforholdene for dyperegående glidninger, vil ikke forhindre grunne glidninger i øvre del av skråningene. Grunne glidninger kan skje i de bratte skråningene, særlig som følge av høy langtidsnedbør. Egnede tiltak mot overflateskred kan være bl.a. steinplastring, drengrofter, kontrollert nedføring av overvann mm.

### **Tiltak for å redusere faren for kvikkleireskred**

For eksisterende bebyggelse uten planlagt tilflytting til området er det ingen spesifikke krav til skråningsstabiliteten. Tiltak bør derfor i første rekke rette seg mot å forhindre prosesser som forverrer stabilitetsforholdene, slik som erosjon og overflateglidninger. Det er viktig å forhindre uønsket menneskelig aktivitet innenfor områdene, slik som graving/utfylling osv. på og foran skråningen uten forutgående geoteknisk prosjektering, da dette kan forverre stabilitetsforholdene.

### **Planlagt bebyggelse ved Solheim byggefelt**

Dersom området øst for Solheim byggefelt skal utvikles til må det tas hensyn til den foreslåtte kvikkleiresonen og at overnevnte sikringstiltak i ravinen utføres. Særlig er erosjonssikring av bekken(e) i ravinen viktig. Utlegging av fyllinger i fot av skråninger, for å slik forbedre stabiliteten, vurderes som vanskelig å få til grunnet plassmangel/eksisterende bebyggelse.

Dersom bebyggelsen ønskes plassert lenger ut på terrassen, innenfor foreslått kvikkleiresone, må en geotekniker vurdere flere tiltak for å redusere risikoen for kvikkleireskred eller lokale grunnbrudd i byggegrop. Dette er ikke vurdert av NGI.



## 6 Referanser

DIBK (2017), «Byggteknisk forskrift med veiledning (TEK17).» Bygg og anlegg, Oslo.

Karlsrud, K. et al. (2005). «CPTU correlations for clay,» *Proc. 16th ICSMGE Osaka 2*, pp. 693-703

NGI (2014a). «Jordskred Refneveien 40, Halden. Akuttvurdering, befaringer, grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger.», NGI-rapport 20140237-01-R, Oslo, 1. september 2014

NGI (2014b). «Johan Sverdrup 2014 Soil Investigation – Geotechnical Laboratory and Reporting. Onshore silt study. Halden – Geotechnical Report.», NGI-rapport 20170345-07-R, Oslo, 7. november 2014

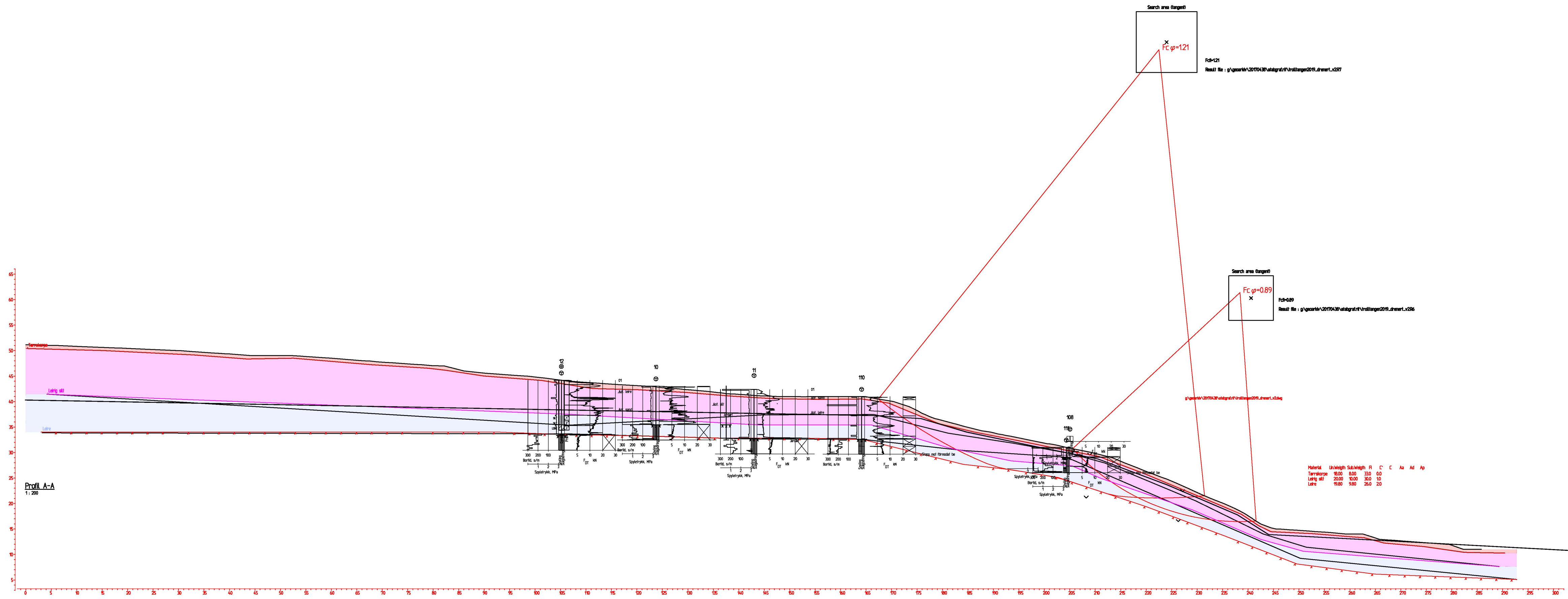
NGI (2018a). «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden kommune. Datarapport.», NGI-rapport 20170438-01-R, Oslo, 7. september 2018.

NGI (2018b). «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden kommune. Vurdering av skredfare.», NGI-rapport 20170438-02-R, Oslo, 4. oktober 2018.

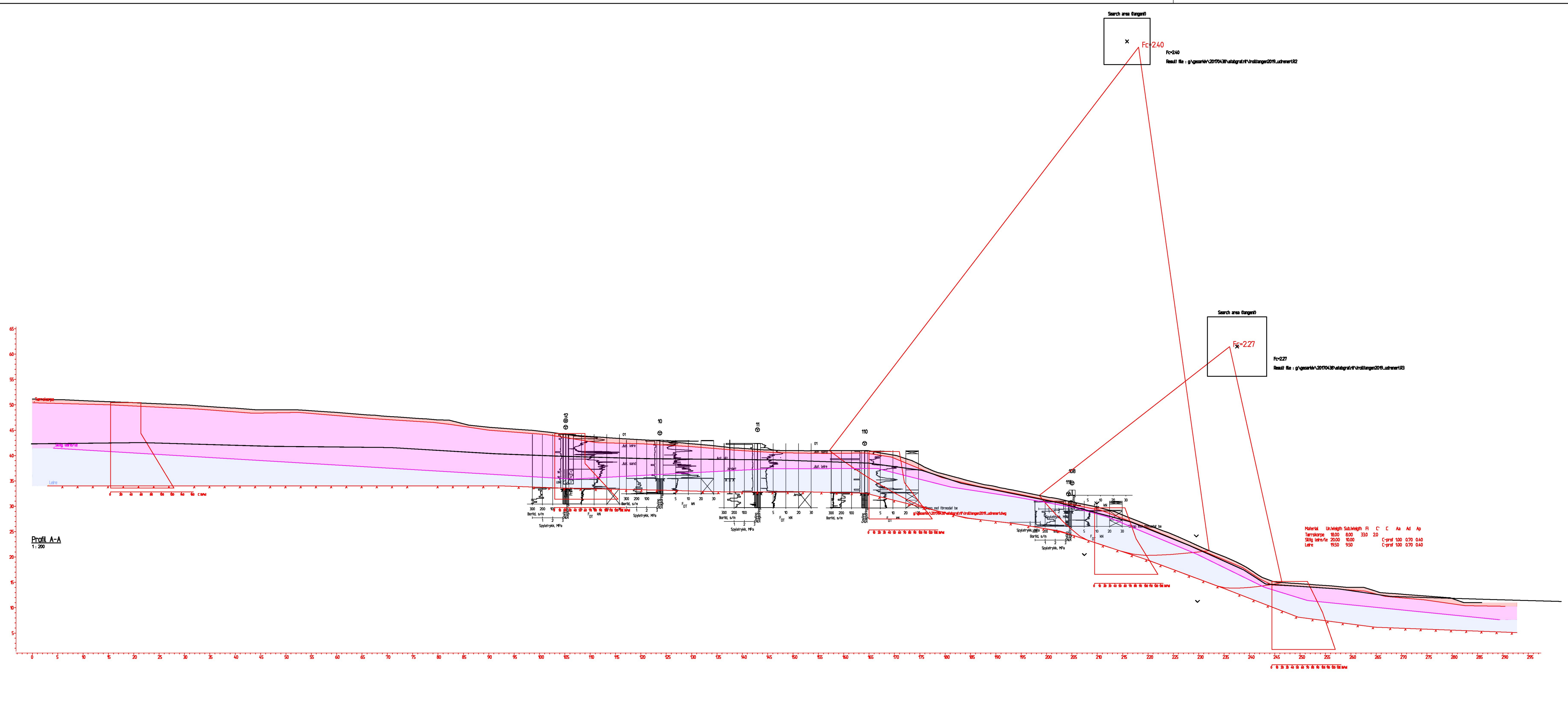
NGI (2019). «Grunnundersøkelser Trolltangen og Solheim, Halden kommune. Datarapport.», NGI-rapport 20170438-03-R, Oslo, 9. april 2019.


NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (2016), «Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler. Innarbeidet i standard: Nasjonalt tillegg.».

NVE (2014). «NVE-veiledning nr 7-2014. Sikkerhet mot leirskred. Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med skråbruddegenskaper.» NVE, Oslo

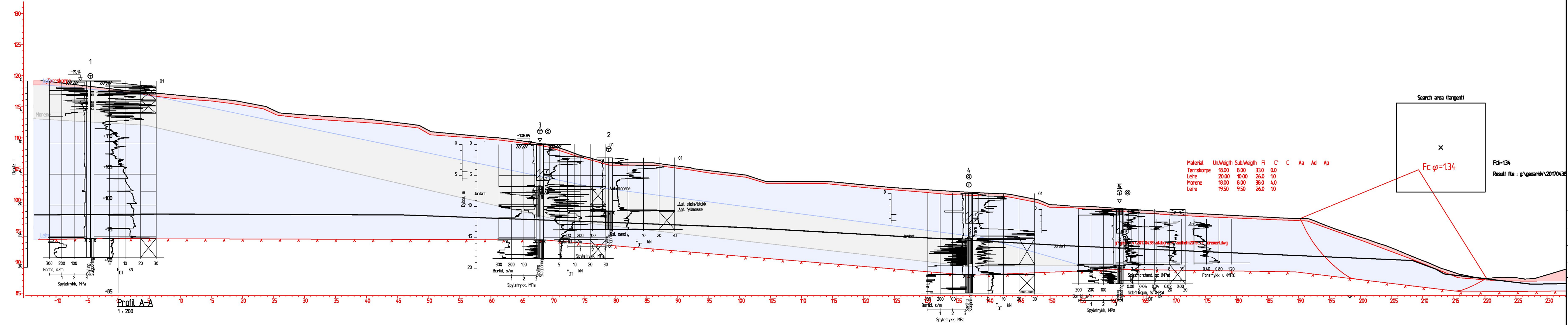


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg			
Stabilitetsberegning profil A-A' Drenert analyse		Målestokk 1:500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 28.06.2019 Oppdragsnr. 20170438	Konstr./Tegnet KEk Tegningsnr. 010	Kontrollert HHe	Godkjent KEk Rev. 0



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg		Målestokk 1:500 	
Stabilitetsberegning profil A-A' Udreneret analyse		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 28.06.2019 Oppdragsnr. <b>20170438</b>	Konstr./Tegnet KEK Tegningsnr. <b>011</b>	Kontrollert HHe Godkjent KEK Rev. <b>0</b>





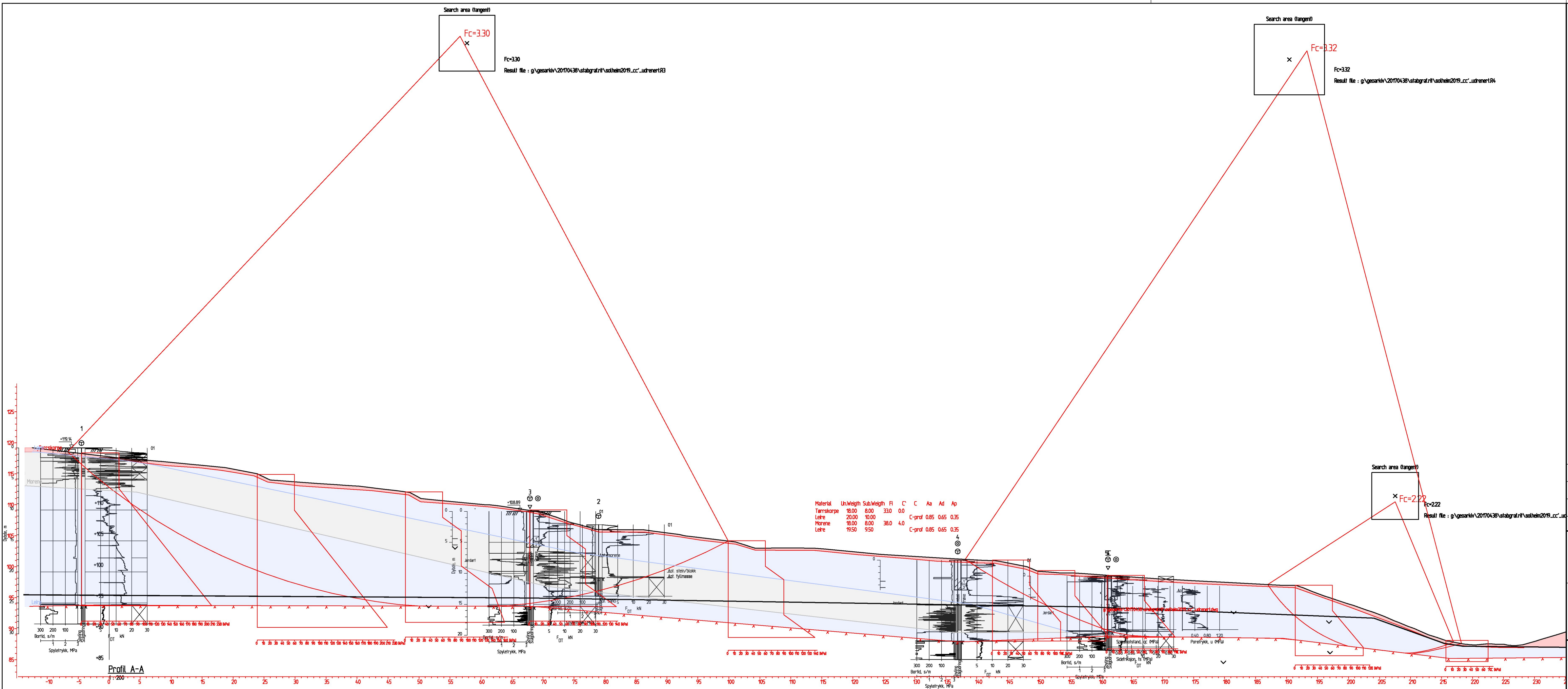
Rev	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

Halden kommune  
 Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen

Stabilitetsberegning profil C-C'  
 Drenert analyse

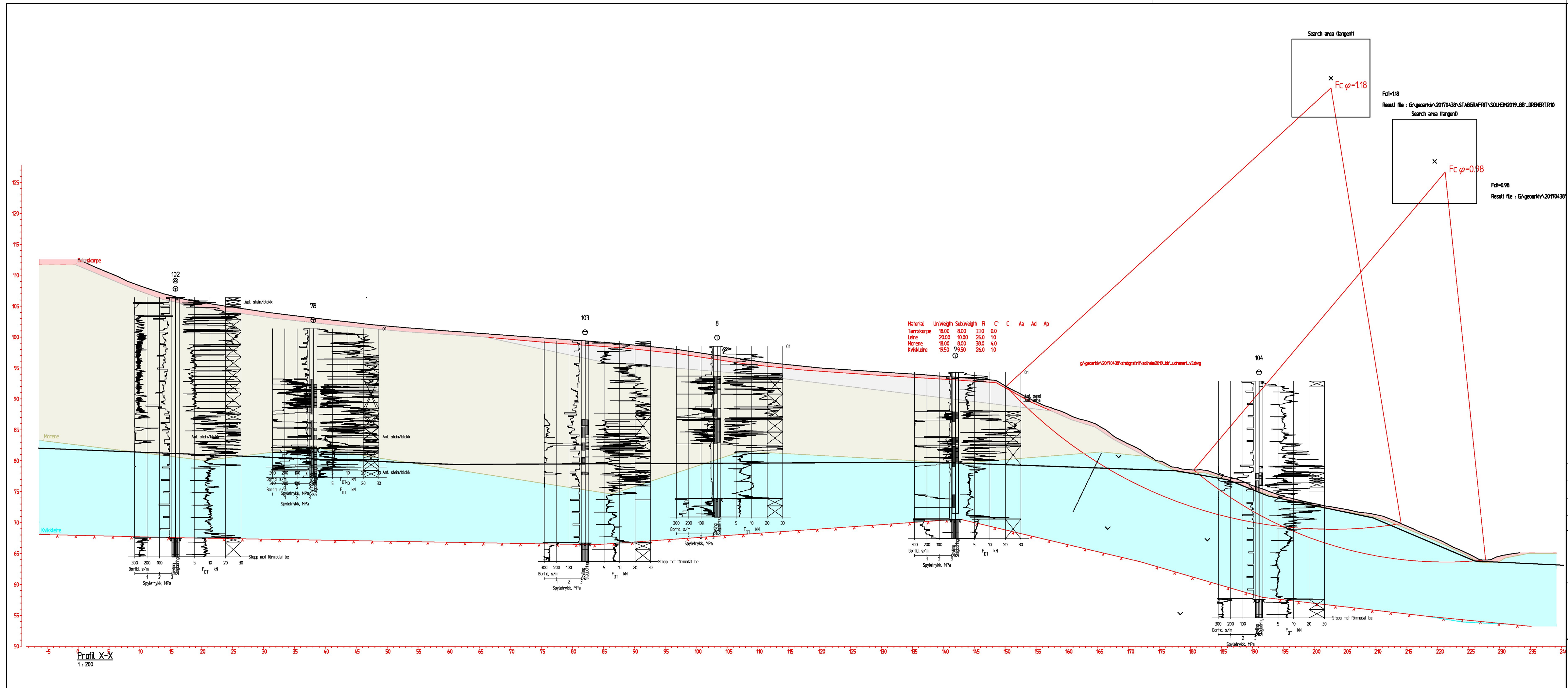
Målestokk: 1500

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 28.06.2019	Konstr./Tegnet KEK	Kontrollert HHe	Godkjent KEK
Oppdragsnr. 20170438	Tegningsnr. 020	Rev. 0		



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg Målestokk 1500			
<b>Stabilitetsberegning profil C-C</b> <b>Udrenert analyse</b>		<b>NGI</b>			
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 28.06.2019 Oppdragsnr. <b>20170438</b>	Konstr./Tegnet KEK Tegningsnr. <b>021</b>	Kontrollert HHe	Godkjent KEK Rev. <b>0</b>






Search area (tangent)  
x  
Fc φ=1.18

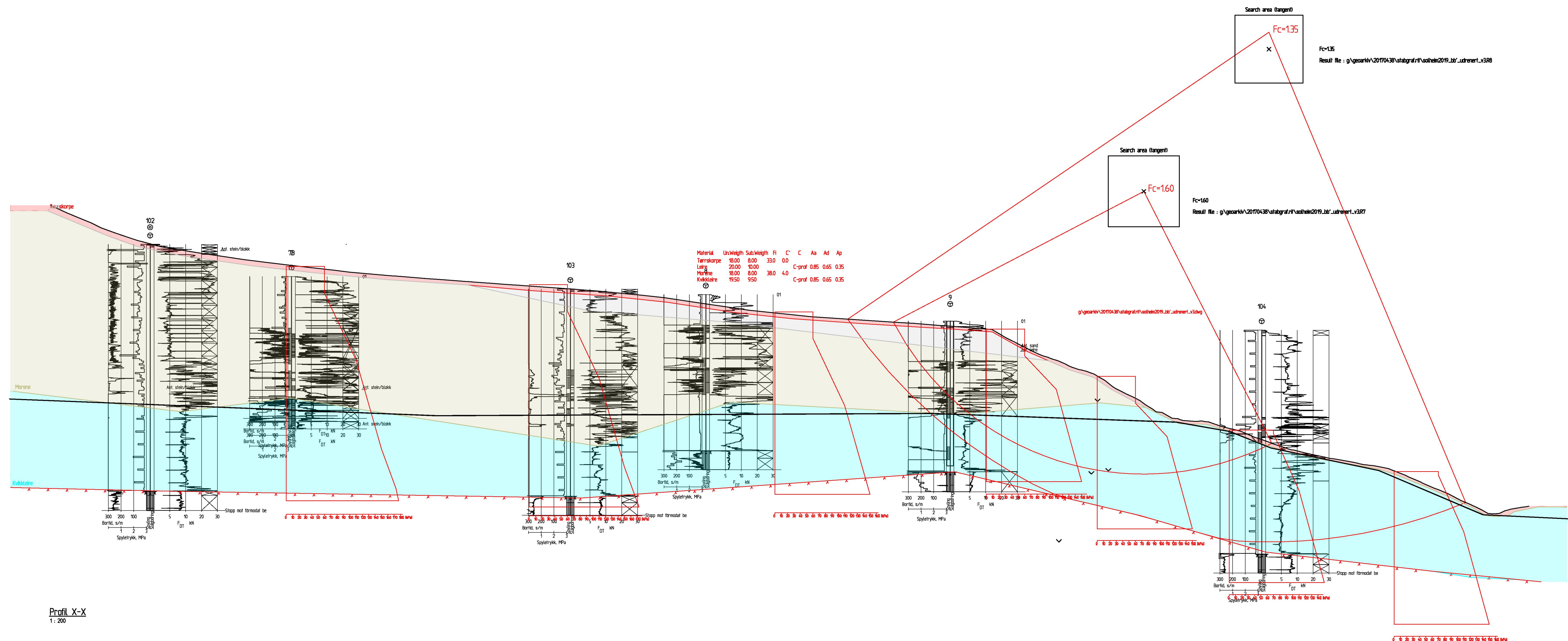
Fcd=1.18  
Result file : G:\geotekn\20170438\STABGRAF\T\SOLHEIM2019\_BB'\_DRENERT.R10  
Search area (tangent)

x  
Fc φ=0.98

Fcd=0.98  
Result file : G:\geotekn\20170438

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg Målestokk 1500			
Stabilitetsberegning profil B-B' Drenert analyse					
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 28.06.2019 Oppdragsnr. <b>20170438</b>	Konstr./Tegnet KEK Tegningsnr. <b>022</b>	Kontrollert HHe	Godkjent KEK Rev. <b>0</b>

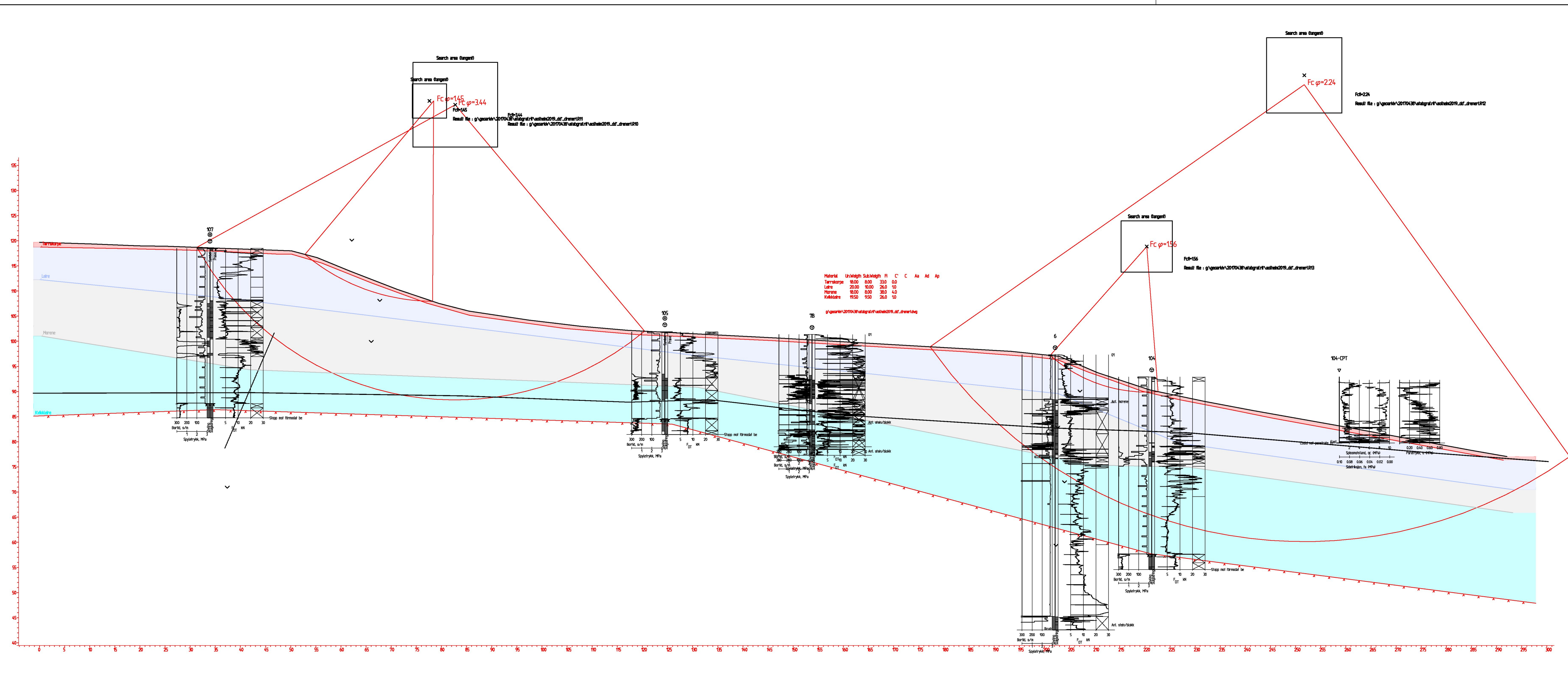





Profil X-X  
1:200

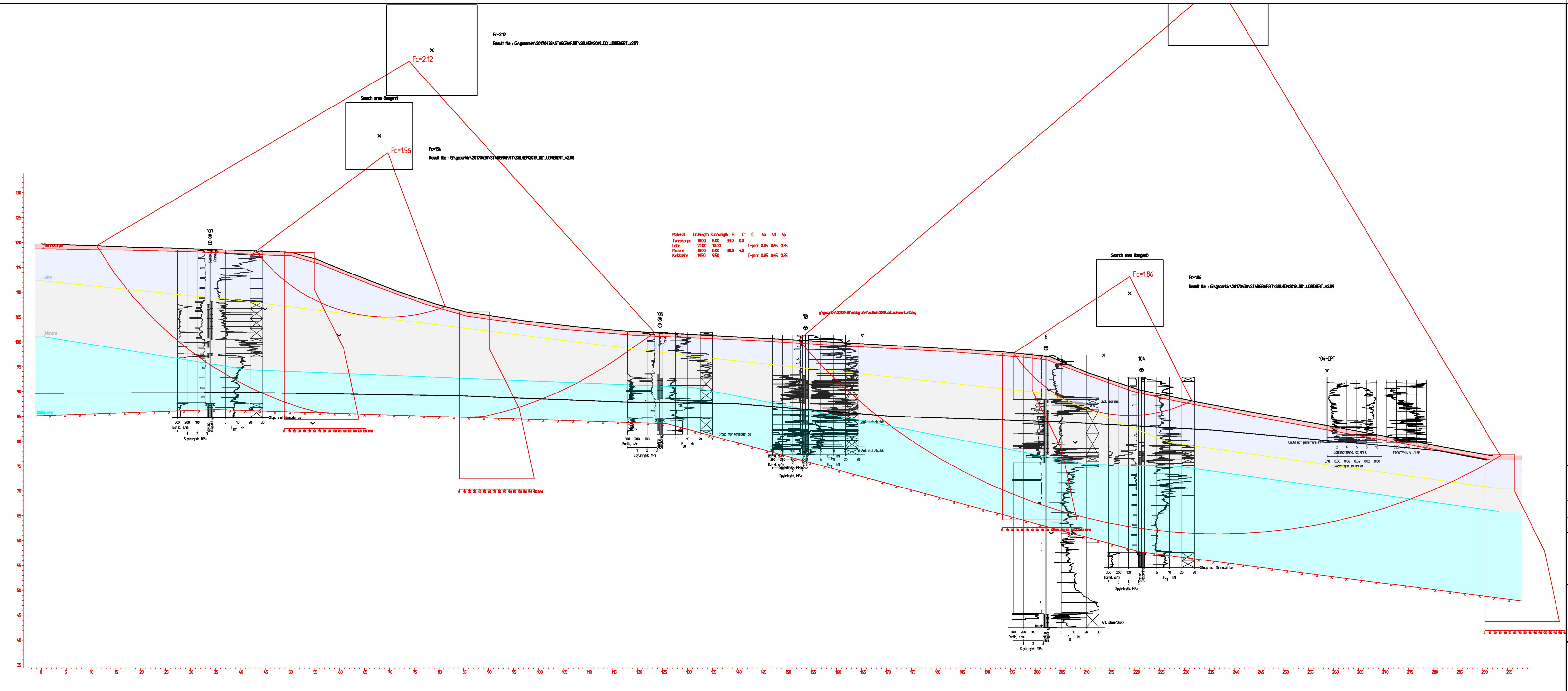
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg Hårestakk 1500			
<b>Stabilitetsberegning profil B-B'</b> <b>Udrenert analyse</b>					
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 28.06.2019	Konstr./Tegnet KEK	Kontrollert HHe	Godkjent KEK
Oppdragsnr. <b>20170438</b>		Tegningsnr. <b>023</b>		Rev. <b>0</b>	



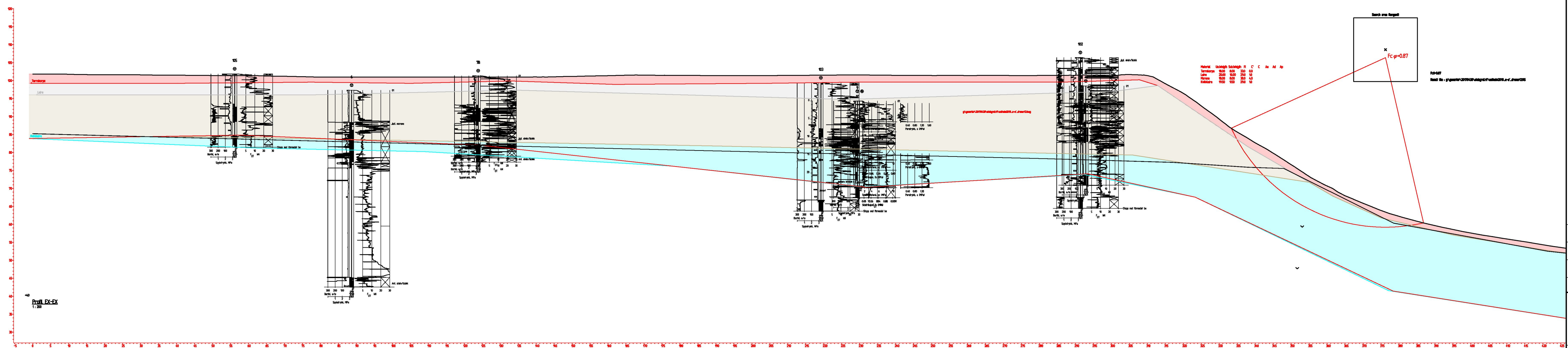


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg			
Stabilitetsberegning profil D-D' Drenert analyse		1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 28.06.2019 Oppdragsnr. <b>20170438</b>	Konstr./Tegnet KEK Tegningsnr. <b>024</b>	Kontrollert HHe	Godkjent KEK Rev. <b>0</b>





Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg			
Stabilitetsberegning profil D-D' Udrenert analyse		Målestokk 1500			
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 28.06.2019	Konstr./Tegnet KEK	Kontrollert HHe	Godkjent KEK
Oppdragsnr. 20170438		Tegningsnr. 025		Rev. 0	



40  
Profil E-E'  
1:200

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

Halden kommune  
Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen

Status  
Original format  
A-3.1  
Tegningens filnavn  
2019-06-28\_plot.dwg

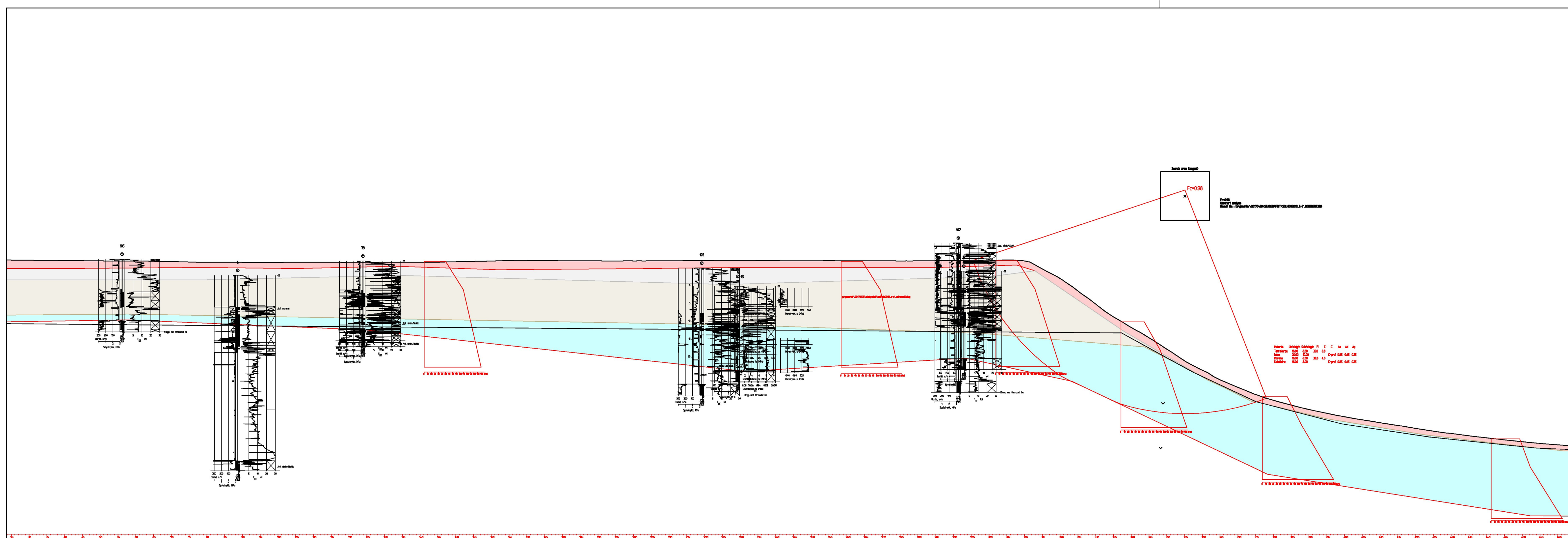
Stabilitetsberegning profil E-E'  
Drenert analyse

Målestokk  
1:500

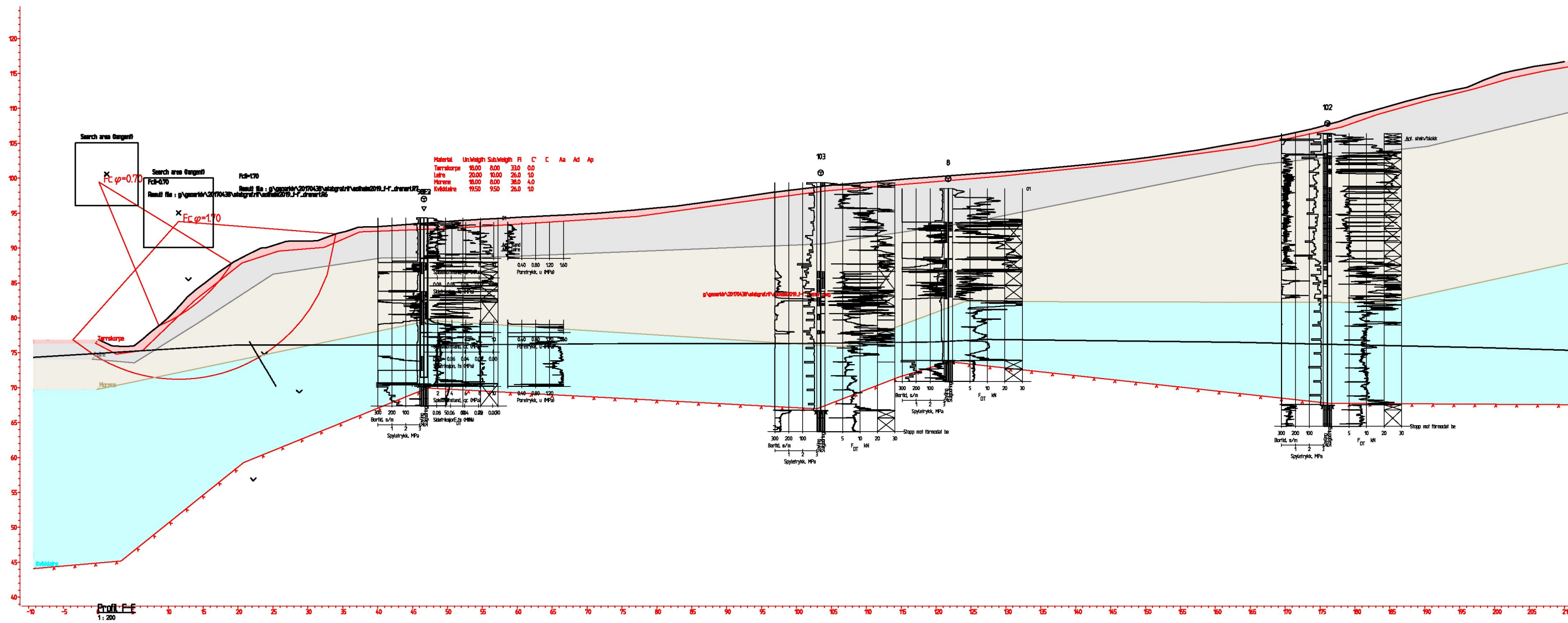


NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no	Dato 28.06.2019	Konstr./Tegnet KEK	Kontrollert HHe	Godkjent KEK
Oppdragsnr. 20170438	Tegningsnr. 026	Rev. 0		

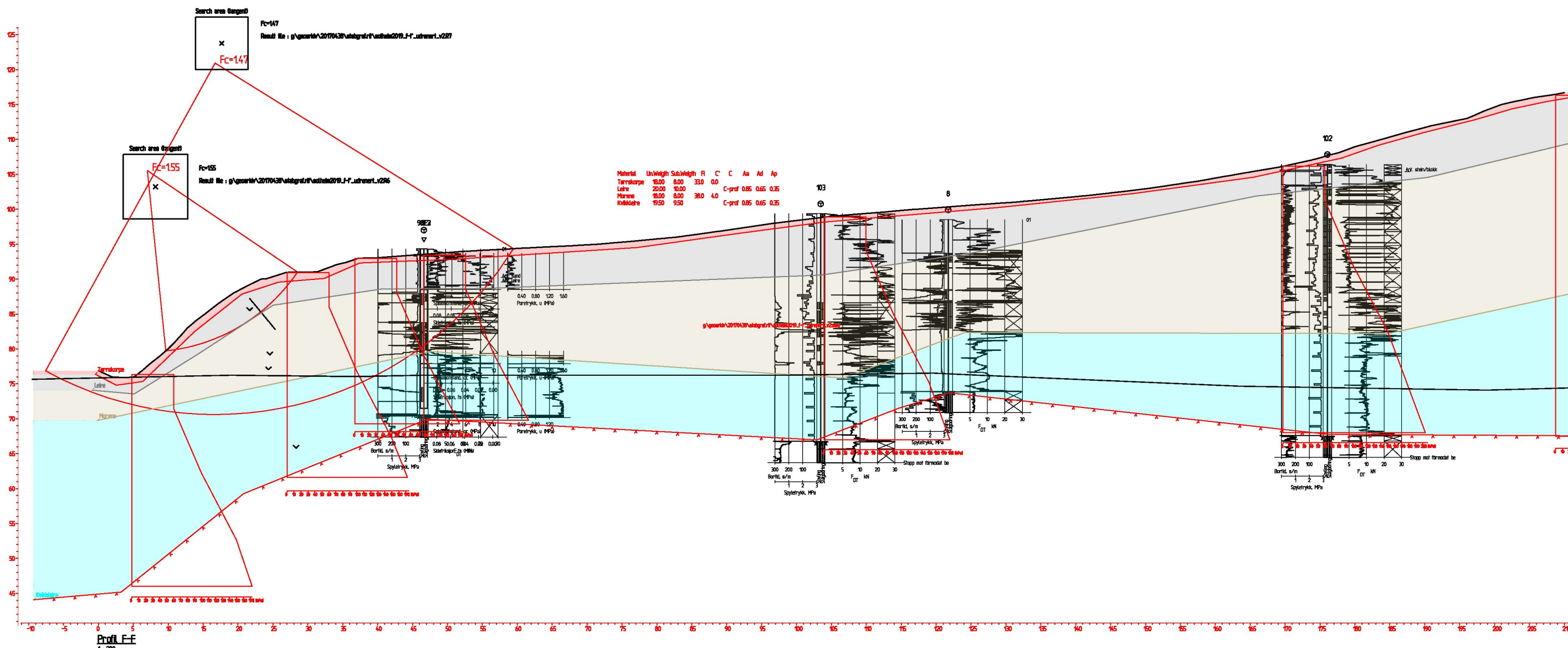





Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.1 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg			
Stabilitetsberegning profil E-E' Udrenert analyse		Målestokk 1500			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 28.06.2019	Konstr./Tegnet KEk	Kontrollert HHe	Godkjent KEk
Oppdragsnr. 20170438		Tegningsnr. 027		Rev. 0	

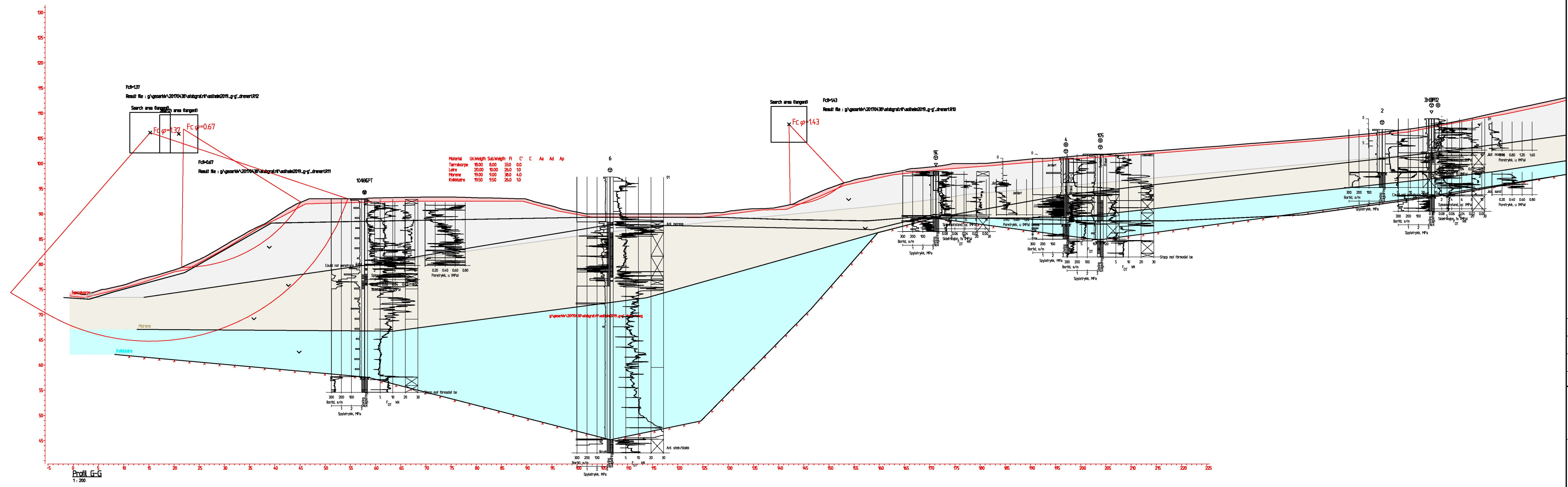


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.2 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg			
Stabilitetsberegning profil F-F' Drenert analyse		Målestokk 1600			
NGI Sognsveien 72 - PO Box 3930 Ullevål Stadion NO-0806 Oslo, Norway T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 48 www.ngi.no		Dato 28.06.2019 Oppdragsnr. 20170438	Konstr./Tegnet KEk Tegningsnr. 028	Kontrollert HHe	Godkjent KEk Rev. 0



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-
<b>Halden kommune</b> <b>Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen</b>		Status Original format A-3.2 Tegningens filnavn 2019-06-28 plot.dwg			
Stabilitetsberegning profil F-F' Udrenert analyse		Målestokk <b>1600</b>			
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 28.06.2019 Oppdragsnr. <b>20170438</b>	Konstr./Tegnet KEK Tegningsnr. <b>029</b>	Kontrollert HHe	Godkjent KEK Rev. <b>0</b>





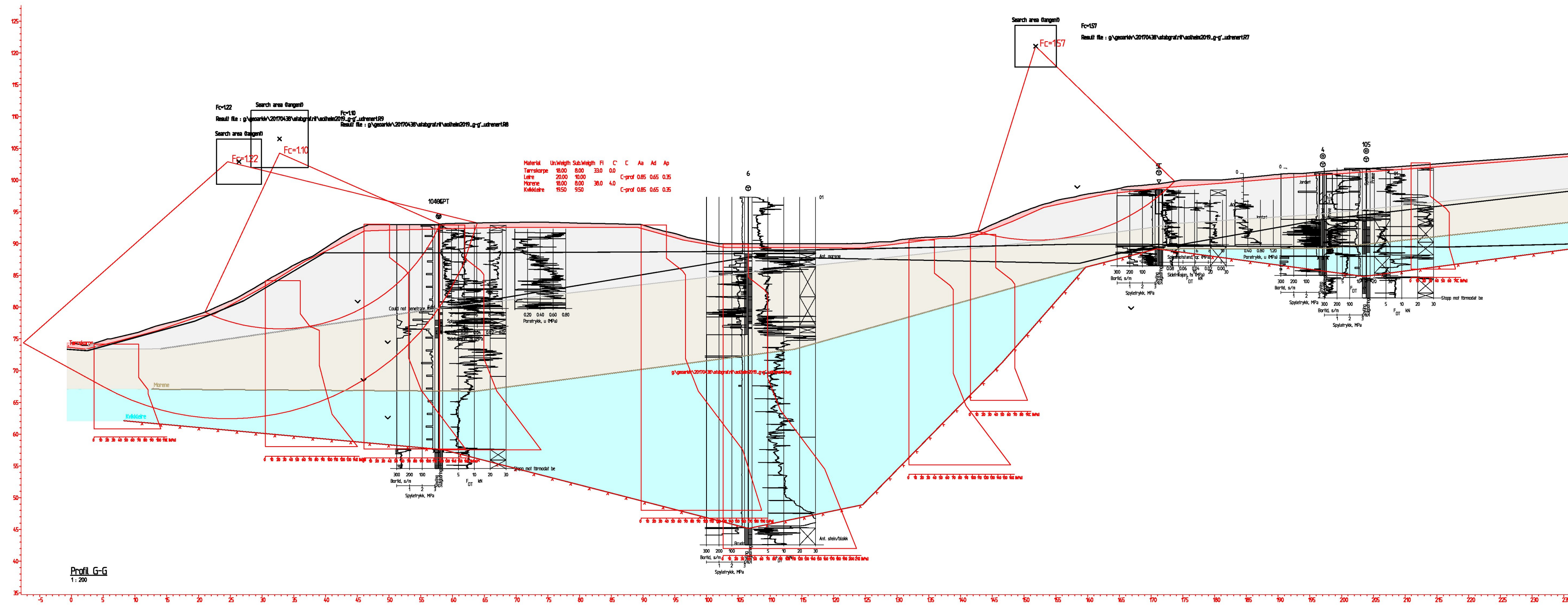
Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

Halden kommune  
Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen

Stabilitetsberegning profil G-G  
Drenert analyse

Status: Original format  
A-3.1  
Tegningens filnavn: 2019-06-27\_plot.dwg  
Målestokk: 1500

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: 28.06.2019 Oppdragsnr.: 20170438	Konstr./Tegnet: KEK Tegningsnr.: 030	Kontrollert: HHe	Godkjent: KEK
---	---	---	------------------	---------------



Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
-	-	-	-	-	-

Halden kommune  
 Skredfarevurd. Solheim og Trolltangen

Status  
 Original format  
 A-3.1  
 Tegningens filnavn  
 2019-06-28\_plot.dwg

Stabilitetsberegning profil G-G  
 Udrenert analyse

Målestokk  
 1500

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	Konstr./Tegnet	Kontrollert	Godkjent
	28.06.2019	KEK	HHe	KEK
	Oppdragsnr.	Tegningsnr.	Rev.	
	20170438	031	0	

# Vedlegg A

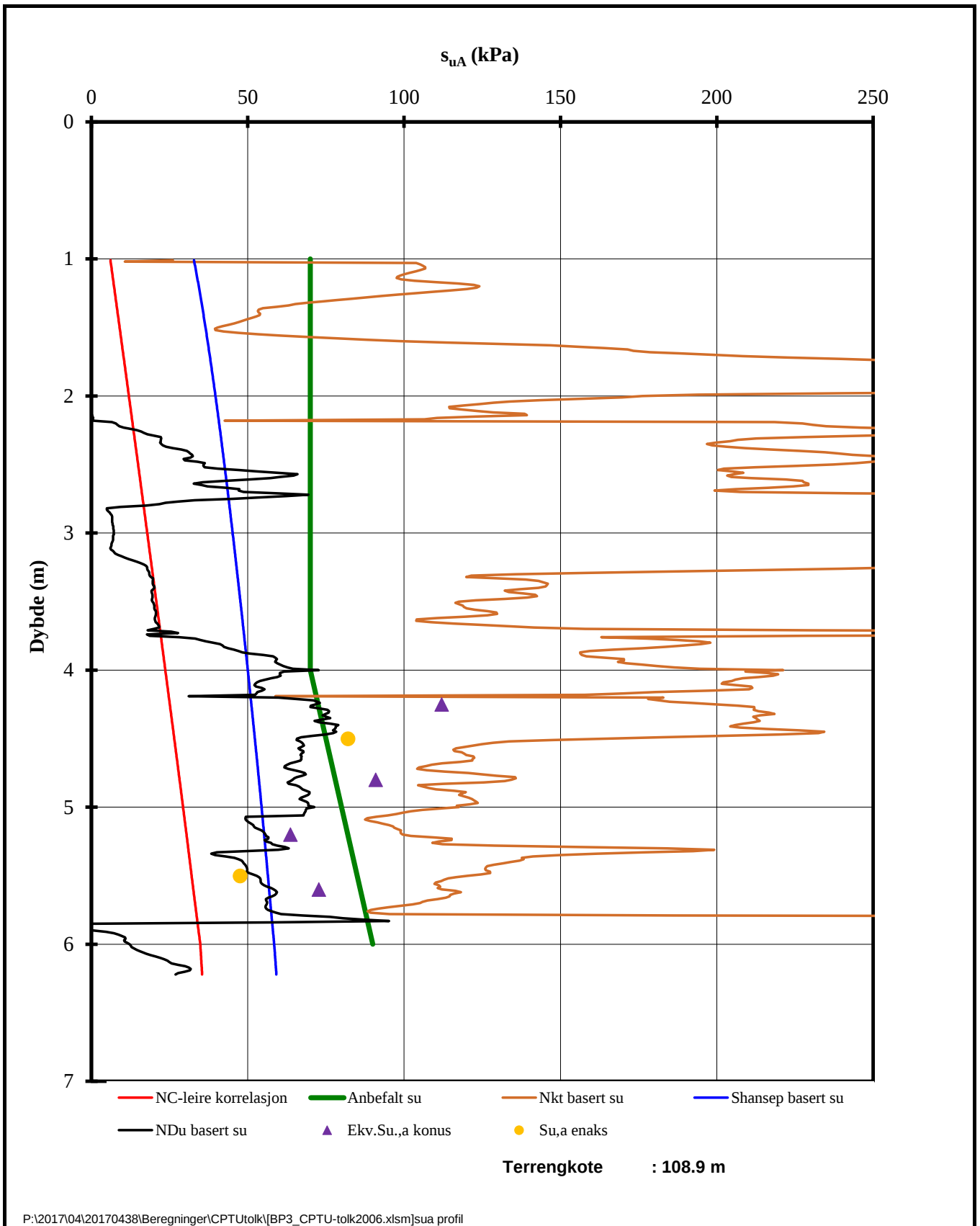
## CPTU-TOLKNINGER

### Innhold

A1 CPTU-tolkning

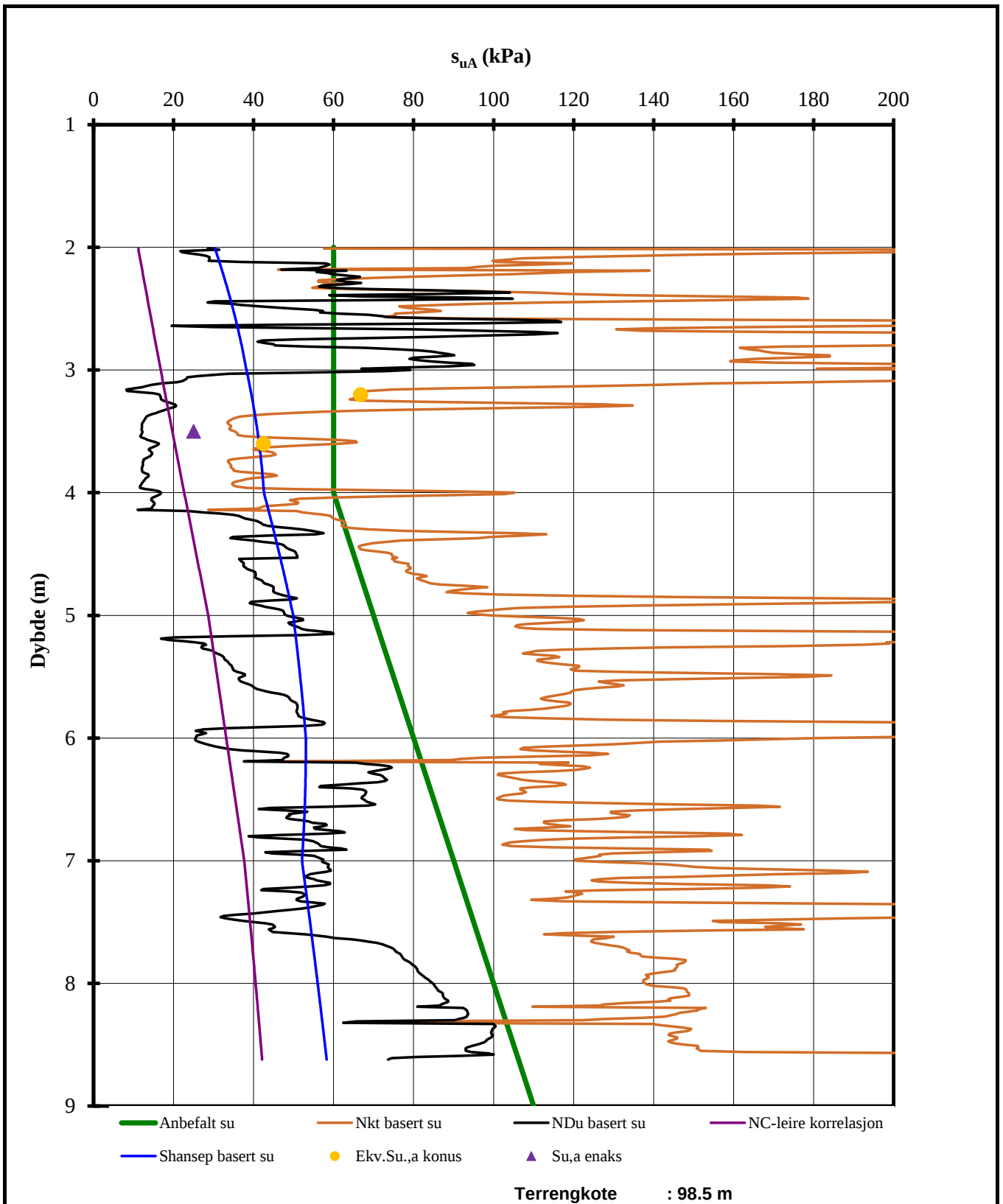
2





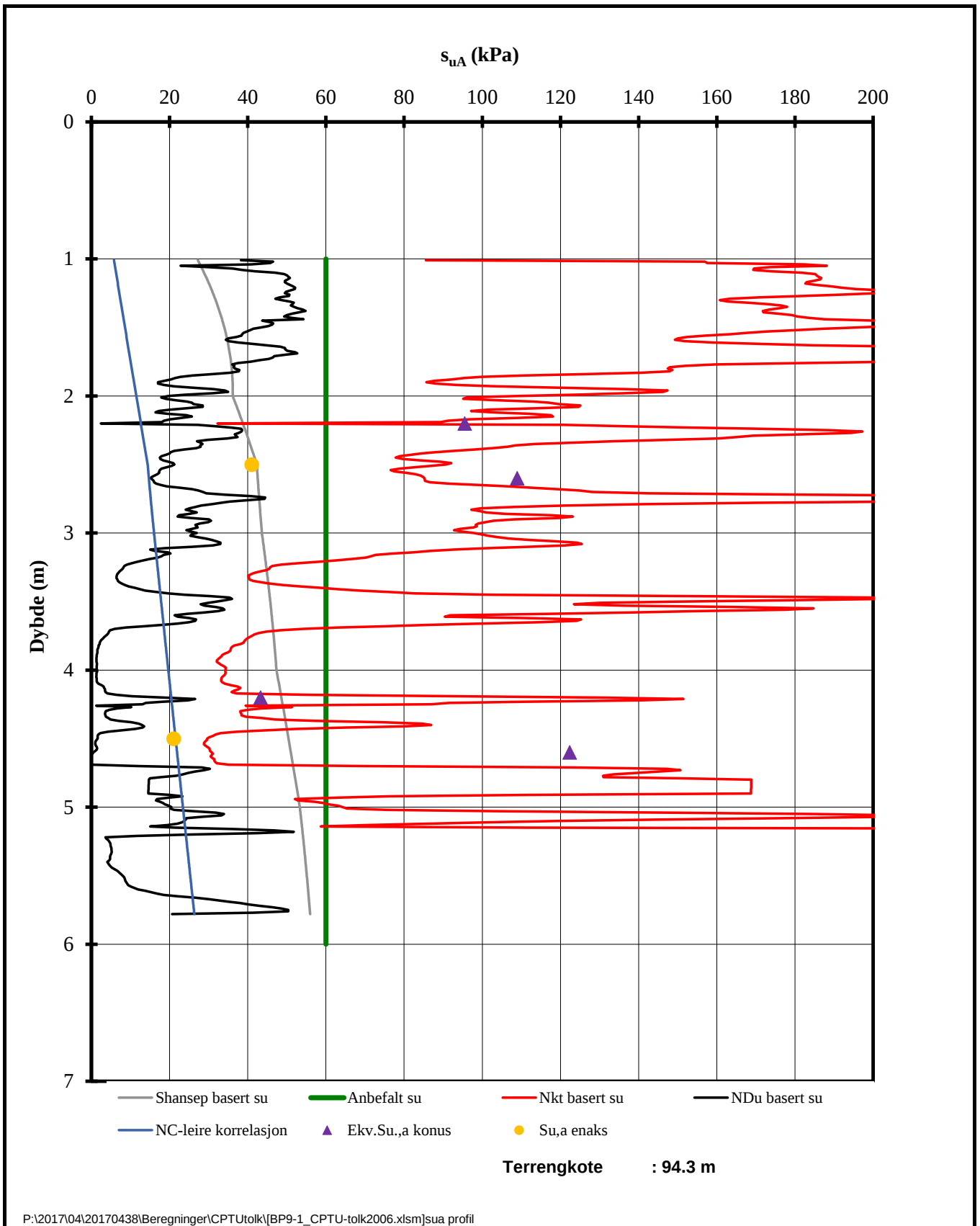
P:\2017\04\20170438\Beregninger\CPTUtolk\BP3\_CPTU-tolk2006.xlsm\sua profil

<b>Halden, Trolltangen og Solheim</b>	Rapport nr. <b>20170438</b>	Figur nr. <b>A01</b>
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep.  Borhull 3	Tegner <b>KEk</b>	Dato <b>06.09.2018</b>
	Kontrollert <b>ZL</b>	
	Godkjent <b>KEk</b>	



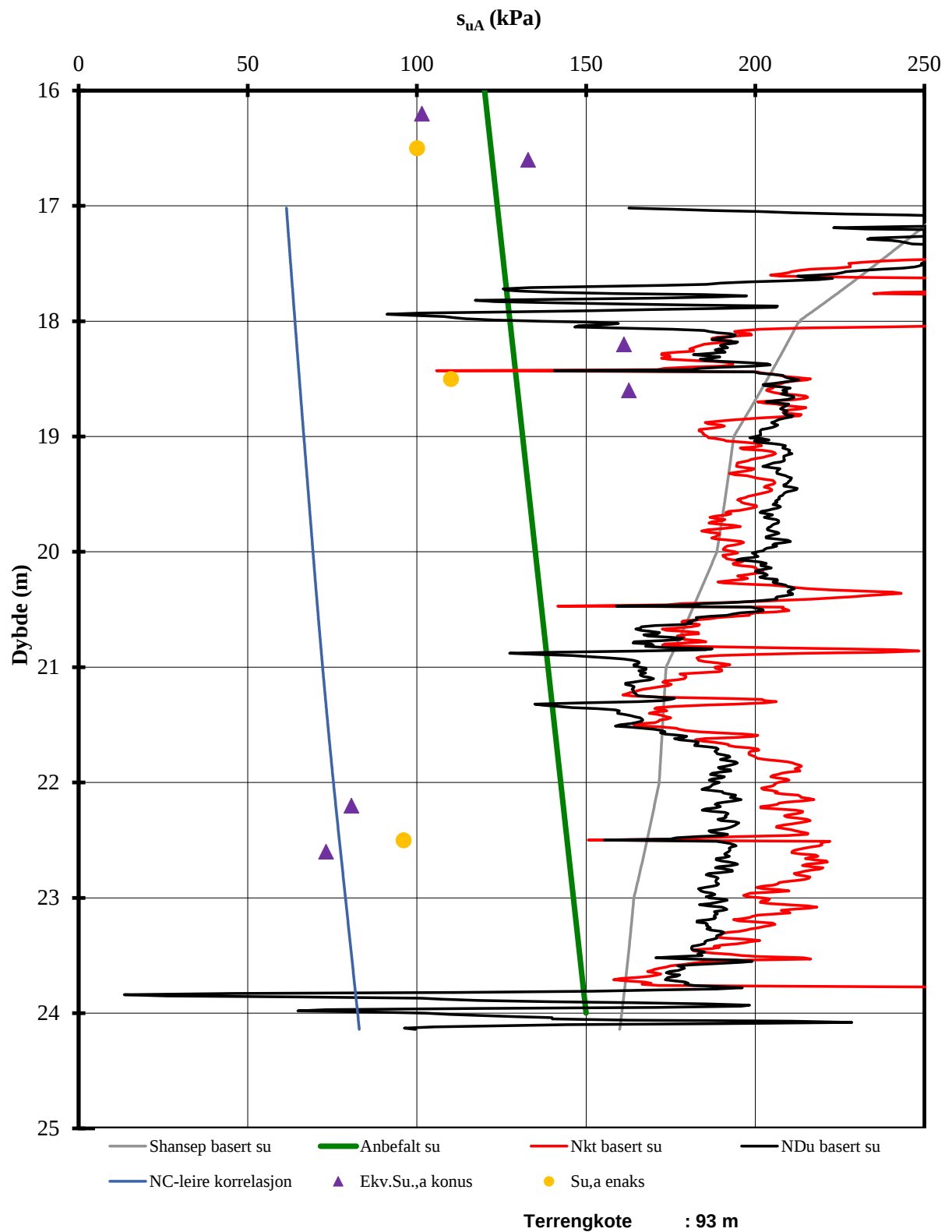
P:\2017\04\20170438\Beregninger\CPTUtolk\BP5\_CPTU-tolk2006.xlsm]sua profil

<b>Halden, Trolltangen og Solheim</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20170438	A02
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep. Borhull 5	Tegner	Dato
	KEk	06.09.2018
	Kontrollert	
ZL		
	Godkjent	
	KEk	



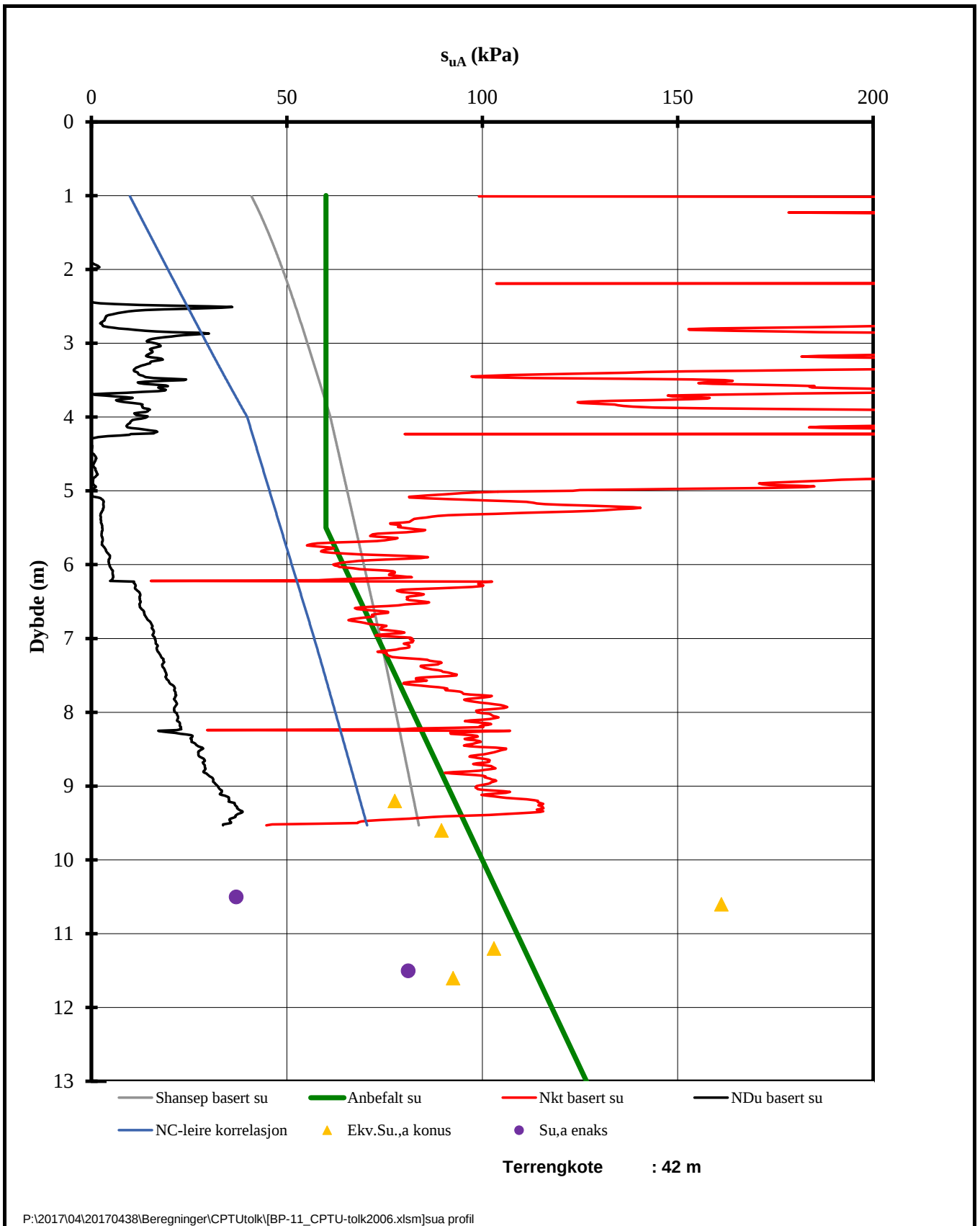
P:\2017\04\20170438\Beregninger\CPTUtolk\BP9-1\_CPTU-tolk2006.xlsm\sua profil

<b>Trolltangen og Solheim, Halden</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20170438	A03
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep. Borhull 9-1	Tegner	Dato
	KEk	12.09.2018
	Kontrollert	
ZL		
	Godkjent	
	KEk	



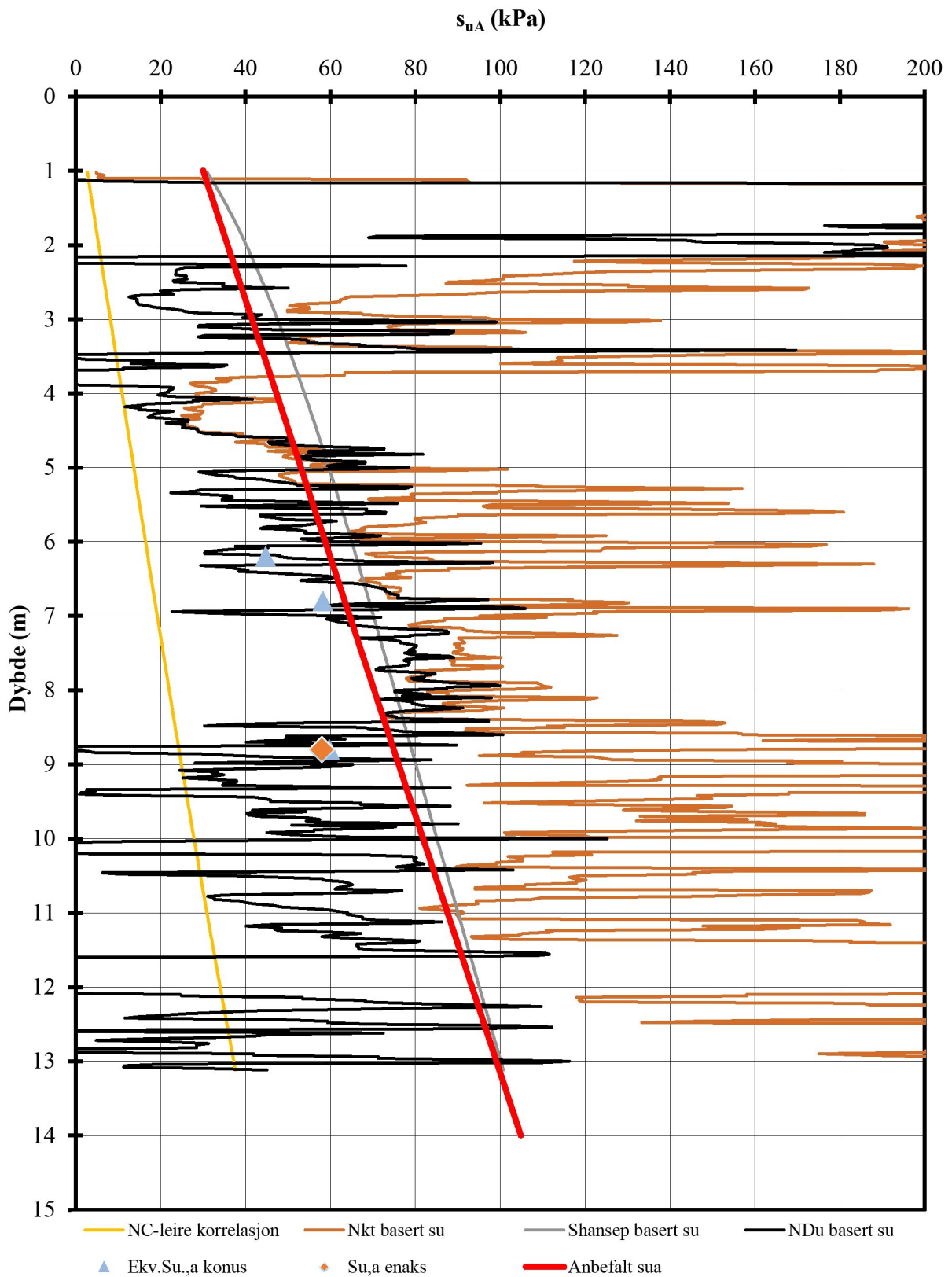
P:\2017\04\20170438\Beregninger\CPTUtolk\BP9-3\_CPTU-tolk2006.xlsm\sua profil

<b>Halden, Trolltangen og Solheim</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20170438	A04
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep. Borhull 9-3	Tegner	Dato
	KEk	06.09.2018
	Kontrollert	
ZL		
	Godkient	
	KEk	



P:\2017\04\20170438\Beregninger\CPTUtolk\BP-11\_CPTU-tolk2006.xlsm\sua profil

<b>Halden, Trolltangen og Solheim</b>	Rapport nr.	Figur nr.
	20170438	A05
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering og shansep. Borhull 11	Tegner	Dato
	KEk	12.09.2018
	Kontrollert	<b>NGI</b>
ZL		
	Godkjent	
	KEk	



P:\2017\04\20170438\Beregninger\CPTUtolk\104\_nymal\_test.xlsm\sua profil

<b>Halden, Trolltangen og Solheim</b>	Rapport nr. <b>20170438</b>	Figur nr. <b>A1</b>
	Tegner <b>KEK</b>	Dato <b>13.05.2019</b>
Aktiv skjærstyrke basert på CPTU-sondering, shansep og lab.  Borhull 104	Kontrollert <b>MMS</b>	
	Godkjent <b>KEK</b>	

# Vedlegg B

## FAKTAARK

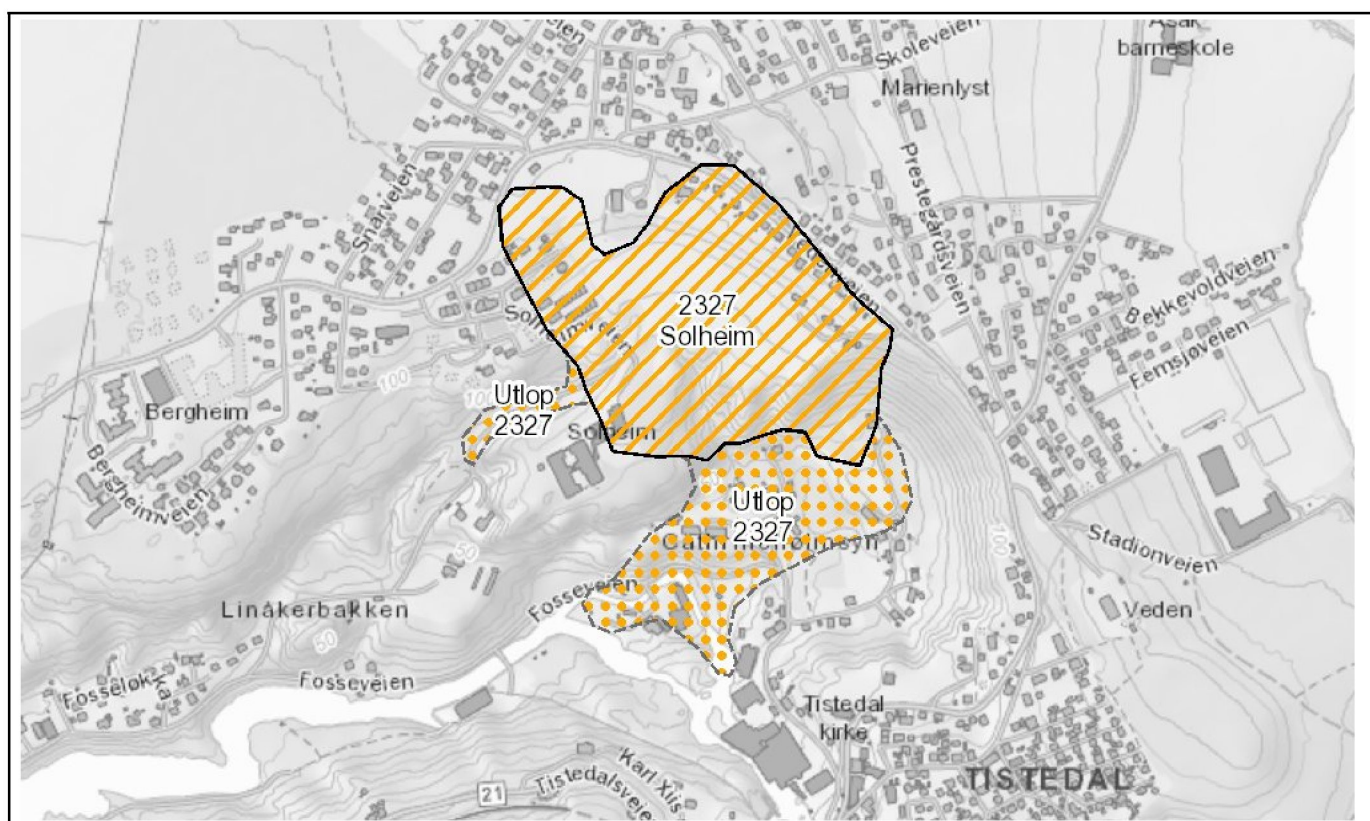
### Innhold

**B1 NVE kvikkleiresone faktaark**

**2**

# Kvikkleiresone 2327: Solheim - Kommune: Halden

Faregradklasse	Middels
Konsekvensklasse	Alvorlig
Risikoklasse	3
Grunnforhold	Kvikkleire påvist, sikkerhetsfaktor < 1,4
Sonestatus	Supplerende undersøkelser/stabilitetsberegning
Opprettet	28.6.2019
Sist oppdatert	28.6.2019
Sist oppdatert av	STIFTELSEN NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT



## Bemerkninger

Sonen er opprettet etter grunnundersøkelser i to runder og stabilitetsberegninger i 6 profiler for Halden kommune. Det er stabilitet < 1,4 i flere av profilene, både for drenert og udrenert analyse. Det bør utføres sikringstiltak, særlig erosjonssikring i ravinen vil være aktuelt.

## Referanser



Fareberegning					
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Har gått tidligere skred i løsmasser i området før (NVE Atlas Skrednett), sonen grenser til en stor, antatt svært gammel, skredgrop.	Noe	2	1	2
Skråningshøyde i meter	Svært høy og bratt skråning, over 40 m høy.	>30	3	2	6
Forkonsolidering pga terrengsenkning	Noe overkonsolidert, tolket fra CPTU-sonderinger i flere borpunkt.	1,5-2,0	1	2	2
Poretrykk	Hydrostatisk poretrykk. Det er satt ut flere poretrykksmålere i sonen.	Hydrostatisk	0	3	0
Kvikkleiremektighet	Sprøbruddsmateriale fra topp av terreng til 5-6 m dybde, deretter et tykt morenelag. Under morenelaget et kvikkleirelag (påvist ved labanalyser på prøver).	H/4-H/2	2	2	4
Sensitivitet	Kvikkleirelaget har stor sensitivitet, St=200-300.	>100	3	1	3
Erosjon	Det pågår noe erosjon i ravinen midt i skråningen. Også vann fra overvannsrør som graver i ravineskråningen.	Noe	2	3	6
Inngrep	Ingen.	Ingen	0	3	0
Total poengsum					23
Prosent av maks					45.10
Sist oppdatert	28.6.2019				

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	Det er flere boligfelt ved og dels i sonen. Solheim sykehjem ligger delvis innenfor sonen.	Tett > 5	3	4	12
Næringsbygg	Ingen.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen.	Ingen	0	1	0
Veier	Vedervegen/Grimsrødhøgda har ÅDT >3000 (fra NVDT, Vegvesenet).	1001-5000	2	2	4
Toglinje	Ingen.	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Kun lokalt kraftnett (fra NVE	Lokal	0	1	0

**Konsekvensberegning**

	Atlas).				
Oppdemning	Et skred vil antageligvis ikke demme opp elven nedenfor sonen, massene vil stoppe i øyen/bakevjen.	Liten	1	2	2
Total poengsum					18
Prosent av maks					40.00
Sist oppdatert	28.6.2019				

<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>		
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Vurdering av skredfare etter grunnundersøkelser 2019, Trolltangen og Solheim, Halden		<b>Dokumentnr./Document no.</b> 20170438-04-R
<b>Dokumenttype/Type of document</b> Rapport / Report	<b>Oppdragsgiver/Client</b> Halden kommune	<b>Dato/Date</b> 2019-06-28
<b>Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract</b> Oppdragsgiver / Client		<b>Rev.nr.&amp;dato/Rev.no.&amp;date</b> 0 /
<b>Distribusjon/Distribution</b> BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
<b>Emneord/Keywords</b> kvikkleire, skredfare, grunnundersøkelser, stabilitetsberegninger		

<b>Stedfesting/Geographical information</b>	
<b>Land, fylke/Country</b> Norge, Østfold	<b>Havområde/Offshore area</b>
<b>Kommune/Municipality</b> Halden	<b>Felt navn/Field name</b>
<b>Sted/Location</b> Trolltangen og Solheim	<b>Sted/Location</b>
<b>Kartblad/Map</b>	<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone: Øst: Nord:	<b>Koordinater/Coordinates</b> Projeksjon, datum: Øst: Nord:

<b>Dokumentkontroll/Document control</b> Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
<b>Rev/Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egenkontroll av/ Self review by:</b>	<b>Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:</b>	<b>Uavhengig kontroll av/ Independent review by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:</b>
0	Originaldokument	2019-06-18 Kristine H H Ekseth	2019-06-26 Håkon Heyerdahl		

<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>	<b>Dato/Date</b> 28. juni 2019	<b>Prosjektleder/Project Manager</b> Kristine H. H. Ekseth
--	-----------------------------------	---

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](http://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](http://www.ngi.no)

