

---

RAPPORT

---

Områdestabilitetsrapport Knattås



Kunde: Grålum og Yven Eiendom AS

Prosjekt: Knattås, Grålum - Områdestabilitet

Prosjektnummer: 10222304

Dokumentnummer: RIG-R01

Rev.: 02

## Sammendrag:

Sweco Norge AS er engasjert som geoteknisk rådgiver (RIG) i forbindelse med reguleringen av et boligfelt ved Knattås i Grålum i Sarpsborg kommune. Det stilles krav til en geoteknisk vurdering av grunnforholdene i reguleringsprosessen. I henhold til NVEs regelverk skal vurdering av skredfare skje senest på reguleringsplannivå. Oppdragsgiver er Grålum og Yven Eiendom AS. Det er tidligere utført en innledende områdestabilitetsanalyse etter NVEs kvikkleireveileder 7/2014. Denne rapporten er utført etter NVEs oppdaterte kvikkleireveileder 1/2019.

Grunnundersøkelsene fra området viser kvikkleire og sprøbruddsmaterialer på store deler av jordbrukseieendommen nord for reguleringsområdet. Det er fare for at et retrogressivt skred kan utvikle seg fra dette området og opp i det regulerte området. Beregningene viser at også ny bebyggelse krever stabiliserende tiltak.

Det anbefales at det stabiliseres med kalksement for å bedre skråningsstabiliteten og faren for retrogressive skred opp mot reguleringsområdet.

## Rapporteringsstatus:

- Endelig  
 Oversendelse for kommentar  
 Utkast

<b>Utarbeidet av:</b> Vegard Söderholm	<b>Sign.:</b>  Digitally signed by Vegard Söderholm Date: 2021.03.29 16:46:57 +02'00'
<b>Kontrollert av:</b> Lars Kristian Hov	<b>Sign.:</b>  Digitally signed by Lars Hov DN: cn=Lars Hov, o=NO, o=Sweco Norge AS, ou=Oslo, email=lars.kristian.hov@sweco.no Date: 2021.03.29 16:51:49 +02'00'
<b>Prosjektleder:</b> Lars Kristian Hov	<b>Prosjekteier:</b> Pernille Aas

## Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
02	29.03.2021	Endret plangrense, vurdering gang-/sykkelvei	NOVESO	NOLAHH
01	10.03.2021	Første leveranse	NOVESO	NOLAHH

# Innholdsfortegnelse

1	Innledning .....	1
2	Grunnlag .....	4
2.1	Grunnundersøkelser .....	4
2.1.1	Tilgjengelige grunnundersøkelser .....	6
2.2	Terreng og grunnforhold .....	6
2.2.1	Berggrunn.....	7
2.2.2	NGUs løsmassekart .....	7
2.3	Marin grense og kartlagte faresoner .....	8
3	Geoteknisk prosjektering .....	9
3.1	Regelverk og standard .....	9
3.2	Tiltaksklasse iht. Veileder 1/2019 .....	10
3.3	Krav til kontroll.....	10
3.4	TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger .....	10
3.5	TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet.....	10
4	Befaring .....	10
5	Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone.....	13
5.1	Aktuelle skredmekanismer.....	14
5.2	Løsneområde .....	14
5.3	Utløpsområde.....	16
6	Klassifisering av faresone .....	17
6.1	Faregradsklassifisering .....	18
6.2	Skadekonsekvensklasser.....	20
6.3	Risikoklasse .....	21
7	Kritiske snitt og materialparametere .....	21
7.1	Kritiske snitt.....	21
7.2	Lagdeling og løsmassemektighet .....	22
7.3	Grunnvannstand og poretrykksforhold.....	22
7.4	Konsolidering/overlagringstrykk .....	24
7.5	Materialparametere .....	25
7.6	Laster .....	27
8	Stabilitetsvurderinger .....	27
8.1	Dagens situasjon.....	27
8.2	Sikringsbehov for nye tiltak .....	28
8.2.1	Mulige sikringstiltak .....	28
8.2.2	Stabilitet etter sikringstiltak.....	28
8.2.3	Omfang sikringstiltak.....	29

---

8.4	Gang- og sykkelvei.....	29
9	Stabiliserende tiltak.....	30
9.1	Anbefalte sikringstiltak .....	30
9.2	Miljø og landskapspåvirkning .....	31
9.3	Prosjektering av sikringstiltak.....	31
9.4	Kontroll på byggeplass.....	32
9.5	Sikkerhet-, helse- og arbeidsmiljø (SHA).....	32
10	Konklusjon .....	32
11	Referanser .....	33

---

## Vedleggsliste

---

Vedlegg nr.	Tittel
1	CPTu Tolkning av aktiv udrenert skjærfasthet (SuA) til leire
2	RIG 01: Borplan med snitt (A-H) og antatt kritiske snitt til stabilitetsberegninger snitt (A-C)
3	RIG Terrengmodell - Høydeanalyse
4	RIG 03: Terrengmodell - Skråningsanalyse
5	RIG 04: Terrengmodell/bergmodell - Dybder til berg
6	RIG 05-01: Profil A-C
7	RIG 05-02: Profil D-H
8	RIG 06-01: Stabilitetsberegninger Profil A-A (Su)
9	RIG 06-02: Stabilitetsberegninger Profil A-A (APhi)
10	RIG 07-01: Stabilitetsberegninger Profil B-B (Su)
11	RIG 07-02: Stabilitetsberegninger Profil B-B (APhi)
12	RIG 08-01: Stabilitetsberegninger Profil C-C (Su)
13	RIG 08-02: Stabilitetsberegninger Profil C-C (APhi)
14	RIG 09: Stabilitetsberegninger Profil A-A (Su med tiltak KS-peler)
15	RIG 10: Stabilitetsberegninger Profil B-B (Su med tiltak KS-peler)
16	RIG 11: Stabilitetsberegninger Profil C-C (Su med tiltak KS-peler)
17	RIG 12: Avgrensning av løснеområder og utløpsområder

---

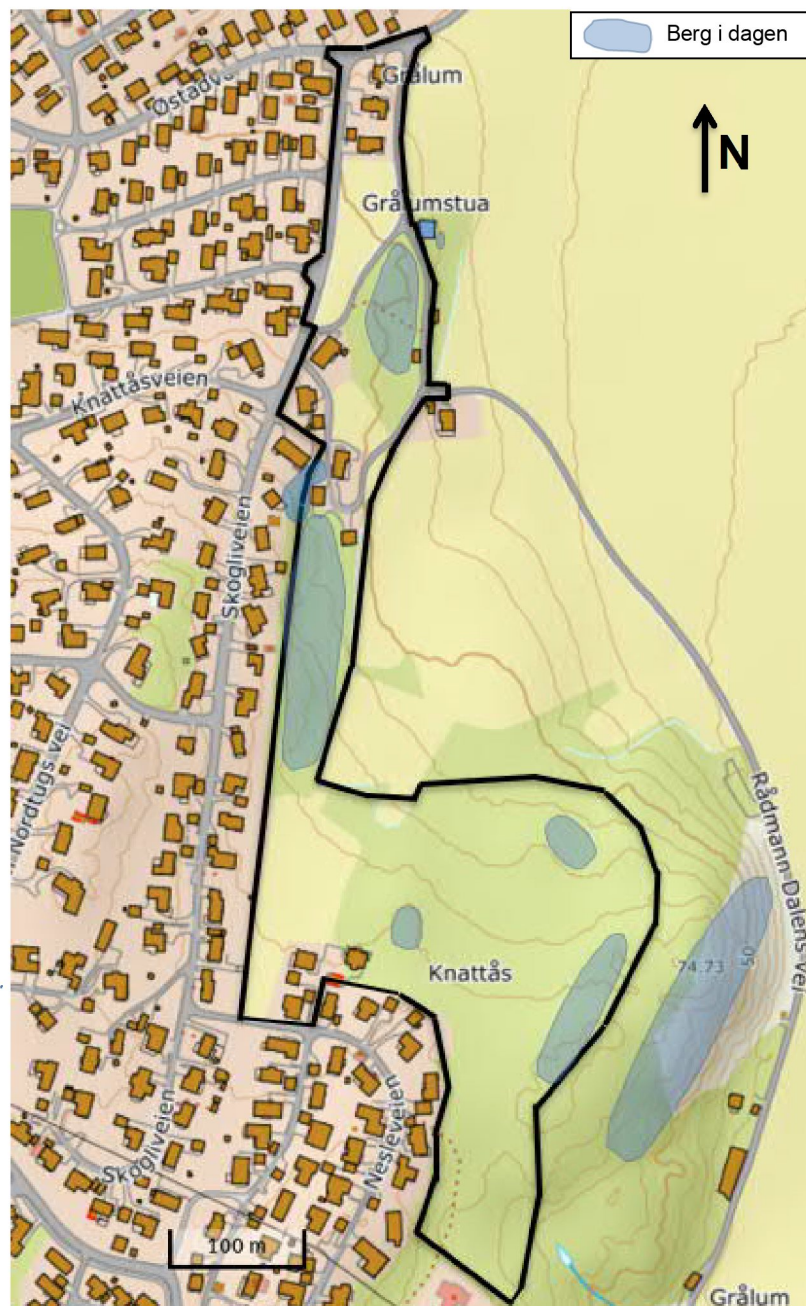
# 1 Innledning

Sweco Norge AS er engasjert som geoteknisk rådgiver (RIG) i forbindelse med reguleringen av et boligfelt ved Knattås i Grålum i Sarpsborg kommune. Det stilles krav til en geoteknisk vurdering av grunnforholdene i reguleringsprosessen. I henhold til NVEs regelverk skal vurdering av skredfare skje senest på reguleringsplannivå. Oppdragsgiver er Grålum og Yven Eiendom AS. Det er tidligere utført en innledende områdestabilitetsanalyse etter NVEs kvikkleireveileder 7/2014. Denne rapporten er utført etter NVEs oppdaterte kvikkleireveileder 1/2019.

Notatet vurderer områdestabiliteten for ovennevnte boligfelt og ny gang- og sykkelvei nord for boligfeltet.

Sweco har utført grunnundersøkelser på området. Det vises til separat datarapport [2].

Kartet på følgende side viser planområdets avgrensning med svart strek.



**Kart 1:** Planområdet ved Knattås med berg i dagen

Tabell 1: Tiltakskategorier med eksempler på type tiltak.

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	<p><b>Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer</b>            Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger</p>
K1	<p><b>Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer</b>            Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)</p>
K2	<p><b>Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting</b>            Massedepotier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger</p>
K3	<p><b>Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi</b>            Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg</p>
K4	<p><b>Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner</b>            Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg</p>

Detaljreguleringen gjelder etablering av nye boliger og en adkomstvei. Det er planlagt flere boenheter enn 2 så tiltaket faller inn under tiltakskategori K4 i henhold til Tabell 1.



Tabell 2: Anbefalt detaljeringsnivå for vurderinger på ulike plannivå.

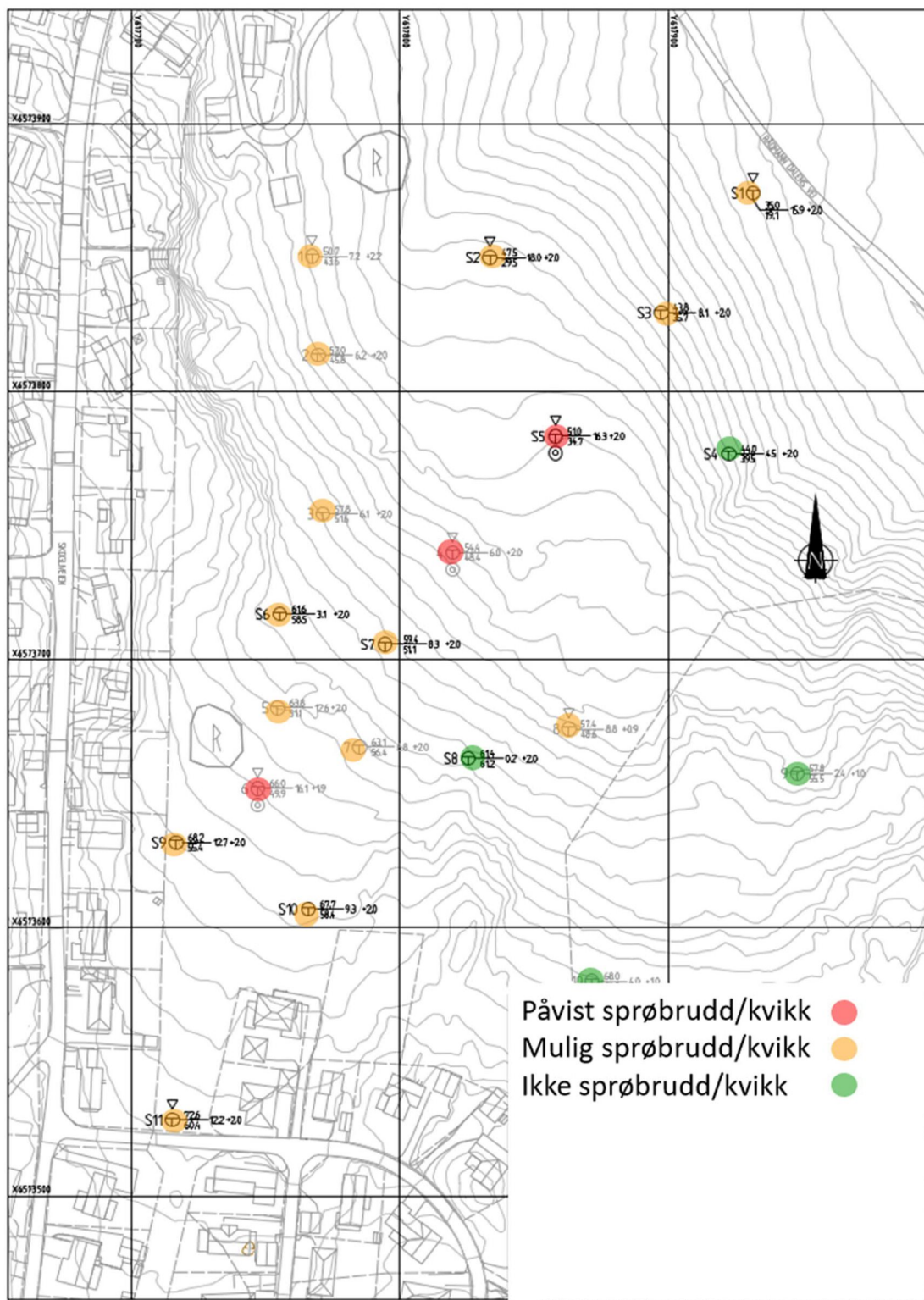
	Steg i prosedyren	Anbefalt detaljeringsnivå for arealplaner	Kommuneplan	Områderegulering	Detaljregulering
AKTSOMHETS-OMRÅDER	1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	X	X	X
	2	Avgrens områder med mulig marin leire	X	X	X
	3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	(x)	X	X
UTREDNING AV FARESONER	4	Bestem tiltakskategori	(x)	X	X
	5	Gjennomgang av grunnlag	(x)	(x)	X
	6	Befaring		(x)	X
	7	Gjennomfør grunnundersøkelser		(x)	X
	8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder		(x)	X
	9	Klassifiser faresoner		(x)	X
	10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet		(x)	X
	11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser		(x)	X

Vurderingen omfatter en detaljreguleringsplan og dermed må alle punktene i prosedyren vist i Tabell 2 følges.

## 2 Grunnlag

### 2.1 Grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i to omganger. Førstegang i oktober 2018 og så supplerende grunnundersøkelser i februar 2019. Det er totalt utført 21 stk. totalsonderinger, 8 stk. CPTu'er og tatt opp prøver fra 3 borhull [1], se Figur 1.



Figur 1: Borplan markert med påviste og mulige sprøbrudd- og kvikkleirepunter.

## 2.1.1 Tilgjengelige grunnundersøkelser

Tabell 3: Oversendte grunnundersøkelsesrapporter/Tidligere grunnundersøkelser

Beskrivelse	Dokumentnr.	Dato	Utarbeidet av	Område
Regulering boligfelt Knattås, Grunnundersøkelser, Datarapport	28741001-1 rev.01	08.02.2019	Sweco Norge AS	Knattås
Østfoldbanen, Seut – Sarpsborg, avrop Ø-SS-59 Yvenjordet i Sarpsborg, Datarapport grunnundersøkelser	ICP-16-V-70016. rev 02A	13.08.2018	Bane NOR	Yvenjordet i Sarpsborg

## 2.2 Terreng og grunnforhold

Området strekker seg fra Museumsveien i nord langs Skogliveien. I sør er området begrenset av Nesleveien og strekker seg utover Knattåsen i øst. I nord langs Skogliveien stiger terrenget relativt bratt opptil ca. 10,0 m fra åkeren (landbruksområde) til eksisterende eneboligbebyggelse. Ved eksisterende eneboligbebyggelse er det synlig berg i dagen. Skogen er hogget bort i området.

Mellom Skogliveien og Knattåsen er det åkere (landbruksområde) som faller fra ca. kote 74,0 ved Nesleveien til ca. kote 30,0 ved Rådmann dalens vei. Mot øst stiger terrenget opp til ca. kote 78 ved toppen av Knattåsen.

Terrenget rundt Knattåsen er kupert med synlig berg i dagen noen steder (se kart 1). Her er skogen også hogget. Sør for området, langs Nesleveien, er området bebygget med eneboliger.

Langs bergskråningen ved Skogliveien viser totalsonderingene at dybden til berg varierer fra ca. 3,1 m til 6,6 m. Ved åkeren (landbruksområde) i sørvest viser totalsonderinger at dybden til berg varierer fra ca. 6,8 m til ca. 16,1 m. Rundt Knattåsen viser totalsonderingene at dybden til berg varierer fra synlig berg i dagen til ca. 4,0 m dybde. I nordøst, ved åkeren (landbruksområde) ned mot Rådmann Dalens vei, varierer dybden til berg fra ca. 4,5 til 18,0 m dybde [1].

CPTu-sonderingen indikerer middels fast til bløt leire.

Prøveseriene viser at grunnen består av sandig, leirig silt og sand ned til ca. 3,0 m dybde. Derunder er det siltig leire ned til berg. I punkt 6 er det påvist kvikkleire i ca. 12,0 m dybde, ellers er det påvist sprøbruddmateriale fra ca. 4,0 m dybde i punkt 6. Prøveserien i punkt S5 viser stedvis sprøbruddmateriale fra ca. 5,0 m dybde [1].

## 2.2.1 Berggrunn

NGUs berggrunnskart viser granitt for hele området.

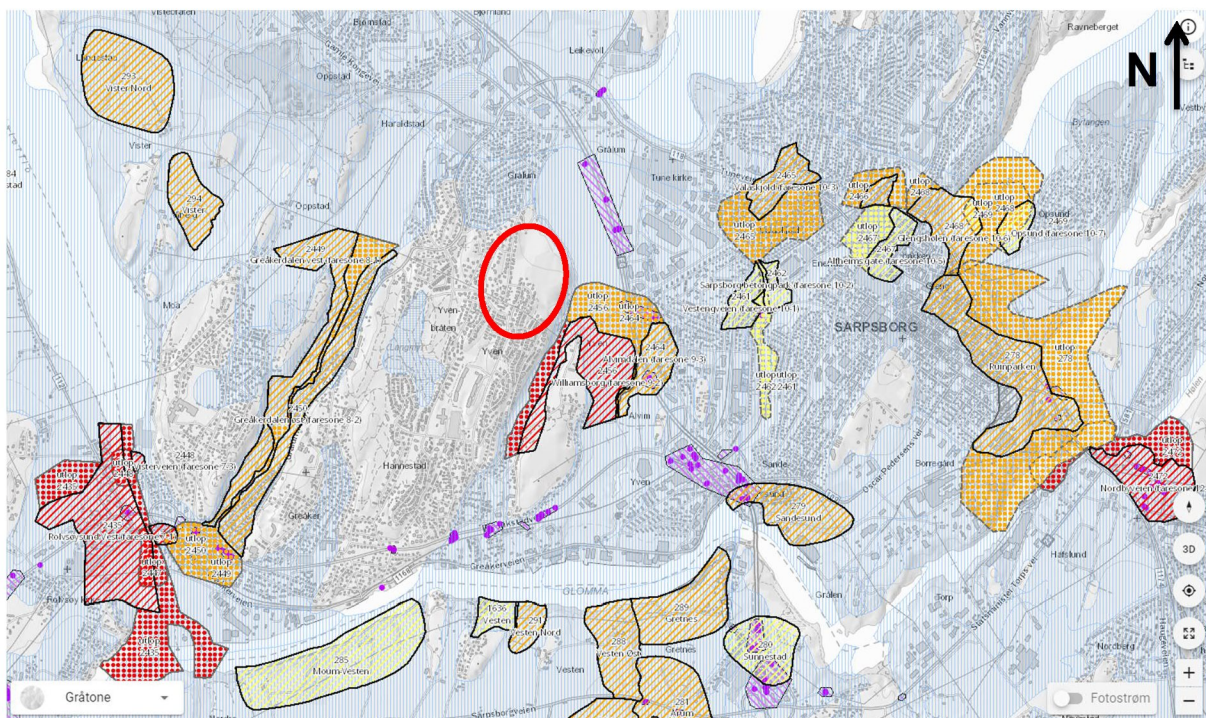
## 2.2.2 NGUs løsmassekart



Figur 2: NGUs løsmassekart viser at området består av bart fjell (rosa), Tynn hav-/strandavsetning (blå/grå) og tykk marin leire (lys blå) i området.

NGUs løsmassekart viser at området består av bart fjell (rosa), Tynn hav-/strandavsetning (blå/grå) og tykk marin leire (lys blå) i området, se Figur 2. Dette kartet er kun veiledende, og grunnundersøkelsene viser at dybdene til berg er vesentlig større en løsmassekartet antyder.

## 2.3 Marin grense og kartlagte faresoner



Figur 3: Utklipp fra Skrednett.no, viser mange kartlagte faresoner i området.

Utklipp fra skrednett.no viser flere kartlagte faresoner i nærheten. Terrenget på øvre del av området ligger over den marine grense. Grensene for mulig marin avsetning tilsier at det ikke er kvikkleire/sprøbruddsmaterialer på det aktuelle området. Grunnundersøkelsene viser at dette ikke er tilfellet [1]. Lilla punkter i kartet er borpunkter med registrert kvikkleire. Området ligger under øvre marine grense.

Den nærmeste kartlagte faresonen er Williamsborg (faresone 9-2) denne sonen ligger ca. 500 m unna og har høy faregrad, meget alvorlig konsekvens og ligger i risikoklasse 5, se Figur 3.

## 3 Geoteknisk prosjektering

### 3.1 Regelverk og standard

Gjeldende regelverk og prosjekteringsstandarder legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen:

- Plan og bygningsloven
- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016 (Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler)
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 (Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger)
- NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 (Eurokode 8 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning - Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold)
- Hvis relevant: NS3458:2004 Komprimering – Krav og utførelse
- Byggteknisk forskrift (TEK 17)
- Byggesaksforskriften (SAK 10)

I tillegg, i den grad de er relevante, benyttes følgende veiledninger og håndbøker:

- Veiledning til TEK 17
- Statens vegvesen (SVV), Håndbok N200 Vegbygging, 2018
- Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging, 2018
- Statens vegvesen, Håndbok V221 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, 2014
- Norsk Geoteknisk Forening (NGF), Peleveiledningen, 2019
- Norsk Geoteknisk Forening (NGF), Kalksementveileder, 2012
- Statens vegvesen, rapport nr. 604 Jordskjelvdesign i Statens vegvesen, 2017.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, Retningslinjer nr. 2/2011 Flaum og skredfare i arealplanar, 2014.
- Norges vassdrags- og energidirektorat ekstern rapport nr. 9/2020 Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred – Metodebeskrivelse, 2020.
- Lyche, E., Strand, S.A., Oset, F., Ottesen, H.B., Viklund, M. NIFS-rapport 15/2016 Sikkerhetsfilosofi for vurdering av områdestabilitet i naturlige skråninger. s.l.: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2016.
- Norges vassdrags- og energidirektorat, Veileder nr. 2/2017 Nasjonale og vesentlige regionale interesser innen NVEs saksområder i arealplanlegging - Grunnlag for innsigelse, 2017.
- Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). NVE-faktaark 4/2020 Skred i strandsonen, 2020.

- Norges vassdrags- og energidirektorat, Veileder nr. 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred, 2019.

## 3.2 Tiltaksklasse iht. Veileder 1/2019

I henhold til Tabell 3.2 [2] «Tiltakskategori med eksempler på type tiltak» i veilederen vurderes planen plassert i Tiltaksklasse K4 grunnet tiltak som medfører større tilflytting. Dette medfører krav til sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,40$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ , ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c\phi}$  økes prosentvis iht. tabell 3.3 og figur 3.3 i kvikkleireveilederen [2]. Det skal også benyttes et sprøhetsforhold =1,15 for beregningene i kvikkleire/sprøbruddsmaterialet, dette gir en nødvendig sikkerhetsfaktor  $F_{cu} \geq 1,61$  for udrenerte beregninger.

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,20$  og  $F_{c\phi} \geq 1,25$ . Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal  $F_{cu}$  og  $F_{c\phi}$  økes prosentvis iht. tabell 3.3 og figur 3.3 i kvikkleireveilederen [2]. Kriteriene for hva som kan regnes som skråninger utenfor influensområdet til tiltaket fremgår av kap. 3.3.7 i kvikkleireveilederen [2].

## 3.3 Krav til kontroll

Reguleringsplanen er i Tiltaksklasse K4. I Tiltaksklasse K4 kreves det utført kontroll av uavhengig foretak med geoteknisk kompetanse som angitt i kap. 3.1 [2].

## 3.4 TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 § 7 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

Denne utredningen følger TEK 17 § 7-3 «Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.» Denne henviser videre til NVEs «kvikkleireveileder» 1/2019.

## 3.5 TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (altså Eurokoder med tilhørende nasjonale tillegg). Da det legges til grunn en prosjektering basert på Eurokodene som angitt i punkt 3.1, vil TEK 17 § 10 være ivaretatt.

## 4 Befaring

Det ble utført to befaringer i området rundt Knattås. Befaringene ble utført av Lars Hov (Geoteknikker, Sweco Norge AS) den 23.08.2018 og 26.02.2021. Det ble registrert berg i dagen flere steder i og rundt planområdet, se Kart 1. Det var ingen synlige tegn på foregående erosjon i området ved befaringene.

Det vises for øvrig til etterfølgende oversiktsbilder.



*Foto 1: Området sett mot nordvest med berg i dagen langs Skogliveien*



*Foto 2: Området sett mot øst med Knattåsen i bakgrunnen*





**Foto 3:** Berg i dagen langs Rådmann Dalens vei sør for Grålumstua



**Foto 4:** Området sett fra Rådmann Dalens vei mot sør

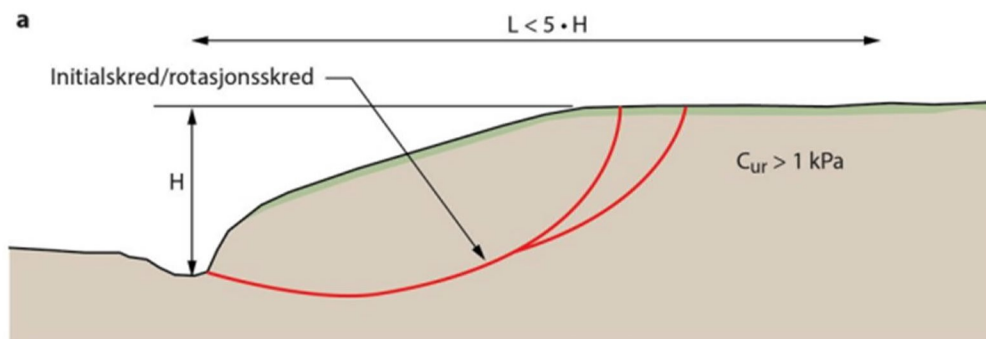
## 5 Aktuelle skredmekanismer og avgrensning av faresone

Skredmekanismen avgjør størrelsen på løsne- og utløpsområdet. Flytdiagrammet vist i Figur 4 angir metodikken for vurdering av forskjellige skredmekanismene.



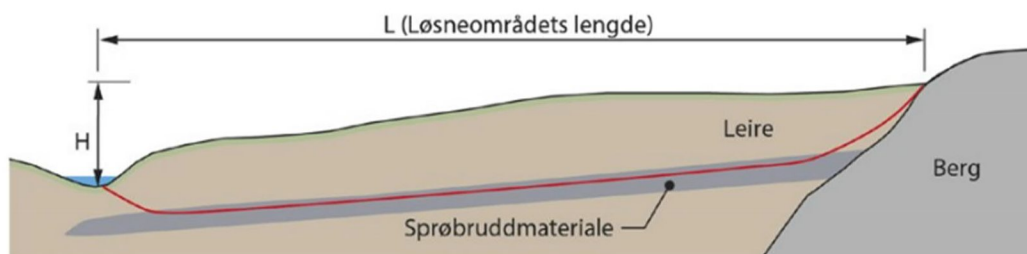
Figur 4: Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme [2]

Det er i hovedsak tre typer områdeskred; rotasjonsskred, flakskred og retrogressivt skred.



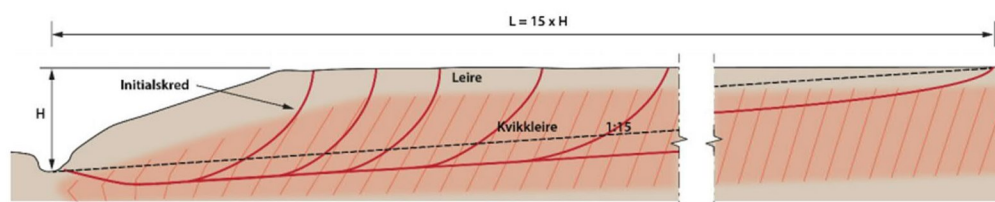
Figur 5: Rotasjonsskred [1]

Rotasjonsskred vil ha en begrenset bakovergripende utvikling ved et eventuelt skred, se Figur 5.



Figur 6: Skisse av et mulig flakskred [2].

Flakskred vil følge et svakt lag og kan gli ut i et tilnærmet sammenhengende stykke, se Figur 6.



Figur 7: Skisse av retrogressivt skred [2].

Retrogressive skred starter med et initialskred for så å utvikle seg bakover. Disse skredene kan utvikle seg til store skred, se Figur 7.

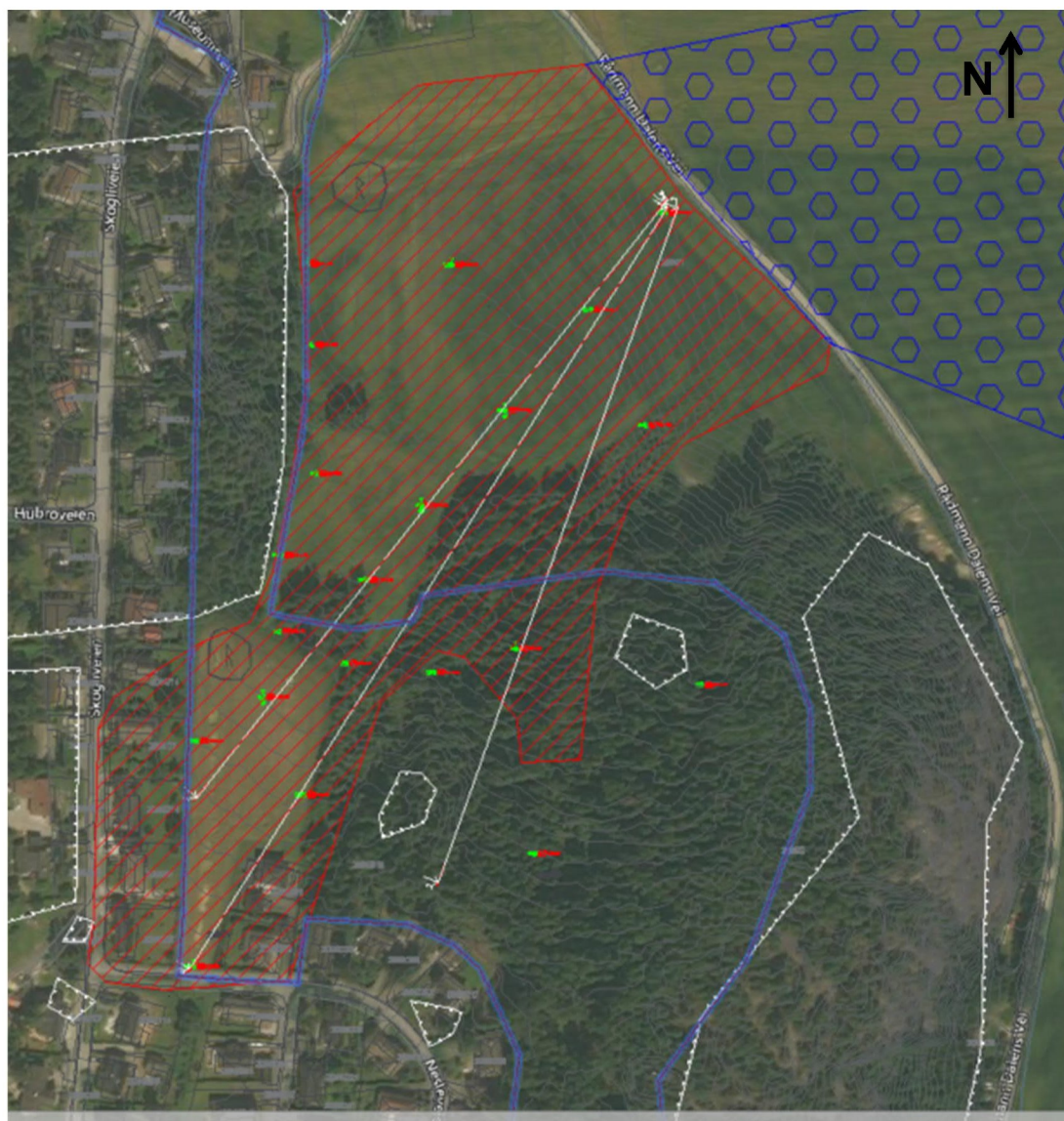
## 5.1 Aktuelle skredmekanismer

For dette området viser grunnundersøkelsene at det er varierende tykkelse på laget med sprøbruddsmaterialet. Det er kun et par punkter som defineres som kvikkleire. Flyteindeksen er stedvis mindre enn 1,2 og siden omfanget av grunnundersøkelser og opptak av prøver er begrenset er det konservativt å anta at det kan utvikle seg retrogressive skred i området.

Beregninger av løsne- og utløpsområder tar høyde for mulig retrogressivt skred.

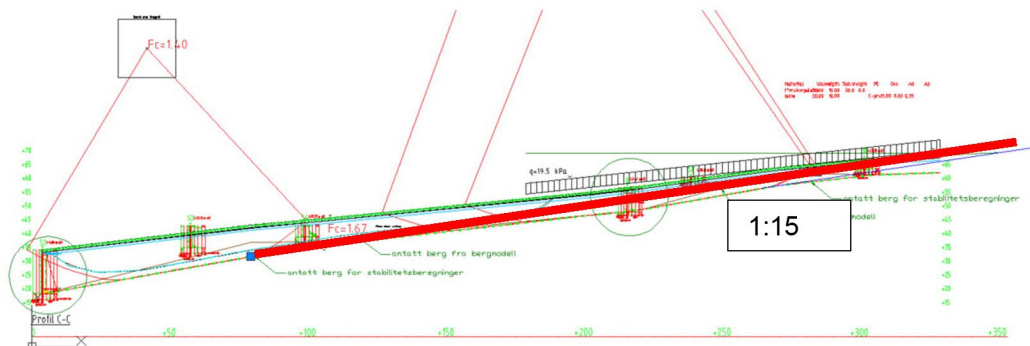
## 5.2 Løsneområde

Det kritiske snittet har lavest stabilitet ned mot Rådmann Dalens vei. Derifra kan skredet utvikle seg bakoverrettet opp mot boligområdet.



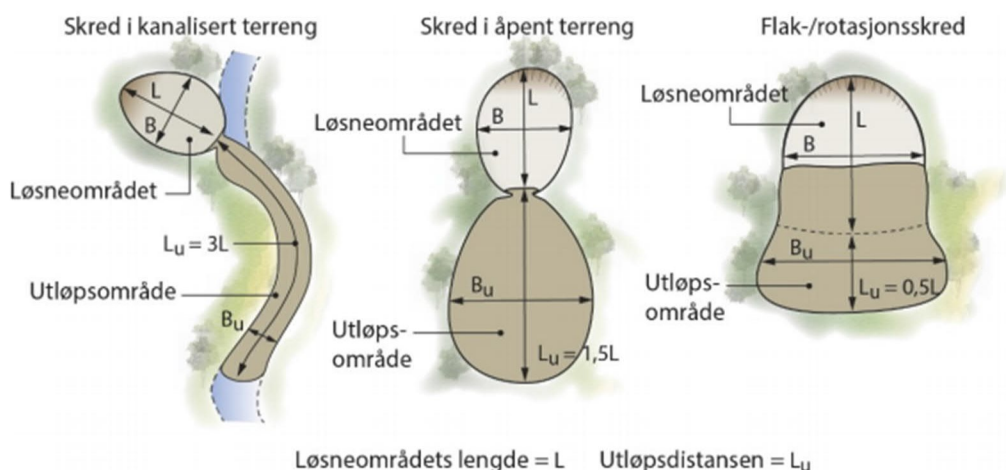
Figur 8: Største mulige løснеområde. Løснеområdet i rød skravur. Planområdet er markert med blå strek.

I sør, sørøst og vest er området avgrenset av berg, se Figur 8. Løснеområdet kan ikke ha større utstrekning enn inn til berg. I nord er løśnieområdet avsluttet der skråningshelningen er ca. 1:20 helning. For avgrensning er det benyttet en helning på 1:15 fra bunn av kritisk glidesirkel i de beregnede snittene, se Figur 9.



Figur 9: Avgrensning av løснеområdet med helning 1:15 fra bunn kritisk glideflate opp til terrenng.

### 5.3 Utløpsområde



Figur 10: Sammenheng mellom løснеområdets lengde,  $L$ , og utløpsdistansen,  $L_u$  [2].

For den aktuelle faresonen er det sannsynlig med et rotasjonsskred med bakoverrettet retrogressivt forløp. Skredmassene vil ha utløp i åpent terrenng. Skredvolumet vil være noe begrenset av et grunt bergprofil og det er antatt at utløpsområdet vil være ca.  $1 \cdot L$ , se Figur 10 og Figur 11.



Figur 11: Utløpsområdet markert med blå skravur.

## 6 Klassifisering av faresone

Dette kapittelet omhandler klassifisering av faregrad, skadekonsekvensklasse og risikoklasse for sonen.

## 6.1 Faregradsklassifisering

Tabell 4: Evaluering av faregrad [3].

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score				
		3	2	1	0	
Tidligere skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen	
Skråningshøyde, meter	2	>30	20 – 30	15 – 20	<15	
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0-1,2	1,2-1,5	1,5-2,0	>2,0	
Poretrykk	Overtrykk, kPa:	3	> + 30	10 – 30	0 – 10	Hydrostatisk
	Undertrykk, kPa:	-3	> - 50	-(20 – 50)	-(0 – 20)	
Kvikkleiremektighet	2	>H/2	H/2-H/4	<H/4	Tynt lag	
Sensitivitet	1	>100	30-100	20-30	<20	
Erosjon	3	Kraftig	Noe	Litt	Ingen	
Inngrep:	forverring	3	Stor	Noe	Liten	Ingen
	forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
Sum		51	34	17	0	
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %	
<b>Faresonene fordeles i faregradklasser etter samlet poengsum:</b>  <b>Lav faregrad = 0-17 poeng</b>  <b>Middels faregrad = 18-25 poeng</b>  <b>Høy faregrad = 26-51 poeng</b>						

Tabell 5: Vurdering av faregrad for området.

Faktorer	vekt-tall	Faregrad, score	Vurdering
Tidligere skredaktivitet	1	0	Det er ikke registrert tidligere skredaktivitet i området
Skråningshøyde, meter	2	6	Total skråningshøyde er 45 meter.

Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	6	Antat normalkonsolidert leire
Poretrykk Overtrykk, kPa: Undertrykk, kPa:	3 -3	6	Det er konservativt antatt noe poreovertrykk i nedre del av skråningen.
Kvikkleiremektighet	2	4	Kvikkleiremektighet avgrenses av berg og er konservativt valg til mellom H/2 og H/4.
Sensitivitet	1	2	Høyeste målte sensitivitet er 34.
Erosjon	3	0	Det er ingen pågående erosjon i området
Inngrep: forverring forbedring	3 -3	0	Det vil bli forbedring eller ingen endring i belastning.
Sum		24	
% av maksimal poengsum		47%	

Med bakgrunn i vurderingen vist i Tabell 5 lander sonen, med 24 poeng og 47 % av maksimal score, i faregradsklasse middels faregrad.



## 6.2 Skadekonsekvensklasser

Tabell 6: Evaluering av skadekonsekvens [3].

Faktorer	Vekt-tall	Konsekvens, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	> 50	10 – 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001-5000	100-1000	<100
Toglinje, bruk	2	Person- trafikk	Gods- trafikk	Normalt ingen trafikk	Ingen
Kraftnett	1	Sentral	Regional	Distribusjon	Lokal
Oppdemning og flodbølge	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
Sum poeng		45	30	15	0
% av maksimal poengsum		100 %	67 %	33 %	0 %
<p><b>Faresonene fordeles i konsekvensklasser etter samlet poengsum:</b></p> <p><b>Mindre alvorlig = 0-6 poeng</b></p> <p><b>Alvorlig = 7-22 poeng</b></p> <p><b>Meget alvorlig = 23-45 poeng</b></p>					

Tabell 7: Evaluering av skadekonsekvens for området.

Faktorer	vekt-tall	Faregrad, score	Vurdering
Boligheter, antall	4	8	Det er flere enn 5 boenheter spredt i området
Næringsbygg, personer	3	0	Det er ingen næringsbygg i området
Annen bebyggelse, verdi	1	1	Det ligger et forminne i området.
Vei, ÅDT	2	6	Utløpet vil være over Rådmann Dals vei og muligens bort til E6
Toglinje, bruk	2	0	Ingen toglinje i området

Kraftnett	1	0	Kun lokalt nett
Oppdemning og flodbølge	2	0	Ingen vassdrag å demme opp.
Sum		15	
% av maksimal poengsum		33%	

Vurderingen av skadekonsekvensklasse viser at området med en score på 15 poeng og 33 % av maksimalt score faller inn under alvorlig konsekvens.

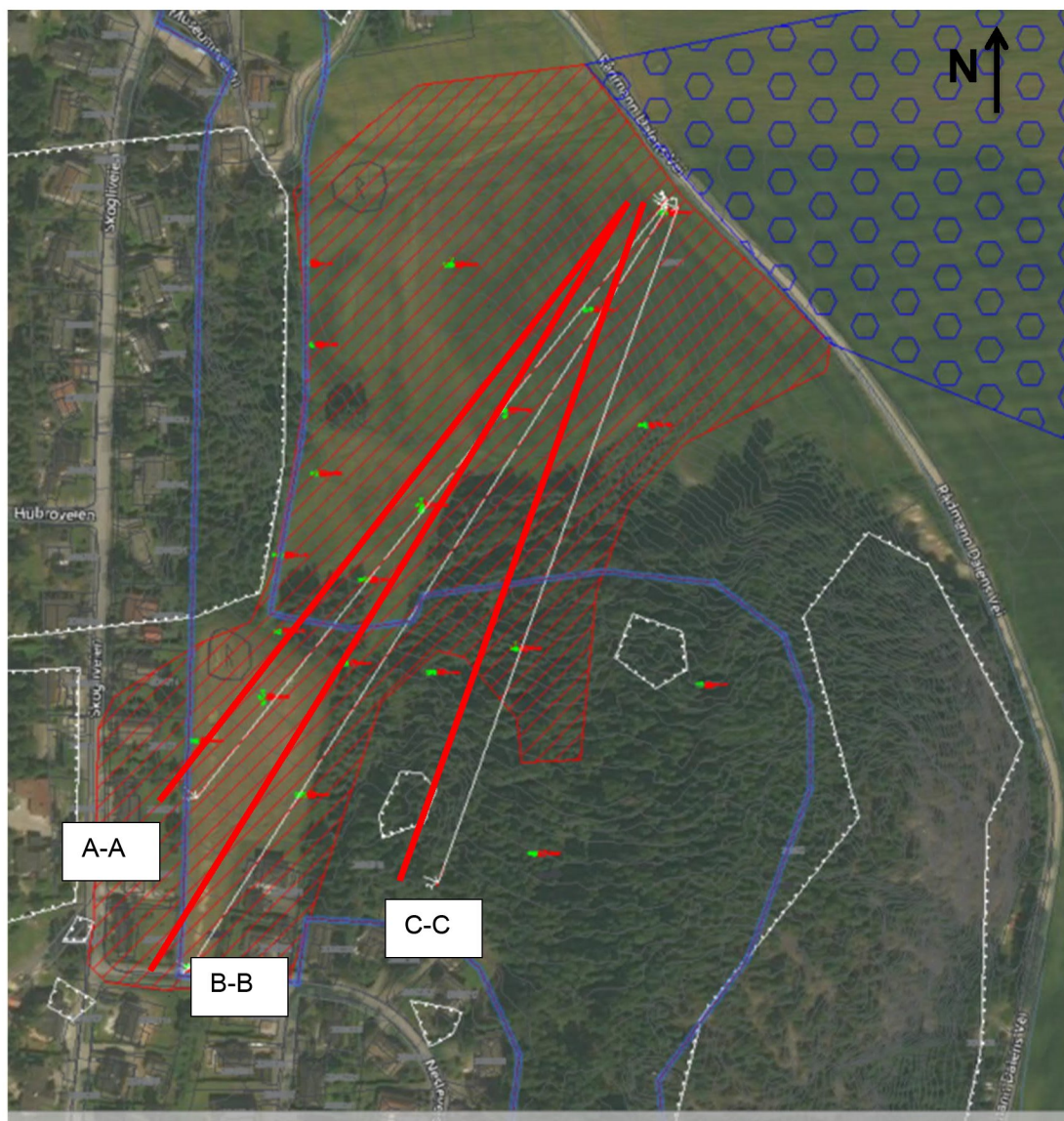
### 6.3 Risikoklasse

Risiko er skadekonsekvens (%) multiplisert med faregrad (%). Risiko er delt inn i fem klasser fra risikoklasse 1 (laveste risiko) til risikoklasse 5 (høyeste risiko). Dette området får en tallverdi på 1551 ( $47 \cdot 33$ ) som plasserer området i risikoklasse 3.

## 7 Kritiske snitt og materialparametere

### 7.1 Kritiske snitt

Det er beregnet for 3 kritiske snitt A-A, B-B og C-C, se Figur 12. Beregningene viser at stabiliteten er dårlig i bunn av skråningen ned mot Rådmann Dalens vei. Dette er tre kritiske snitt som kan berøre planområdet.



Figur 12: Kritiske snitt.

## 7.2 Lagdeling og løsmassemektighet

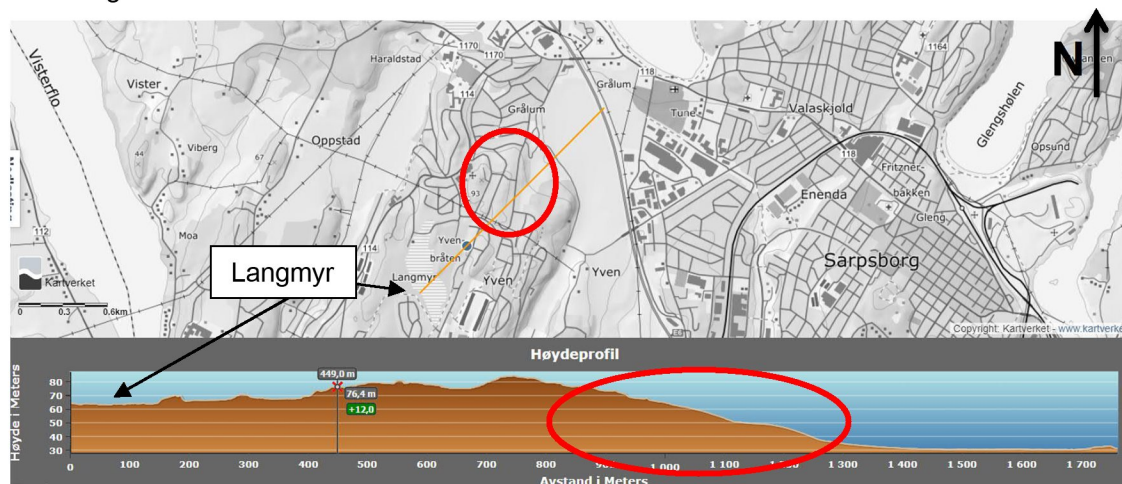
Løsmassemektighet varierer fra berg i dagen til ca. 18 m tykkelse. Det er generelt i området ca. 2 m med tørrskorpe over leire ned til berg. Leiren er stedvis kvikk men generelt består den av sprøbruddsmaterialer. Flere av CPTu-sonderingene viser fallende skjærfasthet ned mot berg.

Med bakgrunn i dagens utførte grunnundersøkelser kan det ikke utelukkes et sammenhengende lag av sprøbruddsmaterialer eller kvikkleire.

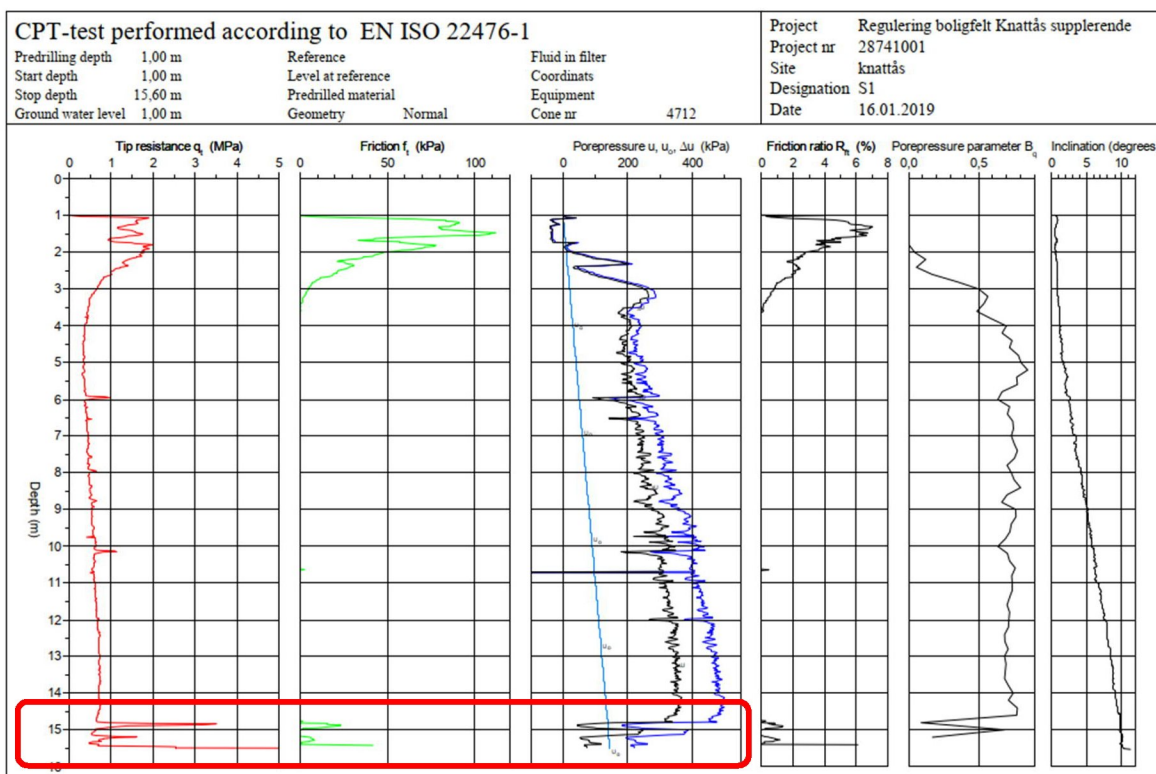
## 7.3 Grunnvannstand og poretrykksforhold

Det er ikke foretatt poretrykksmålinger i området. Under utførelsen av grunnundersøkelsene ble det ikke registrert oppkom av vann i noen av borpunktene. Muligheten av poreovertrykk er høyereliggende vannspeil som fører vann i drenerende lag eller sprekker i berg. Nærmeste høyereliggende vannspeil er Langmyr, se Figur 13. Den øvre delen av skråningen ligger på ca.

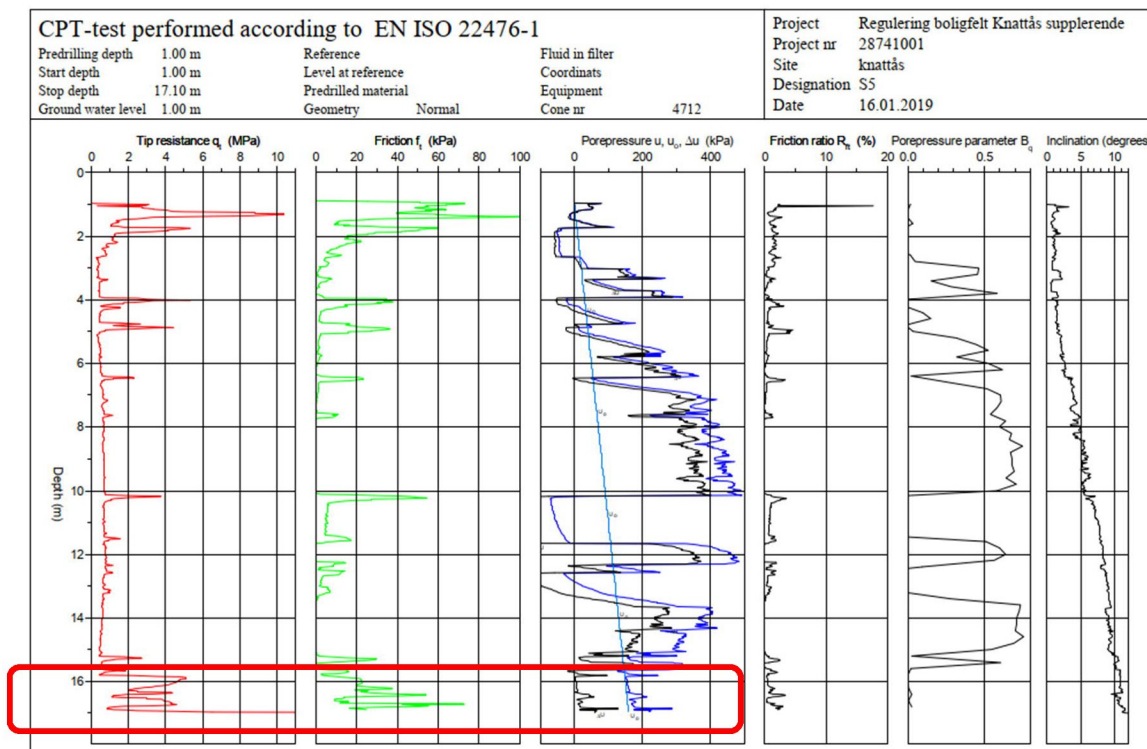
samme kote som Langmyr, derfor er det sannsynlig at det kun er potensial for poreovertrykk i bunn av skråningen ned mot Rådmann Dalens vei.



Figur 13: Potensielt poreovertrykk må kan komme fra Langmyr, hvor det er forventet at det er stående vannspeil. [Høydedata.no]



Figur 14: CPTu-sondering fra bunn av skråning [1].



Figur 15: CPTu-sondering fra midt i skråning [1].

CPTu-sonderingene som går gjennom mer permeable lag viser lite tegn til poreovertrykk. Sonderingen i S5, se Figur 15, som ligger midt i skråningen viser at poretrykket faller på sonderingen ned til hydrostatisk trykk gjennom det permeable laget. Fra sonderingen i bunn av skråningen S1, se Figur 14, vises det en liten mulig overtrykk i det mer permeable laget over berg. Dette laget er veldig tynt og det kan forventes at poretrykksresponsen her ikke er rask nok til å få tilstrekkelig fall.

I beregningen er det antatt hydrostatisk trykk med grunnvannstand 1 m under terreng.

## 7.4 Konsolidering/overlagringstrykk

Det er ikke utført ødometerforsøk i området. Basert på avstand til elver og bekker er det lite sannsynlig at terrenget er avlastet gjennom erosjon. Fra historiske bilder ser det ikke ut til å være vesentlige terrengendringer de siste 70 årene, se Figur 16. Derfor er det lagt til grunn at det er normalkonsolidert leire i området med en OCR=1.



Figur 16: Historisk foto fra 1974 [finn.no]

## 7.5 Materialparametere

Materialparametere er valgt etter SVV håndbok [4] og SVV CPTu-Excel-regneark [5].

Tabell 8 gir en oppsummering av materialparametere som er lagt til grunn i stabilitetsberegningene i Geosuite for tørrskorpeleire og leire i APhi-analyse.

Tabell 8 Materialparametere til tørrskorpeleire og leire i APhi-analyse

materiale	friksjonsvinkel (°)	kohesjon (kPa)	merknad
tørrskorpeleire	30	0	iht. [4]
leire	22	0	iht. [4]

Udrenert skjærfasthet til leire  $S_u$  er vurdert med basis i CPTu-sonderingene. Tolkning av materialparametere til leire ble utført med hjelp av SVVs CPTu-regneark. Regnearket inneholder

ulike metoder for tolking av CPTu ved påføring av N-faktorer (Nkt, Nke og Nku). Disse metodene innebærer korrelasjoner mellom aktiv udrenert skjærfasthet (SuA) og ulike indeksparametere til leire blant annet vanninnhold w, konsistengrenser (wp, wl og Ip), sensitivitet St, og overkonsolideringsgrad OCR. Tabell 9 gir en oppsummering på vurdering av anvendelsesklasse iht. ISO 22476-1:2012:

Tabell 9 CPTu - Vurdering av anvendelsesklasse iht. ISO 22476-1:2012

CPTu / Anvendelsesklasse	Spissmotstand (kPa)	Spissmotstand (%)	Sidefriksjon (kPa)	Sidefriksjon (%)	Poretrykk (kPa)	Poretrykk (%)
s1	2	1	1	1	1	1
s2	1	1	1	1	OBS	OBS
s5	1	1	1	1	OBS	OBS
s11	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1
6	2	1	1	1	1	1
8	2	1	1	1	1	1

OBS. CPTu-pretrykksmålinger er utenfor klasse og de er ikke inkludert i CPTu-tolkning.

Følgende formelen gir Su med basis i Nkt:

$$Su = \frac{qt - \sigma v0}{Nkt}$$

Nkt-faktoren kan estimeres etter følgende formelen fra NGI [6]:

$$Nkt = 7.8 + 2.5 \log(OCR) + 0.082Ip \quad (St < 15)$$

$$Nkt = 8.5 + 2.5 \log(OCR) \quad (St > 15)$$

Su-beregningene er utført med ADP-analyse som tar hensyn til forhold mellom aktiv, passiv og direkte skjærstyrke til leire. Følgende verdiene er valgt etter NIFS rapport [7]:

$$\frac{SuD}{SuA} = 0.63; \quad \frac{SuP}{SuA} = 0.35$$

Tabell 10 Estimering av Nkt faktoren for aktiv, passiv og direkte skjærstyrke til leire etter [6]

St	OCR	Ip (%)	NktA	SuD/SuA	NktD	SuP/SuA	NktP
St<15	2.5	10	9.6	0.63	15.3	0.35	27.5
St>15	2.5	10	9.5	0.63	15.1	0.35	27.1

OBS. Conrad bruker en "standard" verdi på Nkt-faktor lik 16,3 for tolking av SuD.

Med dette grunnlaget så ble det satt opp SuA-profiler for leire i stabilitetsberegningene i Geosuite. Tolkning av CPTu og anbefalt-kurve til SuA (design-kurve) er medtatt som Vedlegg 1 til denne rapporten

## 7.6 Laster

Det er for stabilitetsberegningen benyttet en last på terreng på  $5 \cdot 1,3 = 6,5 \text{ kN/m}^2$  for dagens situasjon og en jevnt fordelt last på  $19,5 \text{ kN/m}^2$  for beregningene etter tiltak, lasten gjenspeiler direktfundamentering. Det er antatt at bebyggelsen må fundamenteres kompensert eller med peler til berg.

## 8 Stabilitetsvurderinger

### 8.1 Dagens situasjon

Det er i bunn av skråningen ned mot Rådmann Dalens vei at skråningen har lavest sikkerhet, se Tabell 11. Sett sammen med dybdene til berg og lengden av skråningen er det antatt at reguleringsområdet ikke vil ha påvirkning på denne skråningen. Med tiltak som kalksementstabilisering vil det definitivt ikke bli påvirkning fra reguleringsområdet og ned på denne delen av skråningen. Kravene til sikkerhet for denne delen av skråningen vil da avgjøres av sikkerhetskrav til skråninger som ligger utenfor influensområdet. Da gjelder det krav til sikkerhet for drenerte beregninger  $F_{\text{c}\phi} = 1,25$  og for udrenerte beregninger med sikkerhet på  $F_{\text{cu}} = 1,20$ . I øvre del av skråningen gjelder kravet til absolutt sikkerhet på 1,4 med en ekstra sikkerhet med sprøhetsforhold på  $f_s = 1,15$ , dette gir krav til en total sikkerhetsfaktor på 1,6 for udrenerte beregninger. Langtidsstabiliteten er tilfredsstillende for alle tilfellene.

Tabell 11: Oppsummering av stabilitetsberegninger i Geosuite Stability for Profil A, B og C før tiltak.

Profil/FS	lastbredde* [m]	eksisterende situasjon (SLS)		boligfelt uten tiltak (ULS)		merknad
		Su***	aphi**	Su***	aphi**	
A-A	100	1,20	1,71	1,20	1,71	Skråningsfot
A-A	100	1,46	2,25	1,33	2,13	Skråningstopp
A-A	100	1,78	2,10	1,75	2,12	globalt
B-B	185	1,23	1,77	1,23	1,78	Skråningsfot
B-B	185	1,50	2,20	1,34	2,06	Skråningstopp
B-B	185	1,48	2,12	1,46	2,09	globalt
C-C	150	1,40	2,15	1,40	2,15	Skråningsfot
C-C	150	1,60	2,07	1,48	2,07	Skråningstopp
C-C	150	1,69	2,22	1,67	2,20	globalt
Merk	Det er antatt GW på 1.0 m under terreng. Det er antatt tørrskorpeleire med mektighet på 2.0 m under terreng. Snderingene som ble ansett for å være mer representative ifm. grunnforhold i en profil er merket med sirkler. I områder med mer usikkerhet mtp fjell, er bergoverflaten justert på en konservativ måte.					
*	belastning av skråningstopp mtp nyttelast (SLS) og tilleggslast fra boligfelt (ULS): SLS: $q = 1.3 \cdot 5 = 6.5 \text{ kPa}$ ULS: $q = 1.3 \cdot (5 + 20/2) = 19.5 \text{ kPa}$					
**	phi = 30°, og a = 0 kPa for tørrskorpeleire iht. V220 phi = 22°, og a = 0 kPa for leire iht. V220					
***	Su for leire iht. tolkning av udrenert aktiv Su ut fra CPTu ved C-profil i GS i med Aa=1.0, Ad=0.63, Ap=0.35					



## 8.2 Sikringsbehov for nye tiltak

Beregningene viser at også for nye tiltak er det nødvendig å øke sikkerheten i øvre del av skråningen. Det er også nødvendig å hindre mulige retrogressive skred å nå reguleringsområdet.

### 8.2.1 Mulige sikringstiltak

Mulige sikringstiltak er terrengarrondering, med motfyllinger i bunn av skråning og avlastning i topp av skråning. Andre mulige løsninger er kalksementstabilisering. Ved kompensert fundamentering eller pelefundamentering er det mulig å utføre tiltakene i topp av skråning uten videre sikringstiltak der, men det vil da være nødvendig å øke sikkerheten i nedre del av skråningen.

### 8.2.2 Stabilitet etter sikringstiltak

Ved stabilisering med kalksement er kravet til sikkerhet  $F_{cu} \geq 1,6$  absolutt. Ved kalksementstabilisering ned til berg mellom berg i dagen i vest og sørøst i den øvre delen av skråningen er det tydelig at tiltaket ikke vil påvirke skråningen ned mot Rådmann Dalens vei. Denne skråningen har en robusthet på 1,20 og det er derfor ikke nødvendig å utføre stabiliserende tiltak i denne delen av skråningen. Beltet med kalksement vil også stoppe mulige retrogressive skred i å nå reguleringsområdet. Stabiliteten etter tiltakene tilfredsstiller kravet til sikkerhet på 1,6, se Tabell 12.

Tabell 12: Oppsummering av stabilitetsberegninger i Geosuite Stability for Profil A, B og C etter tiltak.

Profil/ FS	lastbredd e* [m]	eksisterende situasjon (Lasttilfelle 1)		boligfelt uten tiltak (Lasttilfelle 2)		boligfelt med tiltak**** (KS-peler)		merknad
		Su***	aphi* *	Su***	aphi* *	Su (Lasttilfelle 1)	Su (Lasttilfelle 2)	
A-A	100	1,20	1,71	1,20	1,71	1,20	1,20	Skrånings- fot
A-A	100	1,46	2,25	1,33	2,13	IR	1,60	Skrånings- topp
A-A	100	1,78	2,10	1,75	2,12	IR	1,95	globalt
B-B	185	1,23	1,77	1,23	1,78	1,23	1,23	Skråningsfot
B-B	185	1,50	2,20	1,34	2,06	IR	1,78	Skråning- stopp
B-B	185	1,48	2,12	1,46	2,09	IR	1,78	globalt
C-C	150	1,40	2,15	1,40	2,15	1,40	1,40	Skråningsfot
C-C	150	1,60	2,07	1,48	2,07	1,60	1,52	Skråning- stopp
C-C	150	1,69	2,22	1,67	2,20	IR	IR	globalt

Merk Det er antatt GW på 1.0 m under terreng.

Det er antatt tørrskorpeleire med mektighet på 2.0 m under terreng.

Sonderingene som ble ansett for å være mer representative ifm. grunnforhold i en profil er merket med sirkler.

I områder med mer usikkerhet mtp fjell, er bergoverflaten justert på en konservativ måte.

\* belastning av skråningstopp mtp nyttelast (Lasttilfelle 1) og tilleggslast fra boligfelt med direktefundamentering (Lasttilfelle 2):

	Lasttilfelle 1: $q = 1.3 \cdot 5 = 6.5$ kPa
	Lasttilfelle 2: $q = 1.3 \cdot (5 + 20/2) = 19.5$ kPa
**	phi = 30°, og a = 0 kPa for tørrskorpeleire iht. V220 phi = 22°, og a = 0 kPa for leire iht. V220
***	Su for leire iht. tolkning av udrenert aktiv Su ut fra CPTu ved C-profil i GS i med Aa=1.0, Ad=0.63, Ap=0.35
****	Tiltak innebærer KS-peler med Su=80 kPa og bredde=30 m i leire til fjell. (IR tilsvarer FS > 1.60)

### 8.2.3 Omfang sikringstiltak

Foreløpige beregninger anslår en bredde på kalksementbeltet på ca. 30 m. Dette tilsvarer et areal på minimum 2600 m<sup>2</sup>. det er antatt en gjennomsnittlig dybde på 6 m. det tilsvarer da et volum på 15600 m<sup>3</sup> som må stabiliseres. Massene må stabiliseres ned til berg og det er viktig med god bergkontakt.

## 8.4 Gang- og sykkelvei

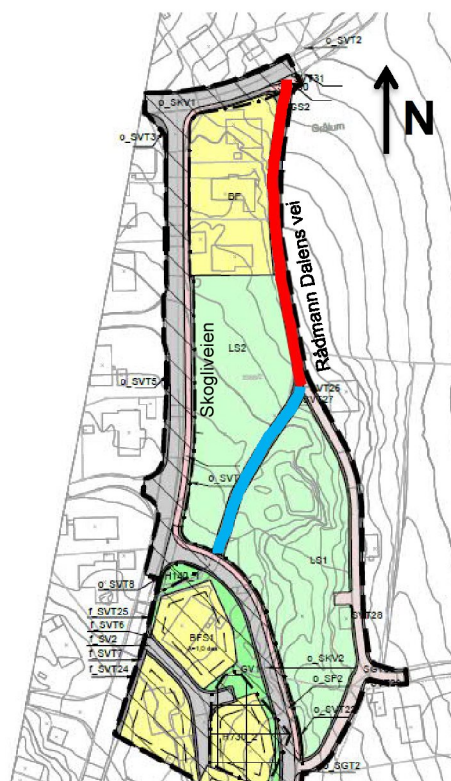
Det er planlagt i tillegg å etablere ny gang- og sykkelvei ved eksisterende Rådmann Dalens vei (se kart 1 og figur 17). Gang- og sykkelveien plasseres i tiltaksklasse K1.

**K1**

**Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer**  
Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veier, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)

Det forutsettes at gang- og sykkelveien ikke forverrer stabiliteten. Det vil si at ny gang- og sykkelvei må bygges kompensert på eksisterende vei uten fyllinger som gir en tilleggsbelastning på terrenget. Det må eventuell brukes lette masser til oppbygging under ny gang- og sykkelvei (Gjelder for rød markert gang- og sykkelvei i figur 17). Ved kompensert fundamentering i tiltaksklasse K1 er det ikke behov for stabilitetsberegninger. Det er ingen aktiv erosjon i skråningen øst for den planlagte nye gang- og sykkelveien som kan utløse skred.

Øst for blå markert ny gang- og sykkelvei i figur 17 er det mye synlig berg i dagen (se kart 1). Terrengforhold og berg i dagen tilsier at områdestabiliteten er ivaretatt (Gjelder for blå markert gang- og sykkelvei i figur 17).

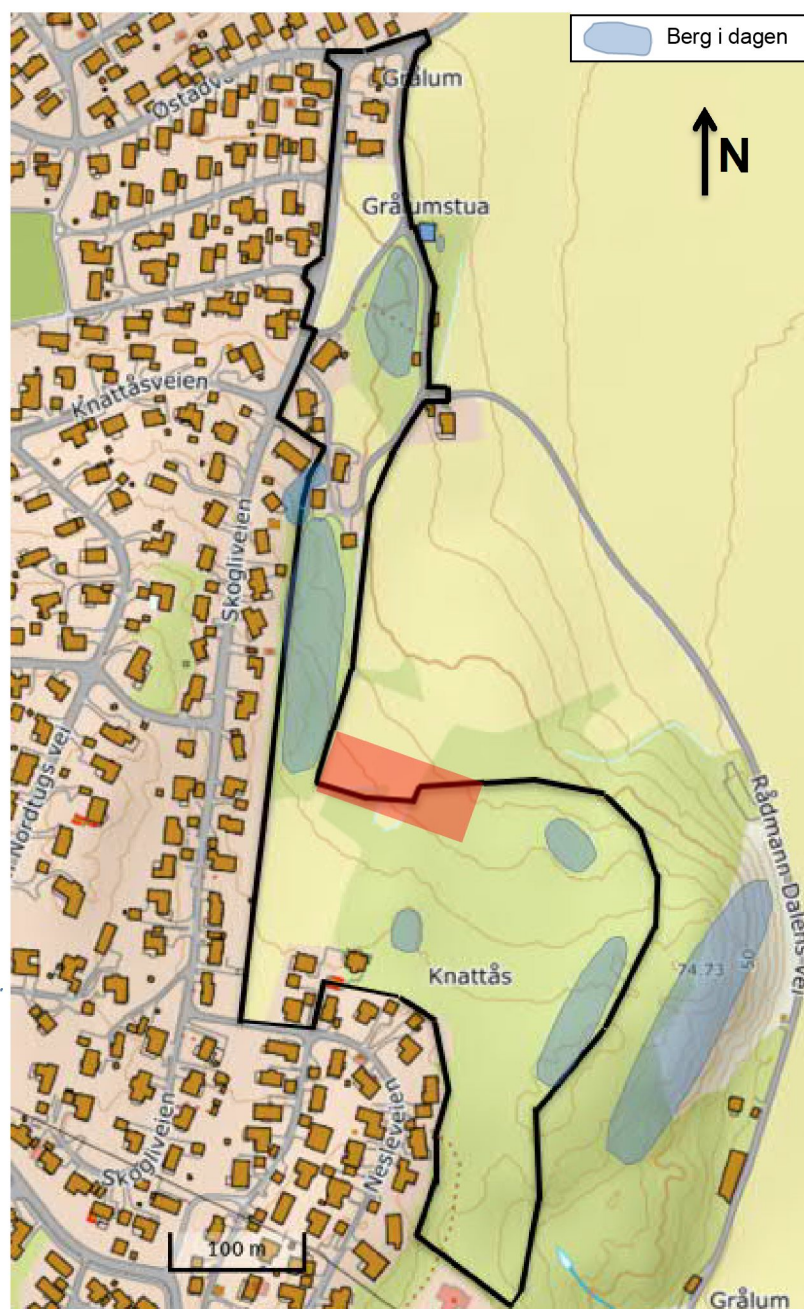


Figur 17: Utklipp reguleringsplan. Gang- og sykkelvei markert med rød og blå farge (Kilde: BAS Arkitekter AS)

## 9 Stabiliserende tiltak

### 9.1 Anbefalte sikringstiltak

Det er anbefalt å sikre reguleringsområdet med et minimum 30 m belte av kalksement i reguleringsgrensen (se figur 18). Dette vil øke sikkerheten i toppen av skråningen over det nødvendige kravet på 1,6 og det vil også hindre en eventuell skredutvikling fra nedre del av skråningen opp i det regulerte området. Det er viktig med god bergkontakt for de stabiliserte massene, dette må hensyntas i videre prosjektering. Endelig plassering og omfang av kalksementstabilisering må detaljprosjekteres i senere fase av prosjektet.



Figur 18: Planområdet med kalksementstabilisering i rød farge

## 9.2 Miljø og landskapspåvirkning

Kalksement stabilisering innebærer innblanding av kalk og sement i grunnen. Dette er medfører relativt store utslipp av CO<sub>2</sub>. Kalken kan erstattes med Multicem som har noe lavere utslipp. Før stabilisering bør matjorden tas av så den ikke ødelegges av stabiliseringen. Etter stabiliseringen kan matjorden legges tilbake.

## 9.3 Prosjektering av sikringstiltak

Det er utført innledende beregninger av sikringstiltak i denne rapporten. Dette må utføres detaljert videre i neste fase av prosjektet. Det er viktig å ha god bergkontakt for stabiliserte masser. De

innledende beregningene viser forholdsvis god sikkerhet i topp av skråning, noe som muliggjør adkomst med tungt utstyr som for eksempel en kalksement rigg. Det må påregnes at matjord fjernes før stabilisering slik at området kan tilbakeføres til jordbruksareal etter stabilisering. Det kan også være nødvendig med et bærelag for kalksementrigger. Det anbefales videre grunnundersøkelser for opptak av prøver for innblandingsforsøk for optimalisering av innblandingsmengde med kalksement.

## 9.4 Kontroll på byggeplass

I henhold til NS-EN 1997-1 kapittel 2.8 (4)P skal det i den geotekniske prosjekteringsrapporten foreligge en plan for kontroll (hva som skal kontrolleres, omfang av kontroll, frekvensen av kontrollen, hvem som skal kontrollere etc.). Hvis man vil kan det inkluderes et utkast til kontrollplan i rapporten, eller det kan opplyses om at det vil utarbeides en kontrollplan senere.

NS-EN 1997-1 2.8(5) nevner noen punkter som prosjekteringsrapporten bør angi som en del av overvåkingen av arbeidene som skal utføres.

Når kalksement blandes inn i massene svekkes disse midlertidig. Det må derfor forventes at stabilitetsarbeidet må gjennomføres i faser. Det må også være kontinuerlig oppfølging av poretrykk under utførelsen.

I tillegg anbefales gjennomgang av forutsetningene som er lagt til grunn i den geotekniske prosjekteringen i forbindelse med oppstart av grunnarbeider. Dette kan typisk gjennomføres i et oppstartsmøte/driftsmøte på byggeplassen med representanter fra RIG og utførende entreprenør

## 9.5 Sikkerhet-, helse- og arbeidsmiljø (SHA)

Valgte løsninger for grunnarbeider i prosjektet er tradisjonelle og kjente og innebærer ingen økt risiko i forhold til sammenlignbare arbeider. Det vil bli foretatt en SHA-gjennomgang av prosjektet for å kartlegge eventuelle risikoelementer for behandling under geoteknisk prosjektering.

Risikoelementer knyttet til utførelse av anleggsarbeidene behandles av utførende entreprenør. Entreprenøren må som sin del av sin HMS/SHA-planlegging utføre selvstendige risikovurderinger knyttet til arbeidene og foreslå begrensede tiltak. For arbeider vurdert som kritiske, utføres SJA (sikker-jobb-analyse).

## 10 Konklusjon

Dagens planlagte tiltak krever sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred. Det anbefales at det prosjekteres og utføres kalksementstabilisering i øvre del av skråningen før området bygges ut med boliger.

Det er utført innledende stabilitetsberegninger for sikringstiltakene i denne rapporten. Disse må detaljprosjekteres videre i neste del av prosjektet. Det anbefales at det utføres grunnundersøkelser for stabiliseringstiltakene.

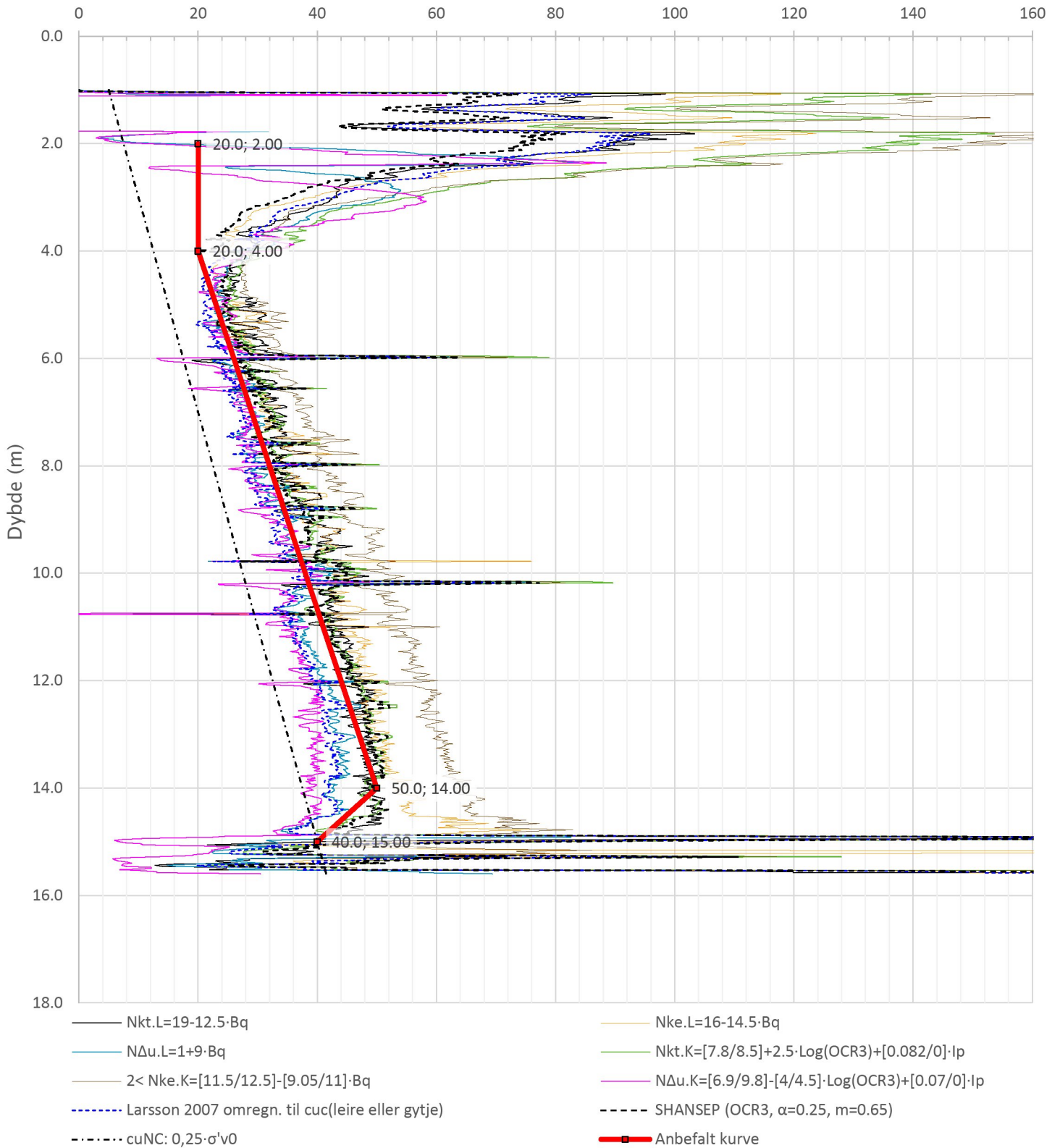
Hvis de supplerende grunnundersøkelser i øvre del av skråningen avdekker at det ikke er et sammenhengende lag med kvikkleire i øvre del. Og at området i større grad består av sprøbruddmaterialer vil et eventuelt retrogressivt skred ikke nå reguleringsområdet, det vil da være et mindre behov for stabilisering. Det forutsettes da at eventuell ny bebyggelse må pelefunderes eller fundamenteres kompensert. Det samme gjelder adkomstveier og interne veier.


## 11 Referanser

- [1] S. N. AS, «Regulering boligfelt Knattås, grunnundersøkelser, Datarapport,» Sweco Norge AS, 2019.
- [2] NVE, «Veileder 1/2019, Sikkerhet mot kvikkleireskred.,» NVE, 2019.
- [3] N. e. rapport, «9/2020 Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleire,» NVE, 2020.
- [4] Statens Vegvesen, Håndbok V220. Geoteknikk i vegbygging, 2018.
- [5] Statens Vegvesen, *CPTu regneark*, Versjon 2020\_01.
- [6] K. & L. T. & K. D. & S. S. Karlsrud, «CPTU correlations for clays,» *Proc. 16th ICSMGE. 2. 693-702.*, 2005.
- [7] NIFS, «Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire - En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer,» 2014.
- [8] Sweco Norge AS, «28741001-1. rev.01 Regulering boligfelt knattås, grunnundersøkelser, datarapport,» Sweco Norge AS, 02/2019.

## Vedlegg 1 CPTu Tolkning av aktiv udrenert skjærfasthet (SuA) til leire

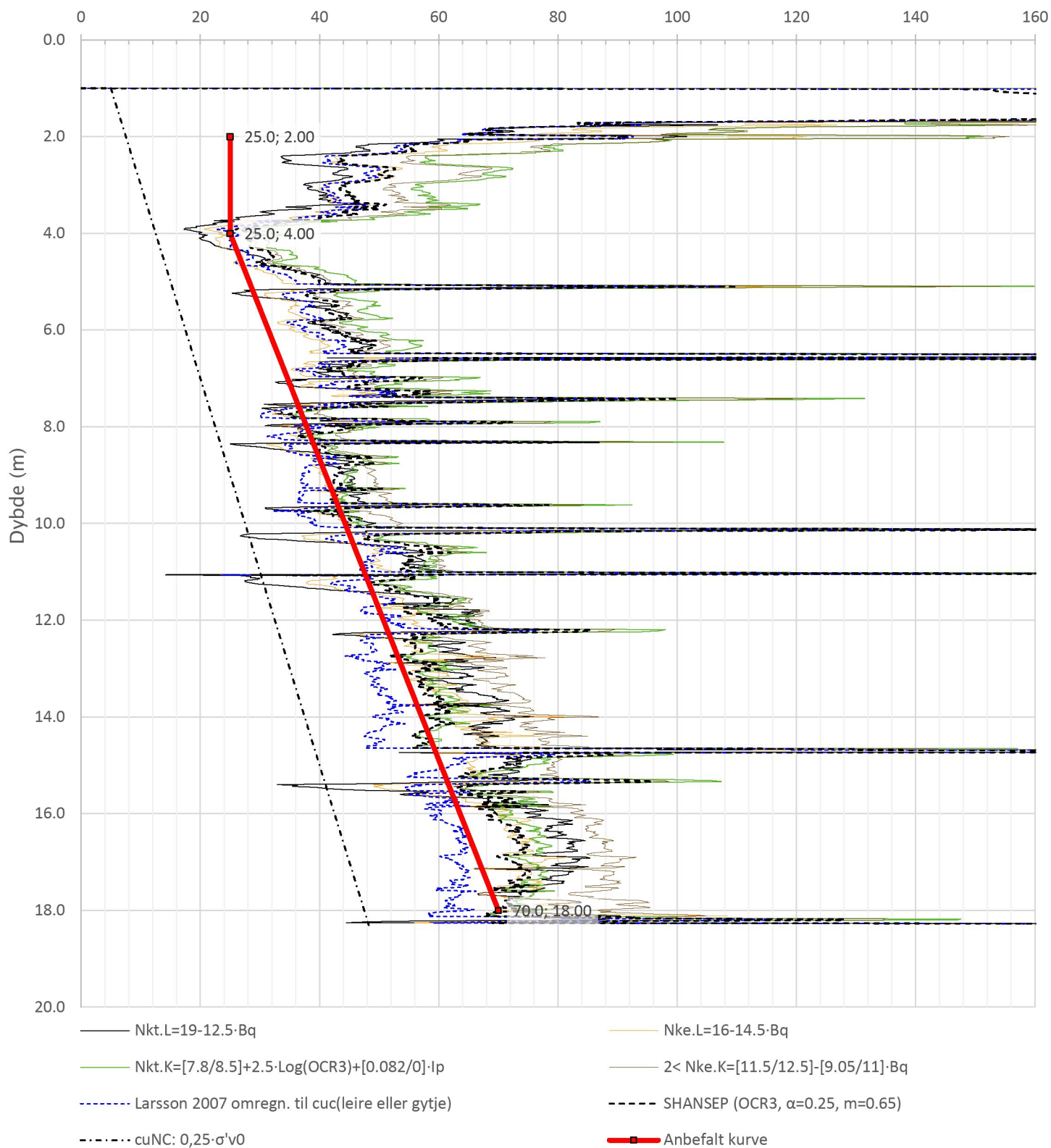
Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)




Prosjekt <b>Knattås, Grålum – Områdestabilitet</b>		Prosjektnummer: 10222304		Borhull <b>s1</b>
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer <b>4712</b>
	Utført <b>NOMOAH</b>	Kontrollert <b>NOVESO</b>	Godkjent	Anvend.klasse <b>1</b>
	Disiplin <b>RIG</b>	Dato sondering <b>16.01.2019</b>	Revisjon <b>0</b> Rev. dato <b>02.03.2021</b>	Figur <b>5</b>

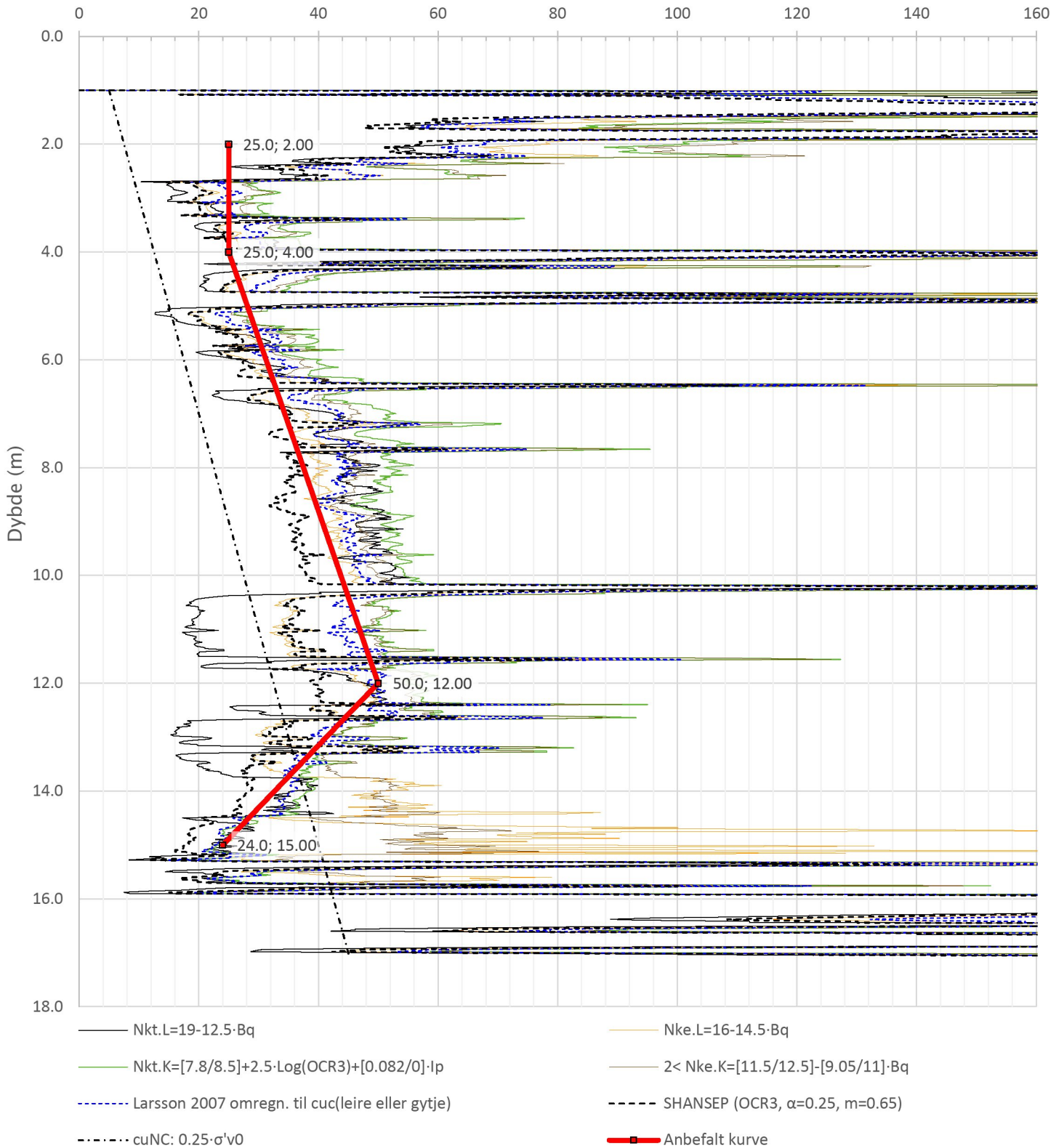


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



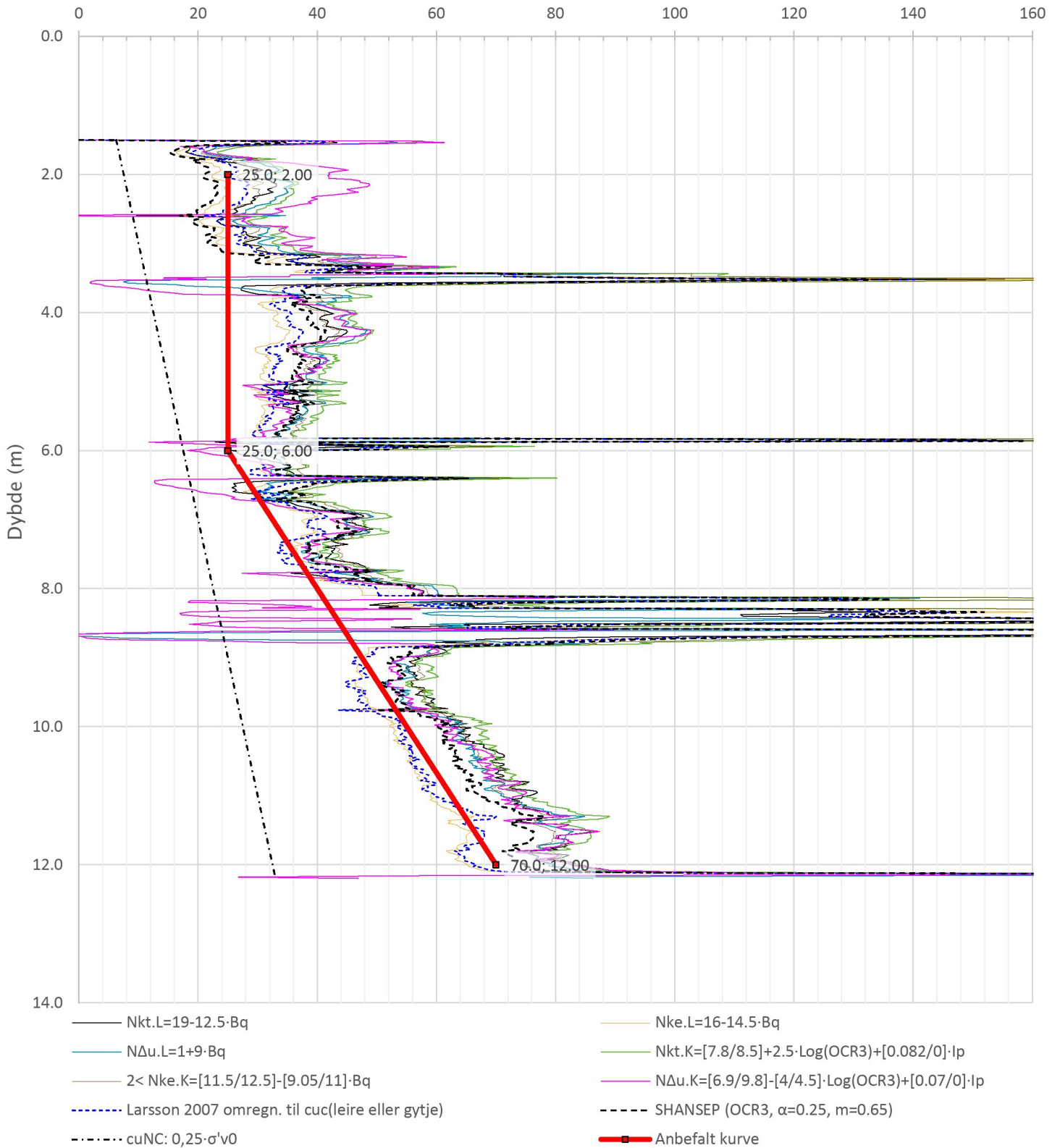
Prosjekt		Prosjektnummer: 10222304		Borhull
<b>Knattås, Grålum – Områdestabilitet</b>				<b>s2</b>
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4712</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	NOMOAH			<b>1</b>
	Disiplin	Dato sondering	Revisjon	Figur
	RIG	16.01.2019	0 Rev. dato 02.03.2021	<b>5</b>


Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



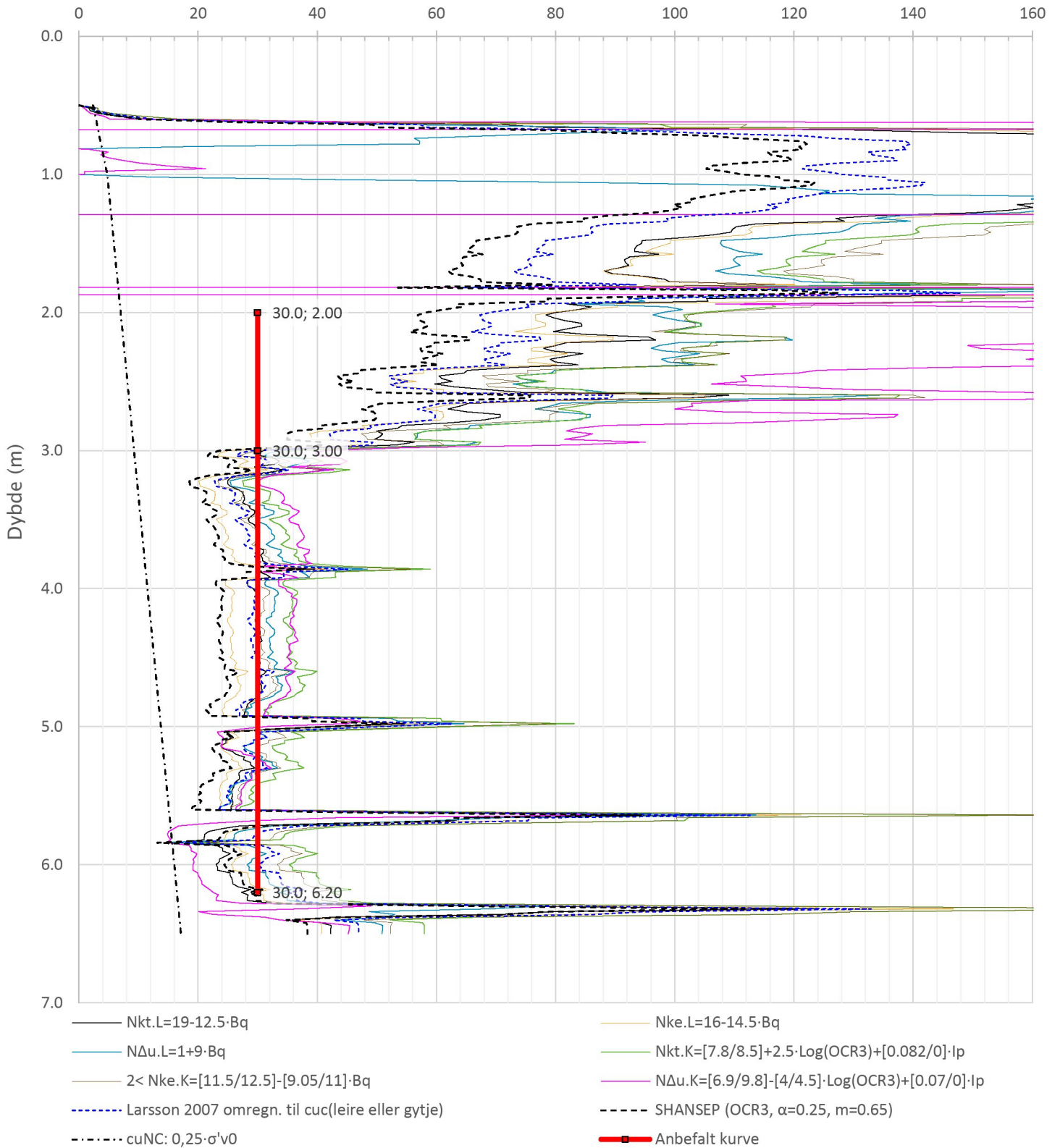
Prosjekt <b>Knattås, Grålum – Områdestabilitet</b>		Prosjektnummer: 10222304		Borhull <b>s5</b>
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer <b>4712</b>
	Utført <b>NOMOAH</b>	Kontrollert <b>NOVESO</b>	Godkjent	Anvend.klasse <b>1</b>
	Disiplin <b>RIG</b>	Dato sondering <b>16.01.2019</b>	Revisjon <b>0</b> Rev. dato <b>03.02.2021</b>	Figur <b>5</b>

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



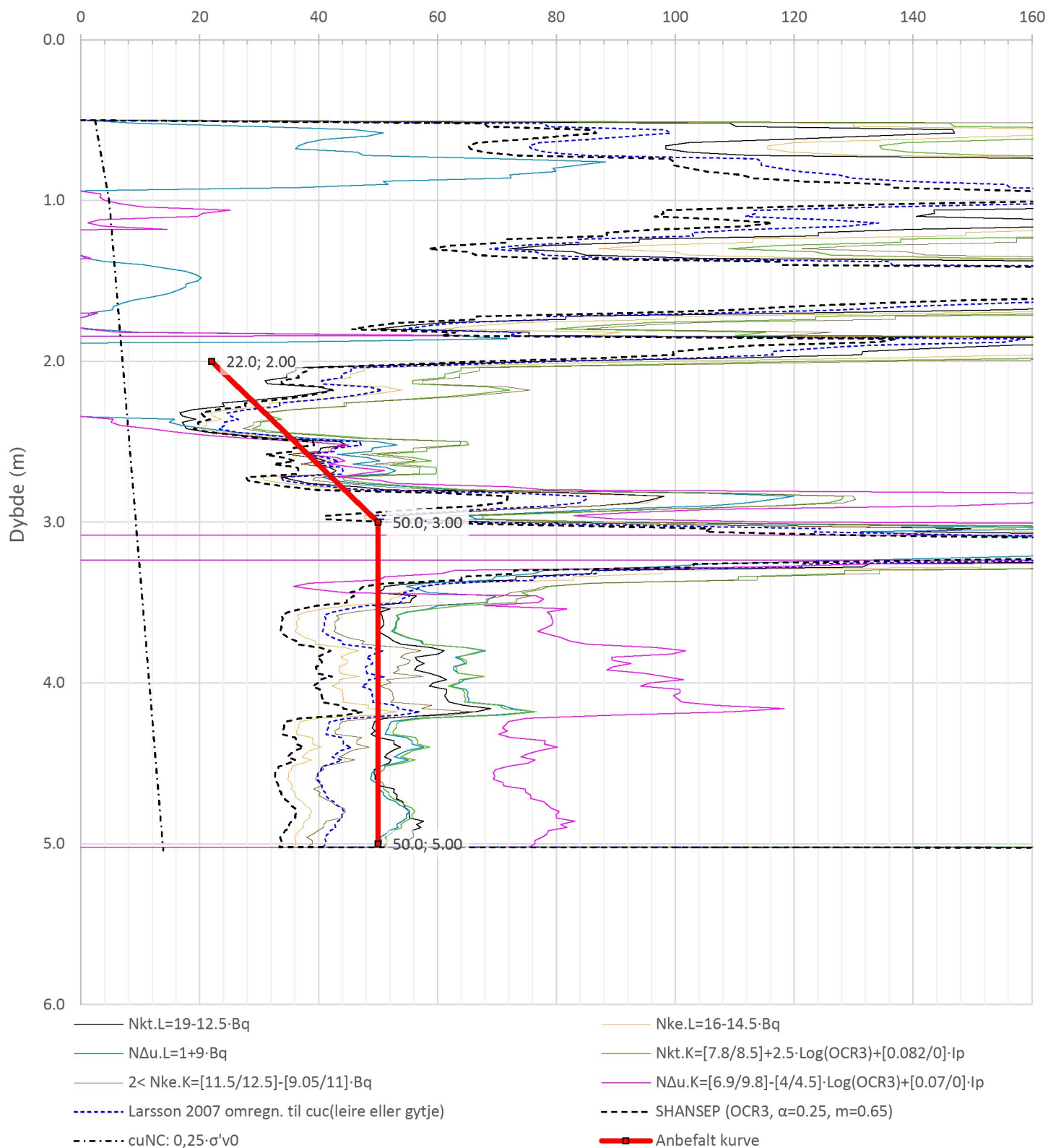
Prosjekt <b>Knattås, Grålum – Områdestabilitet</b>		Prosjektnummer: 10222304		Borhull <b>s11</b>
Innhold Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				Sondennummer <b>4712</b>
	Utført <b>NOMOAH</b>	Kontrollert <b>NOVESO</b>	Godkjent	Anvend.klasse <b>1</b>
	Disiplin <b>RIG</b>	Dato sondering <b>17.01.2019</b>	Revisjon <b>0</b> Rev. dato <b>03.03.2021</b>	Figur <b>5</b>

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



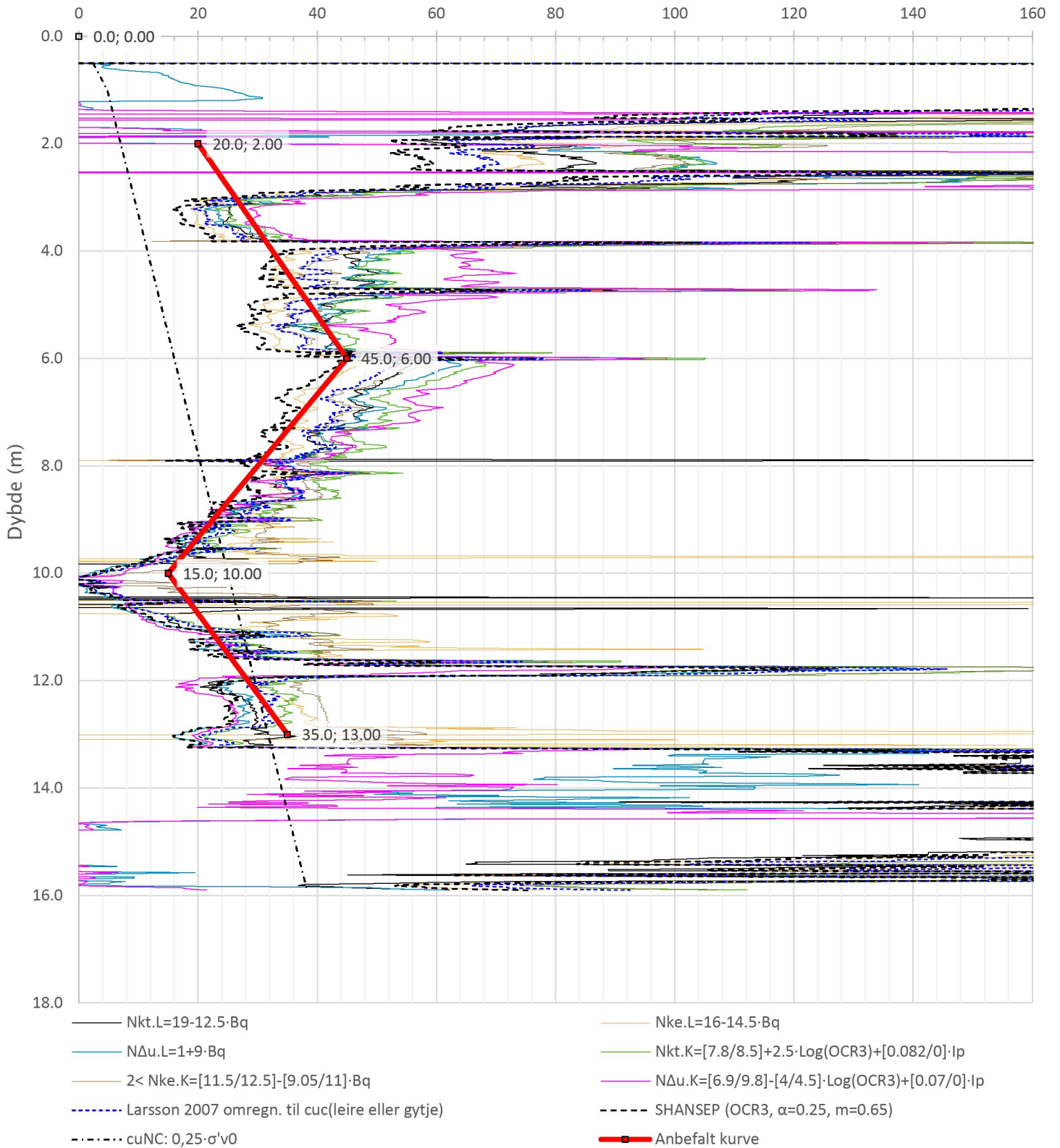
Prosjekt		Prosjektnummer: 10222304		Borhull
<b>Knattås, Grålum - Områdestabilitet</b>				<b>1</b>
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4489</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	NOMOAH	NOVESO		<b>1</b>
	Disiplin	Dato sondering	Revisjon	Figur
	RIG	17.09.2018	0	<b>5</b>
			Rev. dato	
			03.03.2021	

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



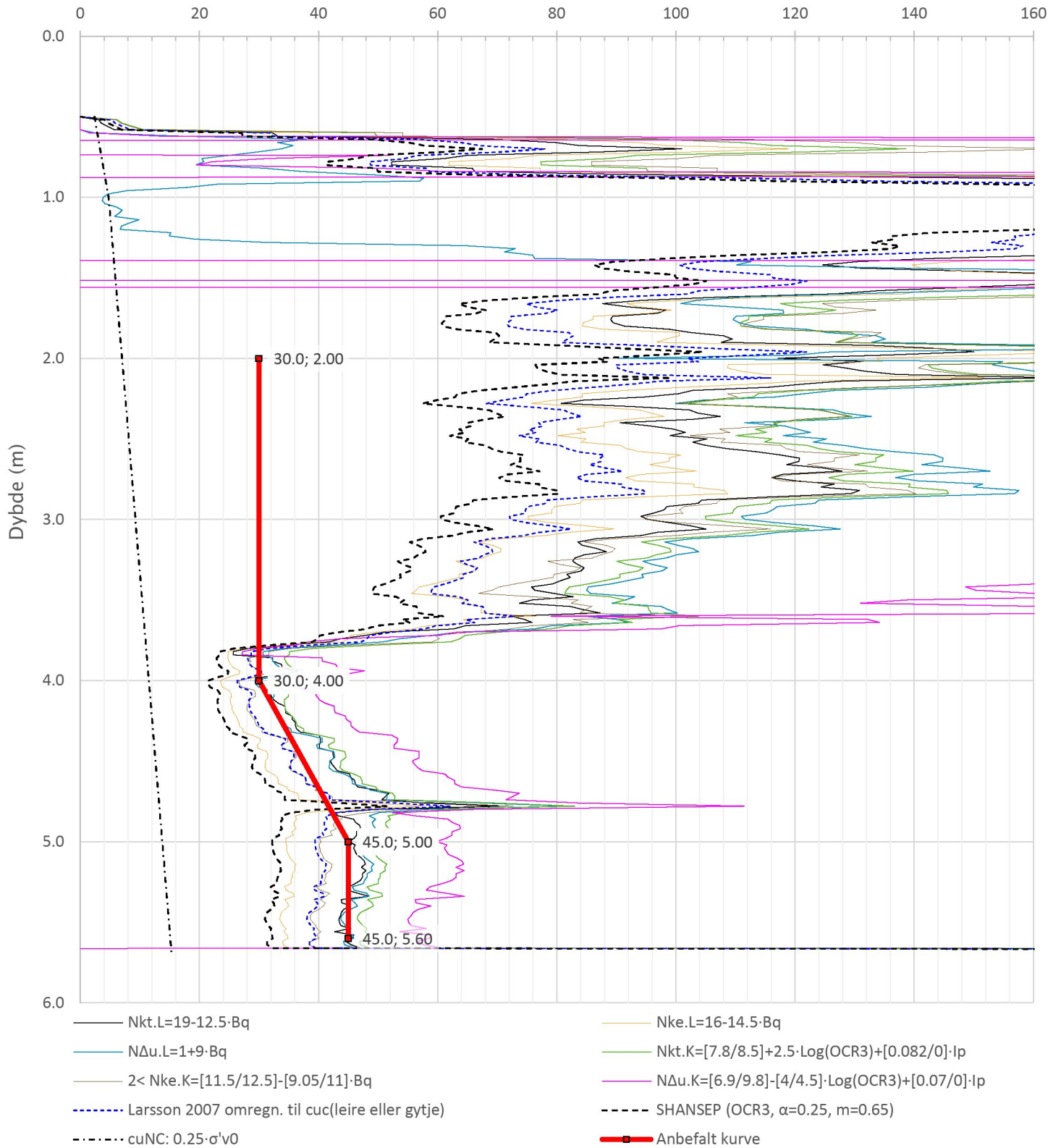
Prosjekt		Prosjektnummer: 10222304		Borhull
<b>Knattås, Grålum – Områdestabilitet</b>				<b>4</b>
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4489</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	NOMOAH	NOVESO		<b>1</b>
	Disiplin	Dato sondering	Revisjon	Figur
	RIG	17.09.2018	0	<b>5</b>
			Rev. dato	
			03.03.2021	

Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 10222304		Borhull
<b>Knattås, Grålum – Områdestabilitet</b>				<b>6</b>
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4489</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	NOMOAH	NOVESO		<b>1</b>
	Disiplin	Dato sondering	Revisjon	Figur
	RIG	17.09.2018	0	<b>5</b>
			Rev. dato	
			03.03.2021	

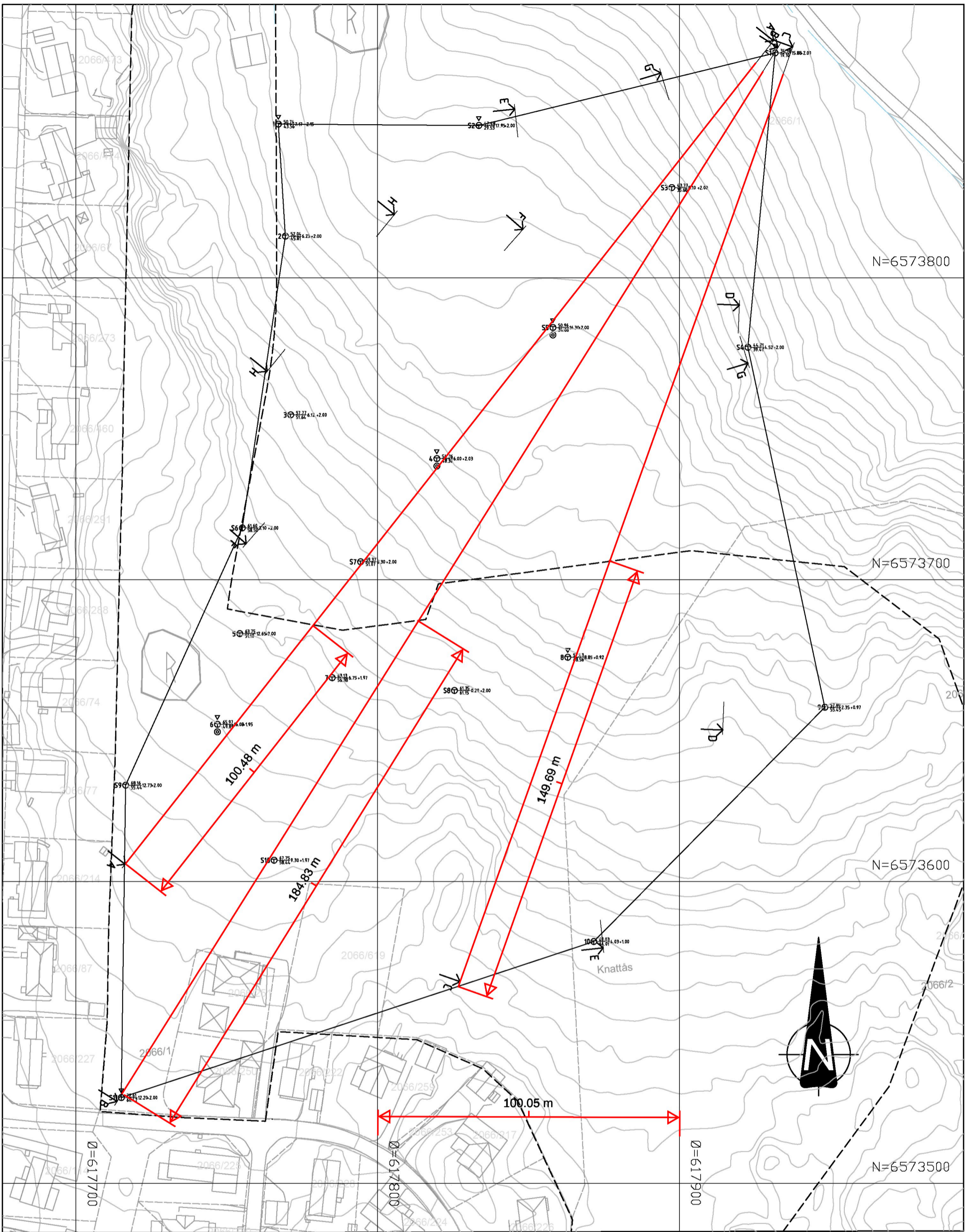
Udrenert aktiv skjærfasthet,  $c_{ucptu}$  (kPa)



Prosjekt		Prosjektnummer: 10222304		Borhull
<b>Knattås, Grålum – Områdestabilitet</b>				<b>8</b>
Innhold				Sondennummer
Tolkning av udrenert aktiv skjærfasthet				<b>4489</b>
	Utført	Kontrollert	Godkjent	Anvend.klasse
	NOMOAH	NOVESO		<b>1</b>
	Disiplin	Dato sondering	Revisjon	Figur
	RIG	17.09.2018	0	<b>5</b>
			Rev. dato	
			03.03.2021	

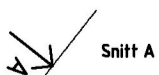
## **Vedlegg 2 RIG 01: Borplan med snitt (A-H) og antatt kritiske snitt til stabilitetsberegninger snitt (A-C)**





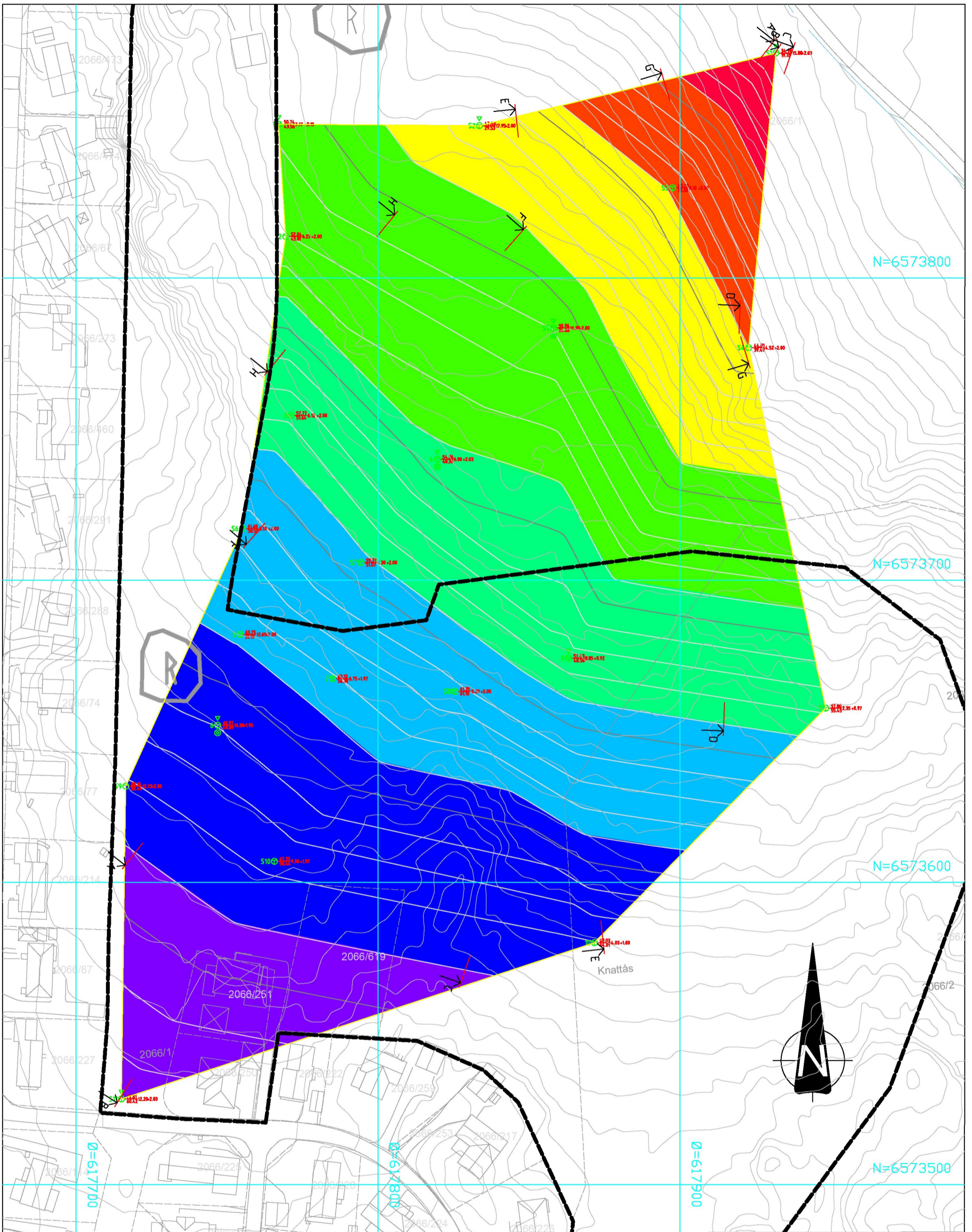
**TEGNFORKLARING**

- ⊕ TOTALSONDERING
- ▽ CPTU-SONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- 1 - 10 MESTA AS, SEPTEMBER 2018
- S1 - S11 ROMERIKE GRUNNBORING AS, JANUAR 2019



Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOLAHHNOVESO	NOMANO	26.02.2021
<p><b>Grålum og Yven Eiendom AS</b> Knattås, Grålum - Områdestabilitet</p> <p>Borplan med antatt kritiske snitt Snitt (A, B, C, D, E, F, G, H)</p> <p>UTM32 NN2000</p>			Målestokk		Format	
			1:1250		A3	
			Oppdragsleder:			
			Lars-Petter Lundmark			
			Oppdragsnr.			
			10222304			
			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev:
			RIG	01	F	00

## Vedlegg 3 RIG Terrengmodell - Høydeanalyse

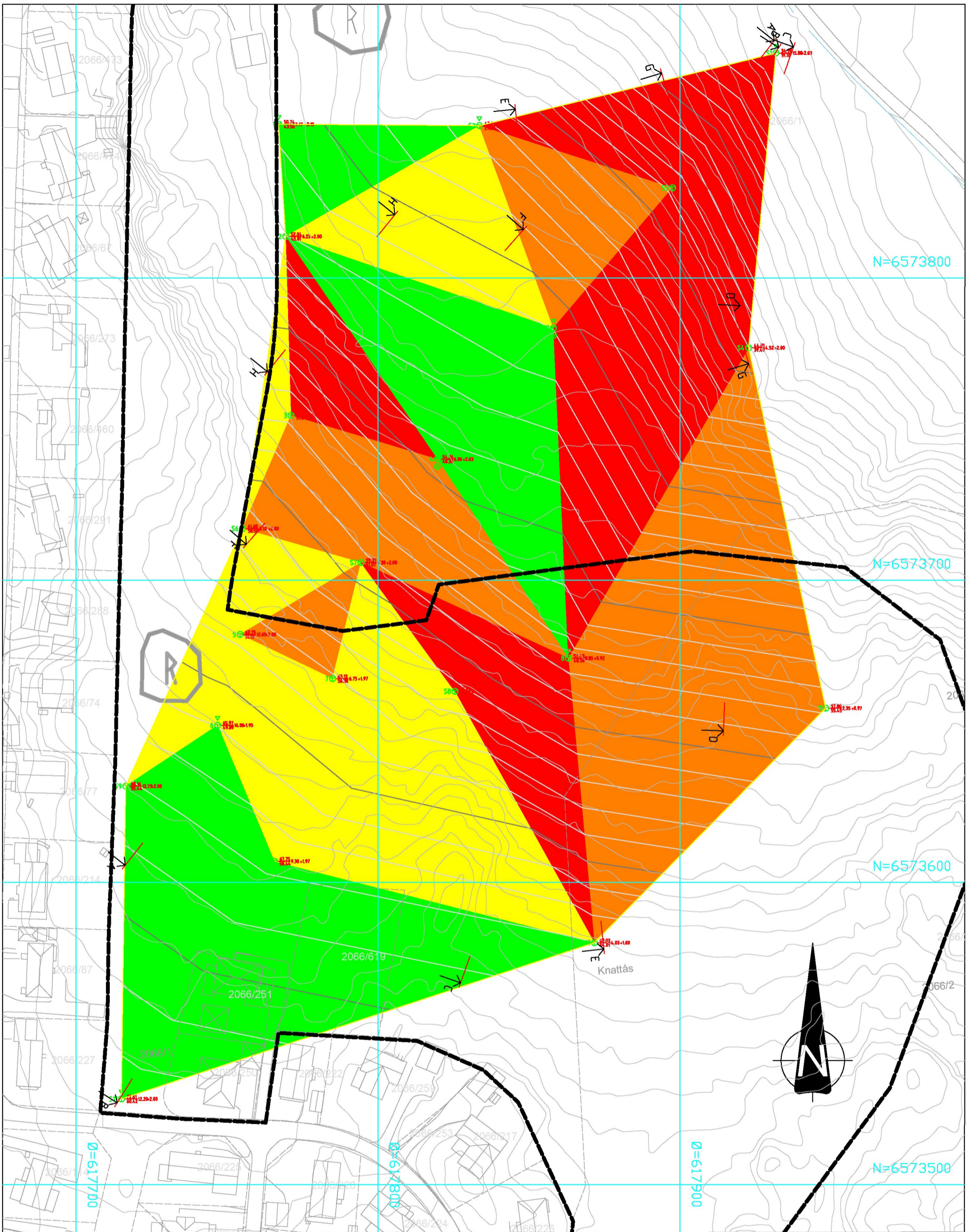


TEGNFORKLARING

Elevations Table			
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Color
1	34.000	39.000	Red
2	39.000	44.000	Orange
3	44.000	49.000	Yellow
4	49.000	54.000	Light Green
5	54.000	59.000	Green
6	59.000	64.000	Blue
7	64.000	69.000	Dark Blue
8	69.000	74.000	Purple

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOLAHHNOVESO	NOMANO	26.02.2021
<b>Grålum og Yven Eiendom AS</b> Knattås, Grålum - Områdestabilitet			Målestokk		Format	
			1:1250		A3	
Terrengmodell Høydeanalyse <small>UTM32 NN2000</small>			Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
			Oppdragsnr. 10222304			
SWECO Norge AS			Disiplin:	Løpnummer:	Status:	Rev:
			RIG	02	F	00

## Vedlegg 4 RIG 03: Terrengmodell – Skråningsanalyse



TEGNFORKLARING

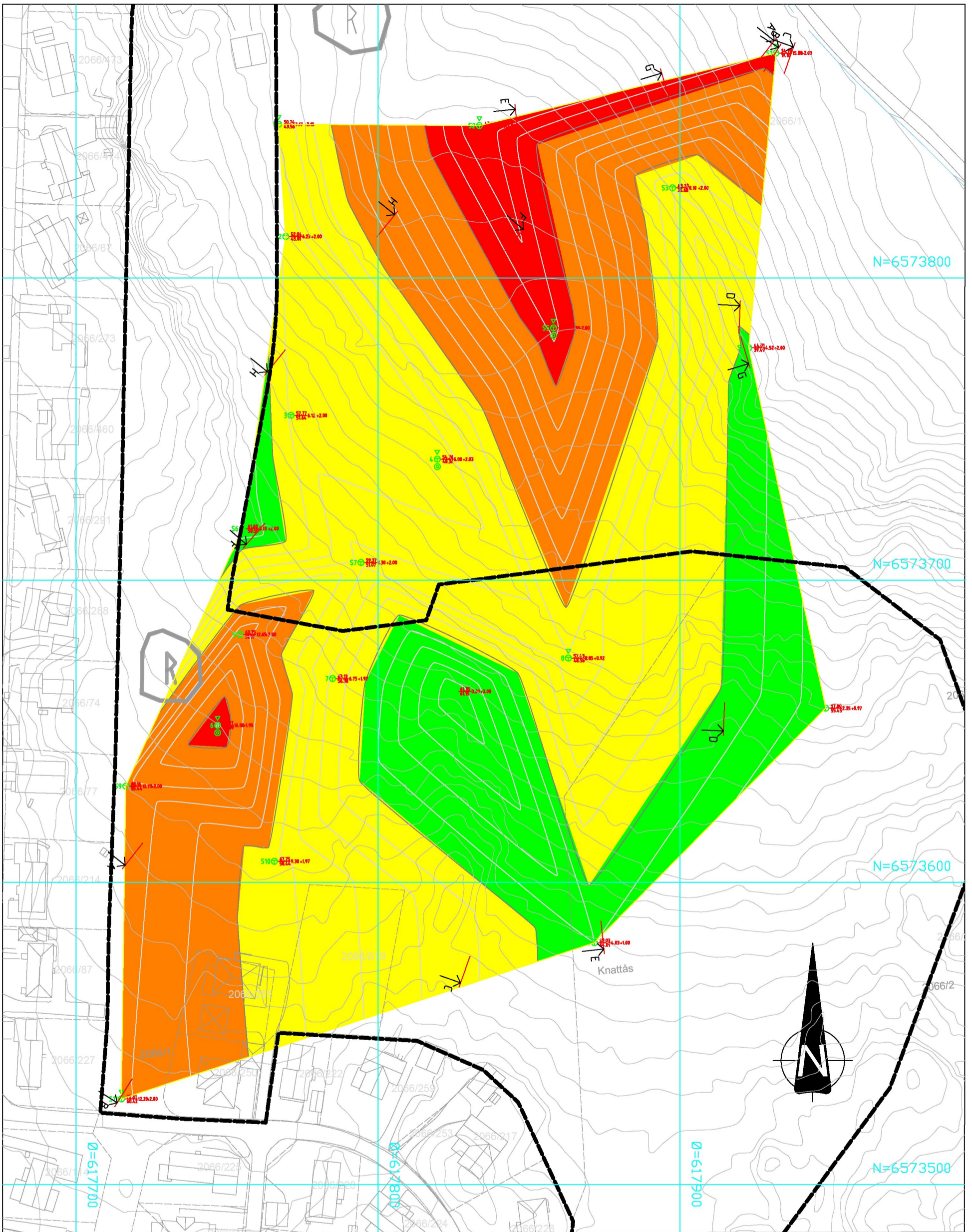
SKRÅNING			
NUMMER	MINIMUM SKRÅNING	MAXIMUM SKRÅNING	FARGE
1	5.00%	6.70%	■
2	6.70%	10.00%	■
3	10.00%	12.50%	■
4	12.50%	18.00%	■

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
		<b>Grålum og Yven Eiendom AS</b>	NOMOAH	NOLAHHNOVESO	NOMANO	26.02.2021
		<b>Knattås, Grålum - Områdestabilitet</b>	Målestokk	Format		
			<b>1:1250</b>	<b>A3</b>		
		<b>Terrengmodell</b>	Oppdragsleder:			
		<b>Skråningsanalyse</b>	Lars-Petter Lundmark			
		UTM32 NN2000	Oppdragsnr.			
			<b>10222304</b>			
		Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev:	
		<b>RIG</b>	<b>03</b>	<b>F</b>	<b>00</b>	



SWECO Norge AS

## Vedlegg 5 RIG 04: Terrengmodell/bergmodell - Dybder til berg



TEGNFORKLARING

Elevations Table			
Number	Minimum Elevation	Maximum Elevation	Color
1	0.000	5.000	Green
2	5.000	10.000	Yellow
3	10.000	15.000	Orange
4	15.000	18.000	Red

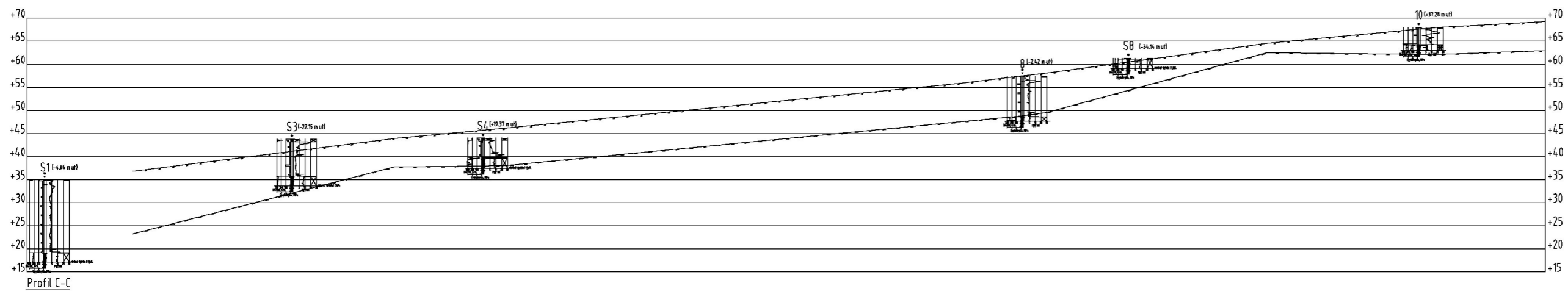
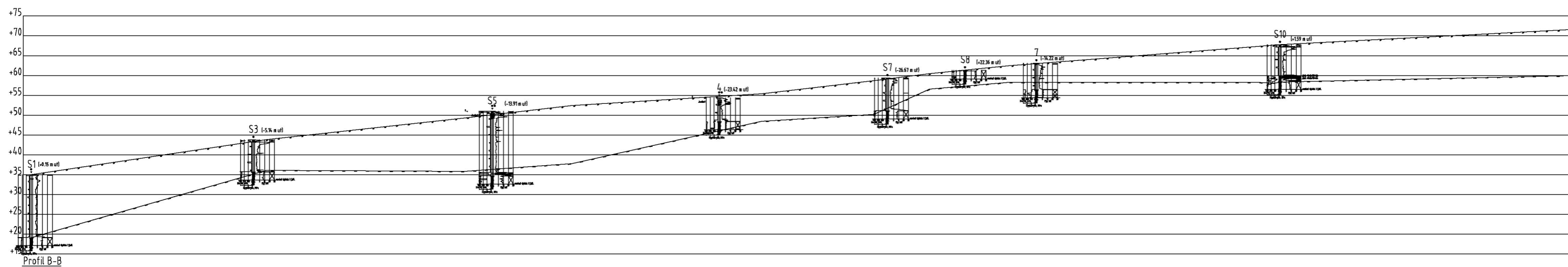
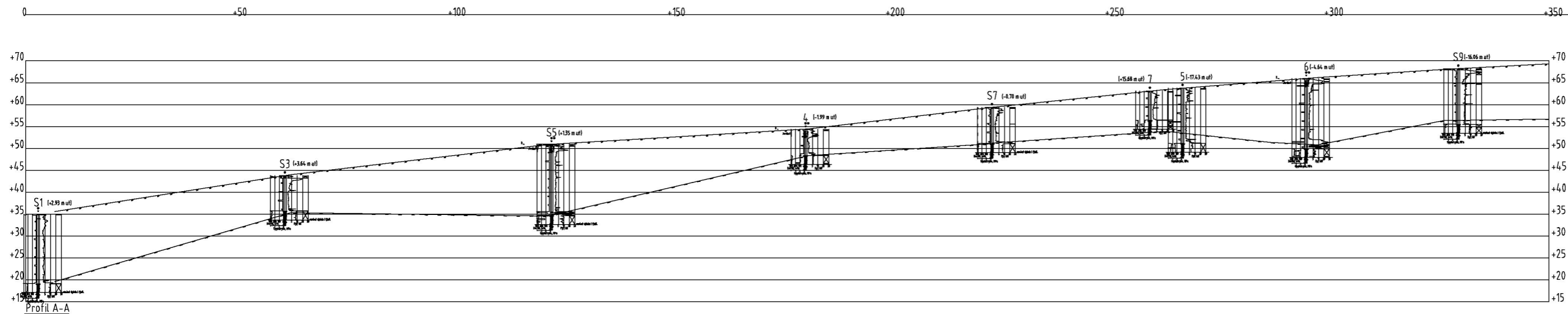
Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOLAHHNOVESO	NOMANO	26.02.2021
<b>Grålum og Yven Eiendom AS</b> Knattås, Grålum - Områdestabilitet Terrengmodell/Bergmodell Dybder til berg <small>UTM32 NN2000</small>			Målestokk		Format	
			1:1250		A3	
			Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
			Oppdragsnr. 10222304			
Disiplin:		Løpnummer:	Status:	Rev:		
RIG		04	F	00		



SWECO Norge AS


## Vedlegg 6 RIG 05-01: Profil A-C



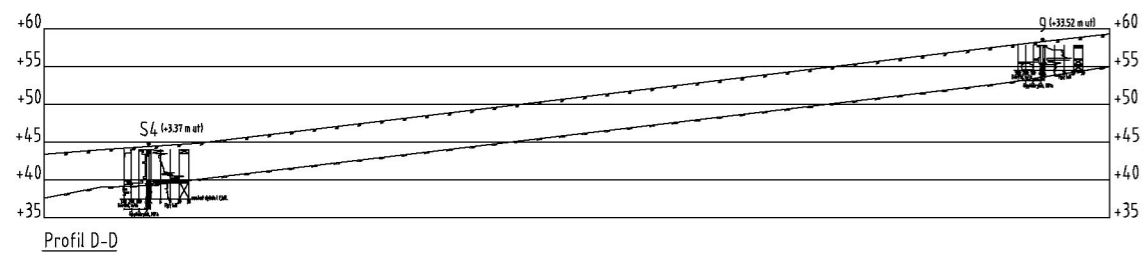


**ANMERKNING**

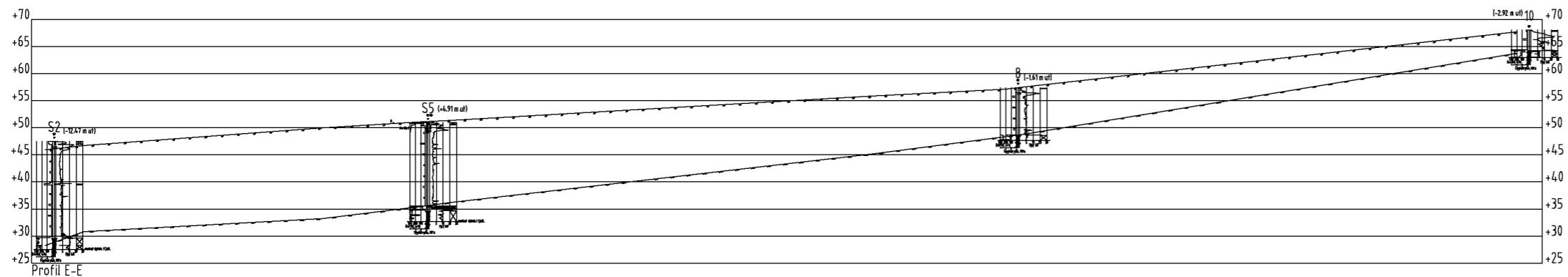
- × Terreng og bergmodell er utarbeidet ut fra de utførte grunnundersøkelsene med interpolasjon mellom borpunktene.
- × Topplinjen og bunnlinjen i profiltegning viser henholdsvis terreng og antatt berg.
- × Totalsonderinger i nærheten av en profil er også lagt til.

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOLAVHVEDO	NOMANO	26.02.2021
Grålum og Yven Eiendom AS			Målestokk	Format		
Knattås, Grålum - Områdestabilitet			1:1000	A3		
Profil			Oppdragsleder:			
Profil A-A, Profil B-B, Profil C-C			Lars-Petter Lundmark			
			Oppdragsnr.			
			10222304			
SWECO  SWECO Norge AS			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
			RIG	05-01	F	00

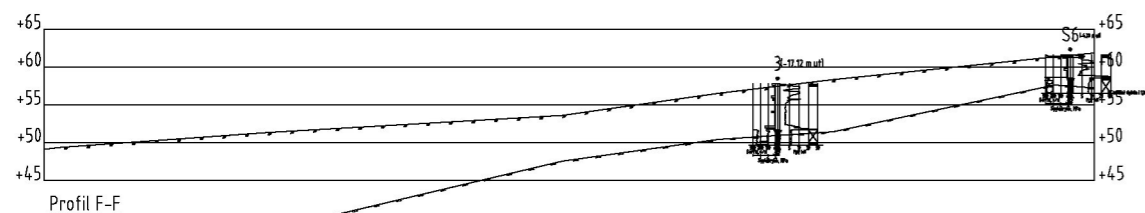
## Vedlegg 7 RIG 05-02: Profil D-H



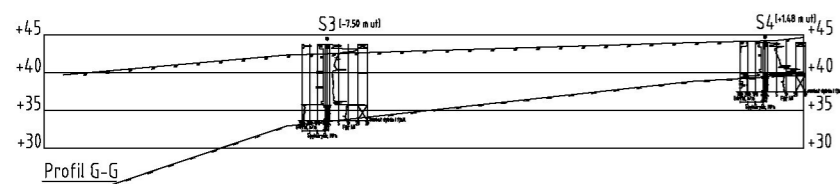
Profil D-D



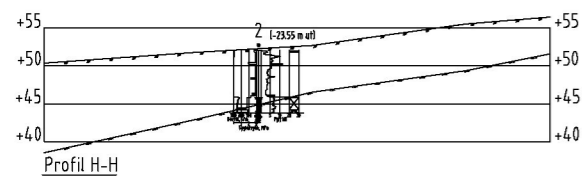
Profil E-E



Profil F-F




Profil G-G



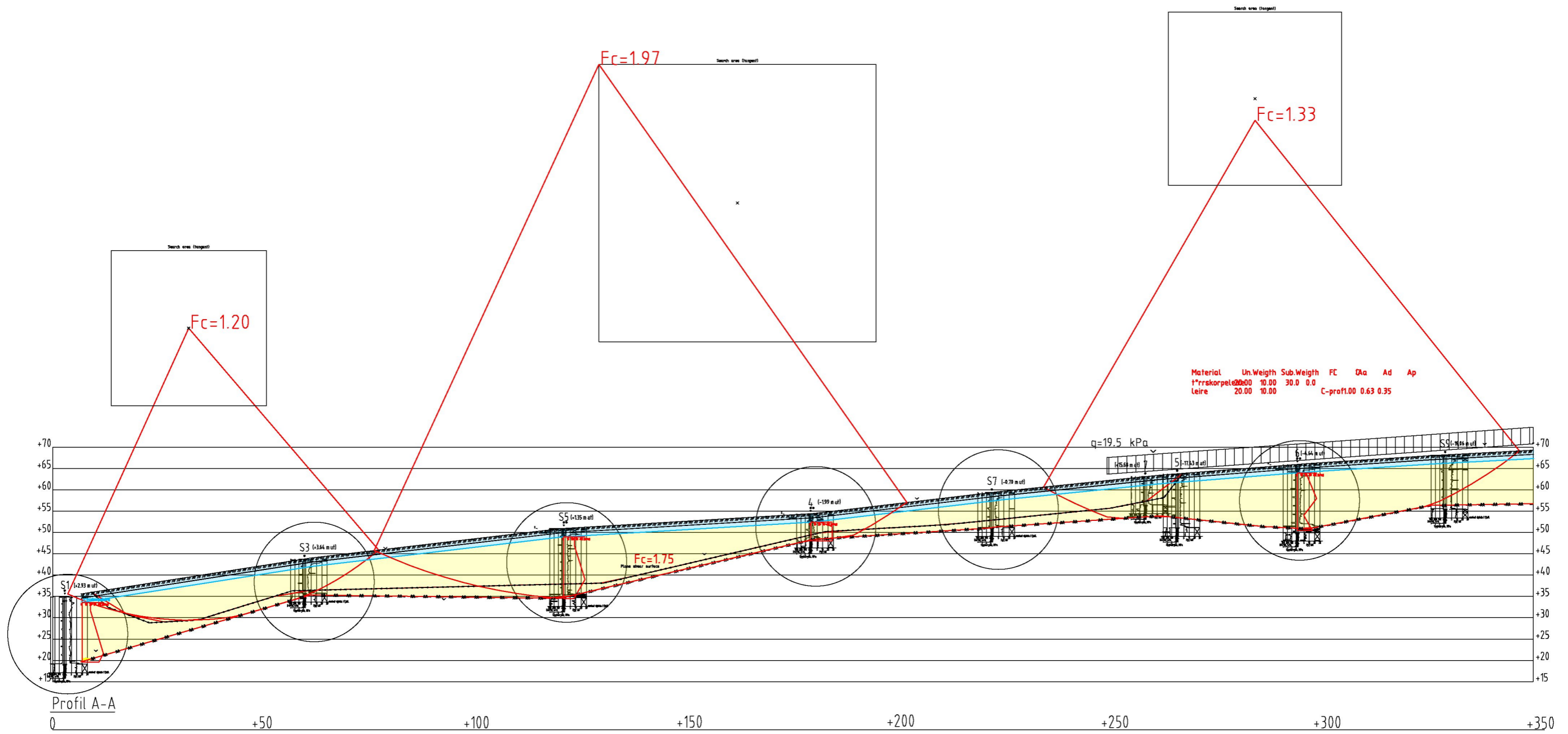
Profil H-H

**ANMERKNING**


- ×Terreng og bergmodell er utarbeidet ut fra de utførte grunnundersøkelsene med interpolasjon mellom borpunktene.
- ×Topplinjen og bunnlinjen i profiltegning viser henholdsvis terreng og antatt berg.
- ×Totalsonderinger i nærheten av en profil er også lagt til.

Status	Rev.	Endring		Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
				Grålum og Yven Eiendom AS			26.02.2021
				Målestokk: 1:1000		Format: A3	
				Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
				Oppdragsnr.: 10222304			
 SWECO Norge AS				Disiplin: RIG	Løpnummer: 05-02	Status: F	Rev: 00

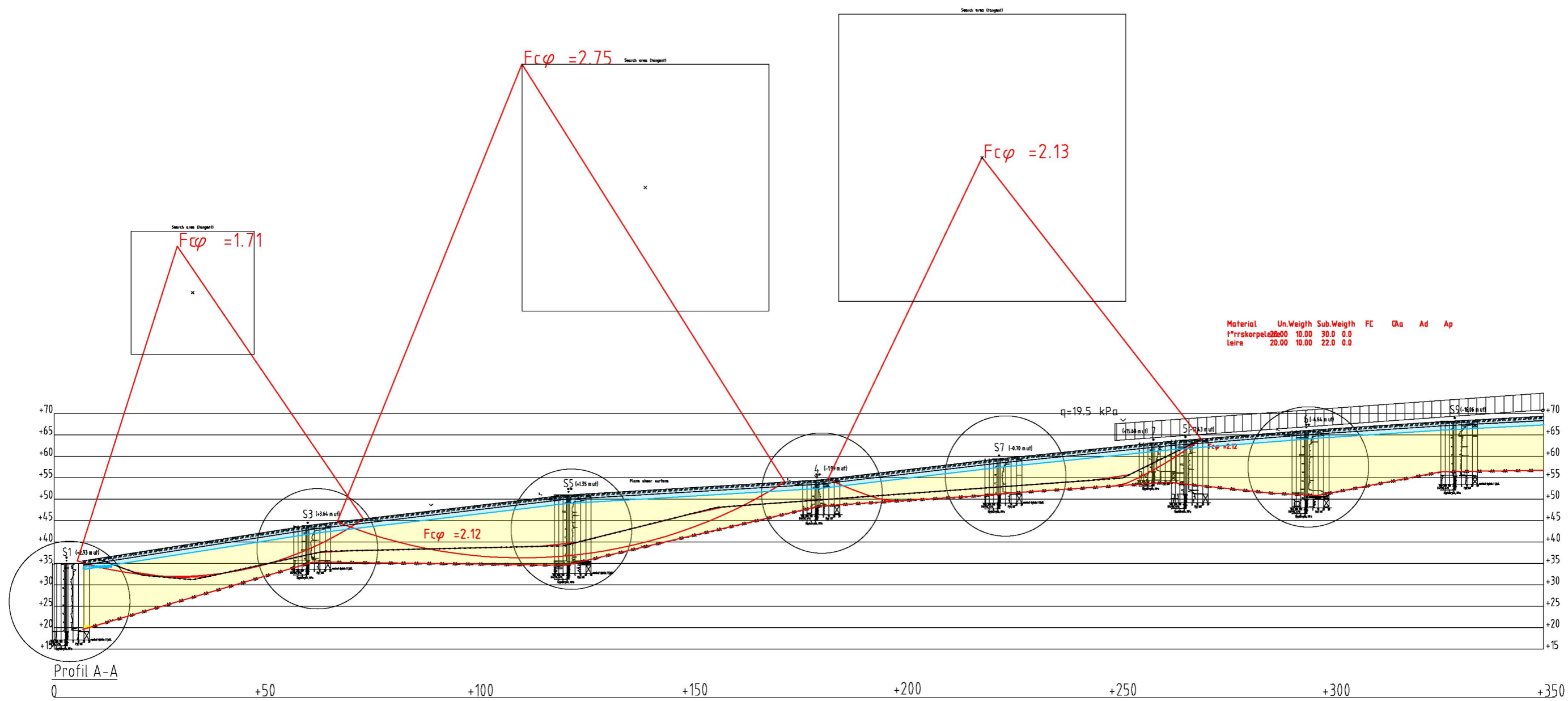
## Vedlegg 8 RIG 06-01: Stabilitetsberegninger Profil A-A (Su)




ANMERKNING

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOLAVHROESO	NOMANO	05.03.2021
Grålum og Yven Eiendom AS			Målestokk	Format		
Knattås, Grålum - Områdestabilitet			1:1000	A3		
Stabilitetsberegninger Geosuite			Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
Profil A-A			Oppdragsnr. 10222304			
Su-analyse			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
SWECO  SWECO Norge AS			RIG	06-01	F	00

## Vedlegg 9 RIG 06-02: Stabilitetsberegninger Profil A-A (APhi)

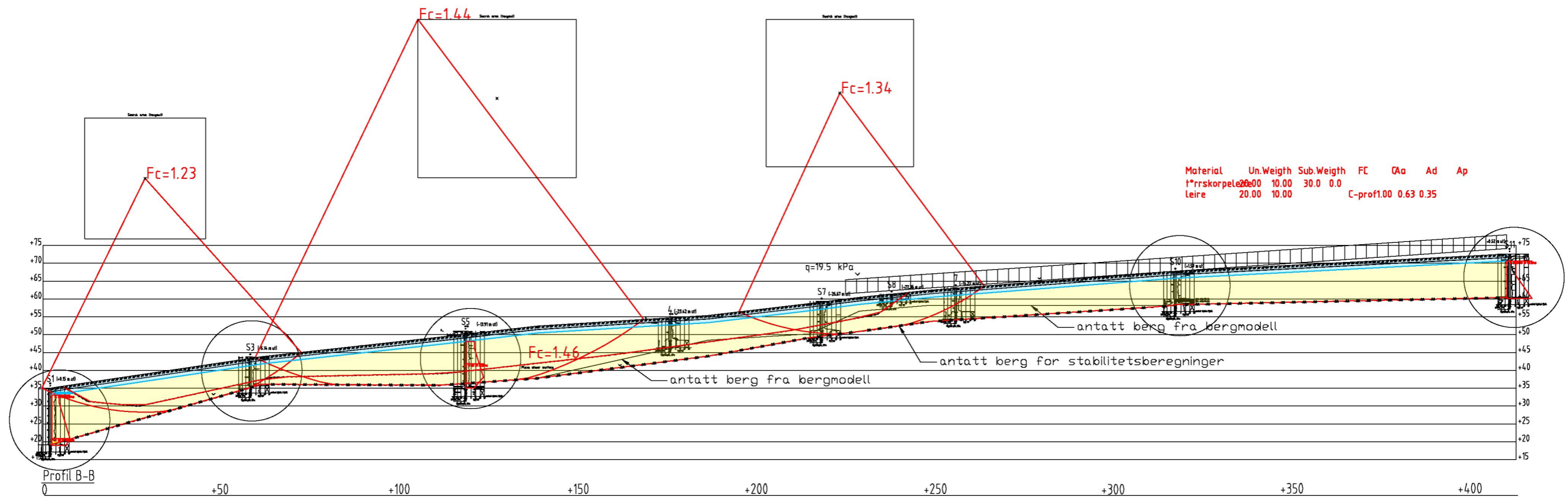


ANMERKNING


Status	Rev.	Endring		Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
				NOMOAH	NOMOAH	NOMANO	05.03.2021
<b>Grålum og Yven Eiendom AS</b>				Målestokk	Format		
Knattås, Grålum - Områdestabilitet				1:1000	A3		
Stabilitetsberegninger Geosuite				Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
Profil A-A				Oppdragsnr. 10222304			
APhi-analyse				Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
<b>SWECO</b>  SWECO Norge AS				RIG	06-02	F	00

## Vedlegg 10 RIG 07-01: Stabilitetsberegninger Profil B-B (Su)

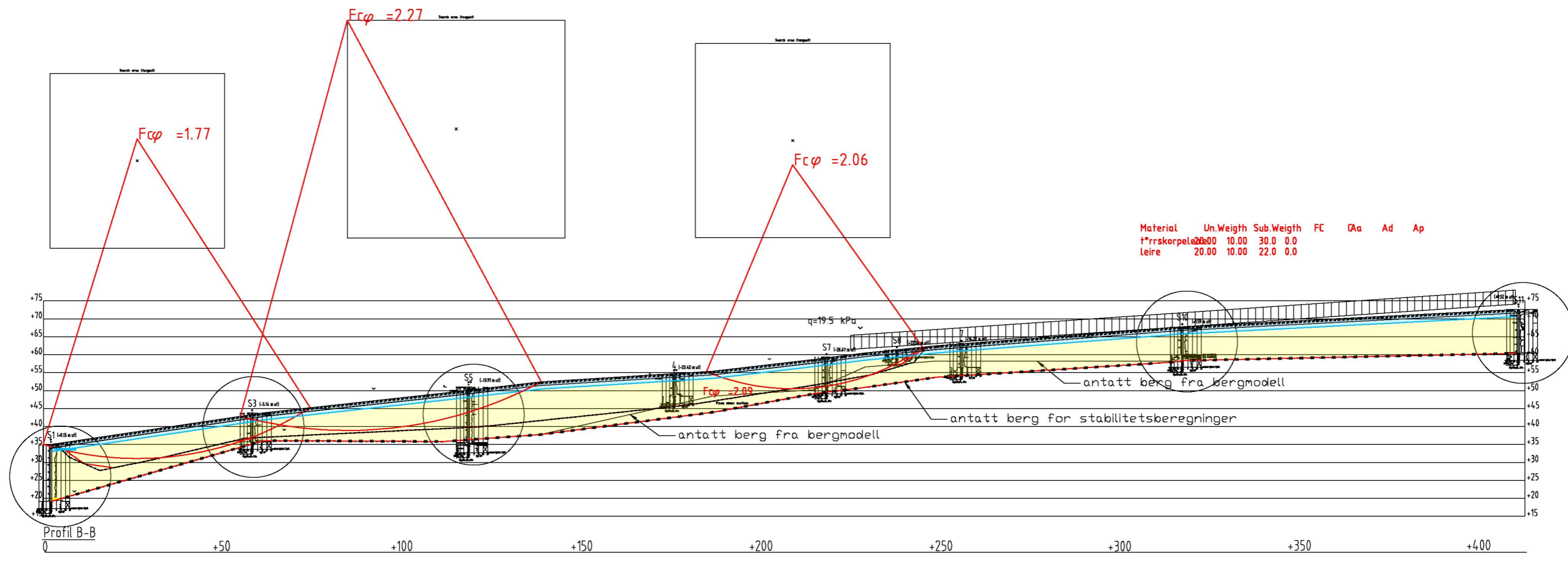





ANMERKNING

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMDAH	NOMANHOES	NOMANO	05.03.2021
Grålum og Yven Eiendom AS			Målestokk	Format		
Knattås, Grålum - Områdestabilitet			1:1250	A3		
Stabilitetsberegninger Geosuite			Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
Profil B-B			Oppdragsnr. 10222304			
Su-analyse			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
 SWECO Norge AS			RIG	07-01	F	00

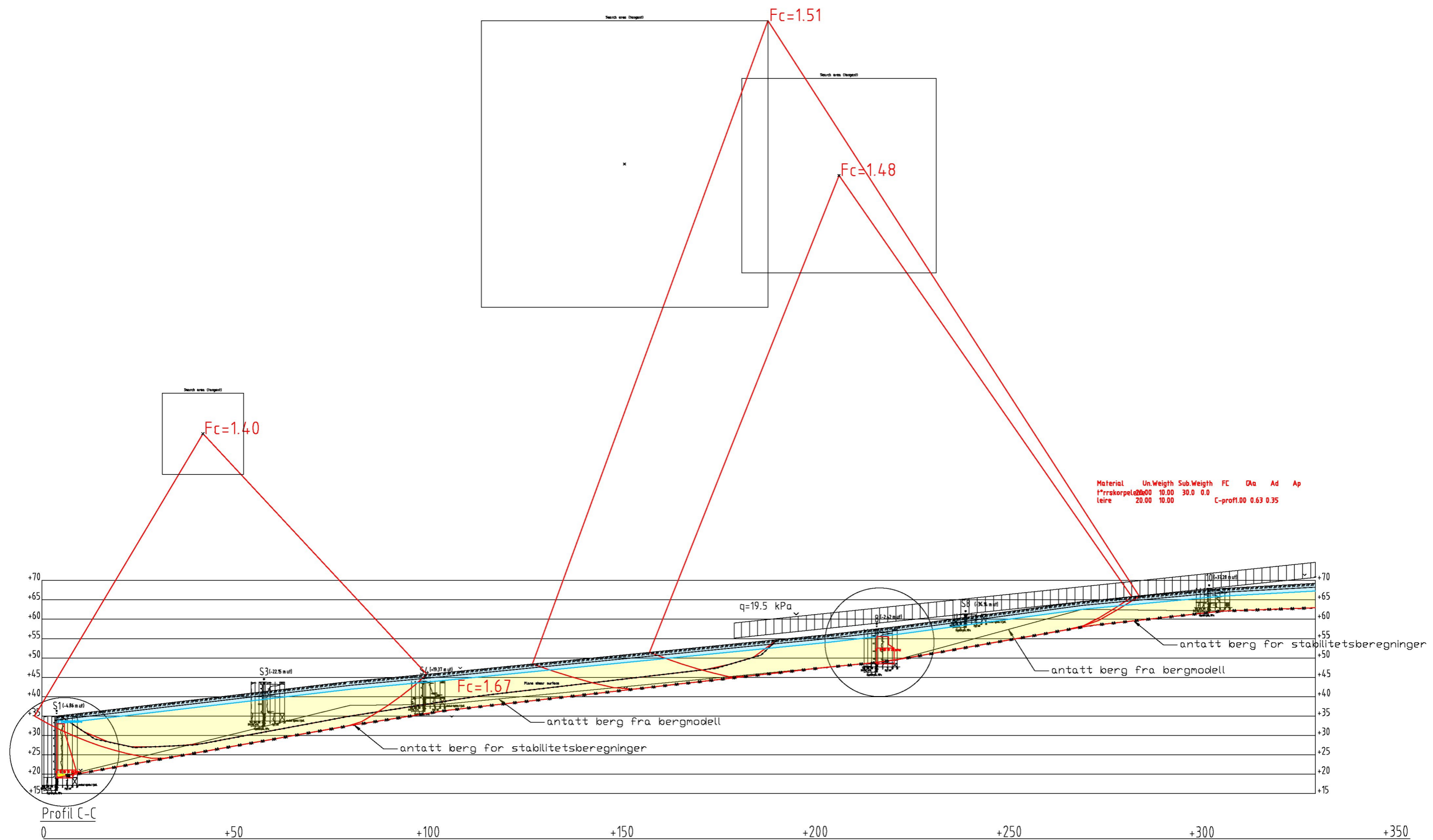
## Vedlegg 11 RIG 07-02: Stabilitetsberegninger Profil B-B (APhi)




ANMERKNING

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOLAHNHOSSO	NOMANO	05.03.2021
Grålum og Yven Eiendom AS			Målestokk	Format		
Knattås, Grålum - Områdestabilitet			1:1000	A3		
Stabilitetsberegninger Geosuite			Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
Profil B-B			Oppdragsnr. 10222304			
APhi-analyse			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
 SWECO Norge AS			RIG	07-02	F	00

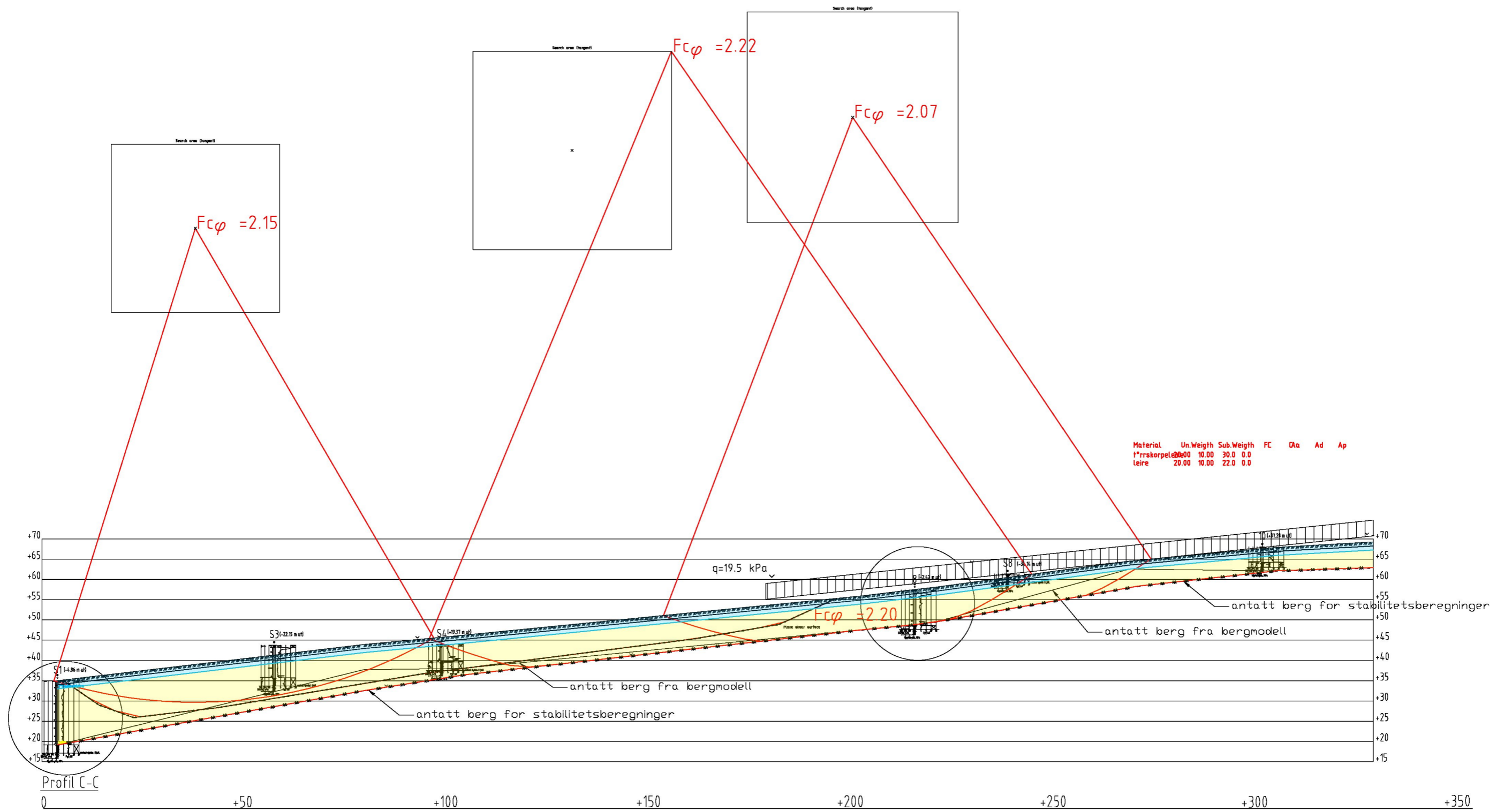
## Vedlegg 12 RIG 08-01: Stabilitetsberegninger Profil C-C (Su)




ANMERKNING

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOMANO	NOMANO	05.03.2021
<b>Grålum og Yven Eiendom AS</b> Knattås, Grålum - Områdestabilitet			Målestokk: 1:1000	Format: A3		
Stabilitetsberegninger Geosuite Profil C-C Su-analyse			Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark Oppdragsnr.: <b>10222304</b>			
<b>SWECO</b>  SWECO Norge AS			Disiplin: RIG	Løpnummer: 08-01	Status: F	Rev.: 00

## Vedlegg 13 RIG 08-02: Stabilitetsberegninger Profil C-C (APhi)

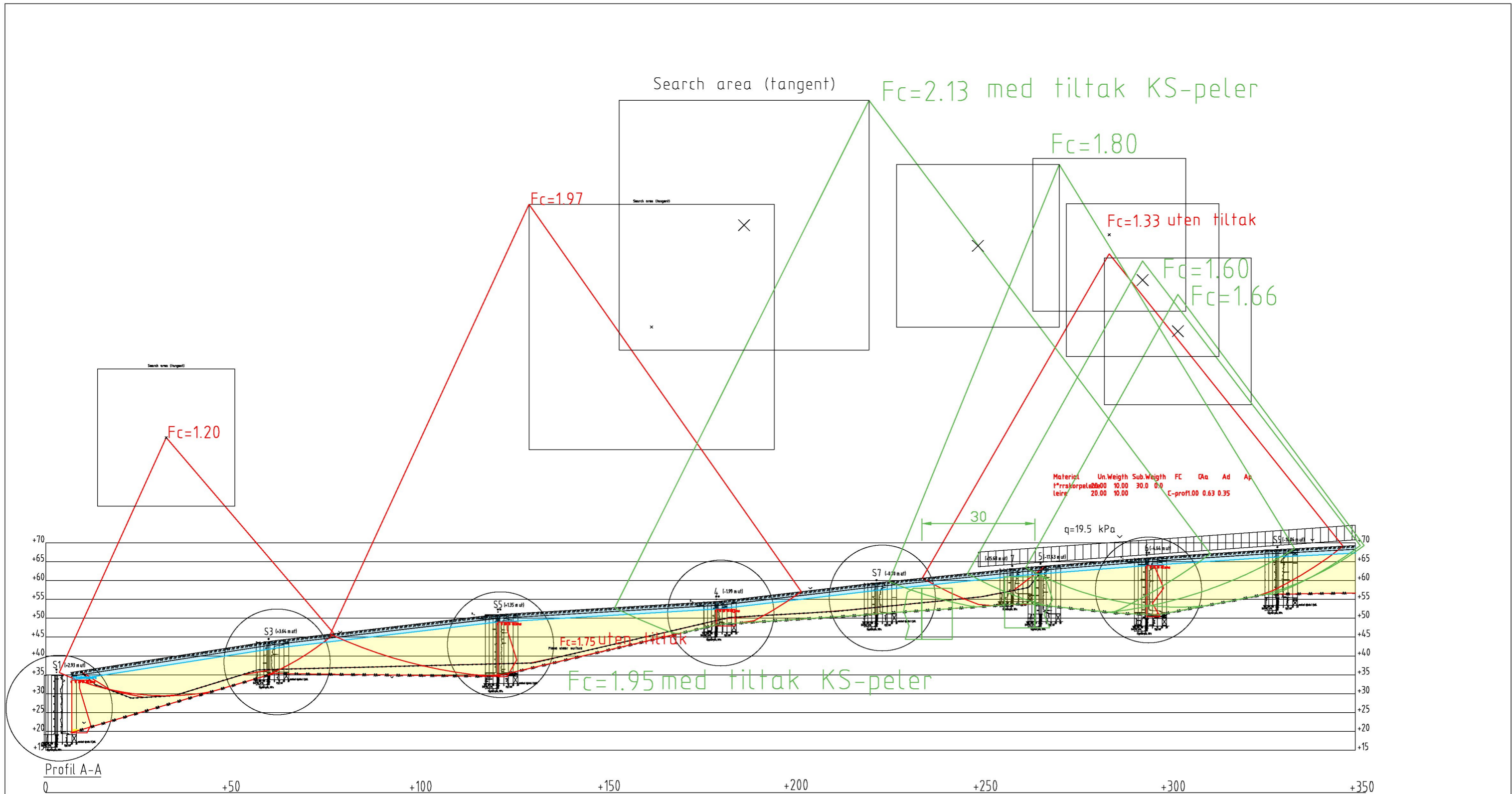


ANMERKNING


Status	Rev.	Endring		Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
				Grålum og Yven Eiendom AS			05.03.2021
				Målestokk		Format	
				1:1000		A3	
				Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
				Oppdragsnr. 10222304			
SWECO  SWECO Norge AS				Disiplin:	Løpnummer:	Status:	Rev.
				RIG	08-02	F	00

## **Vedlegg 14 RIG 09: Stabilitetsberegninger Profil A-A (Su med tiltak KS-peler)**

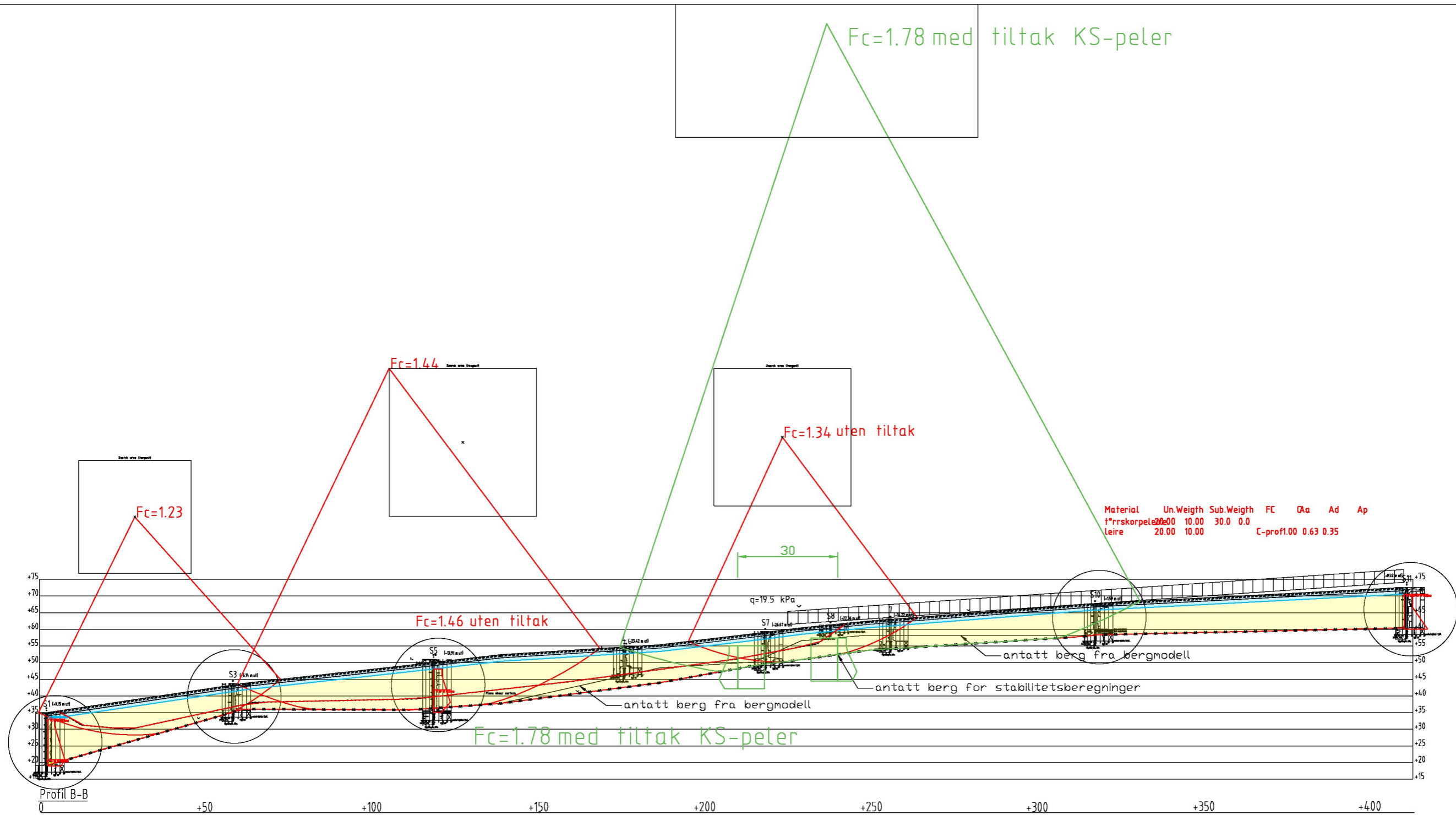





ANMERKNING

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOMANNO	NOMANO	10.03.2021
Grålum og Yven Eiendom AS			Målestokk	Format		
Knattås, Grålum - Områdestabilitet			1:1000	A3		
Stabilitetsberegninger Geosuite			Oppdragsleder:			
Profil A-A			Lars-Petter Lundmark			
Su-analyse (med tiltak KS-peler)			Oppdragsnr.			
			10222304			
SWECO  SWECO Norge AS			Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
			RIG	09	F	00

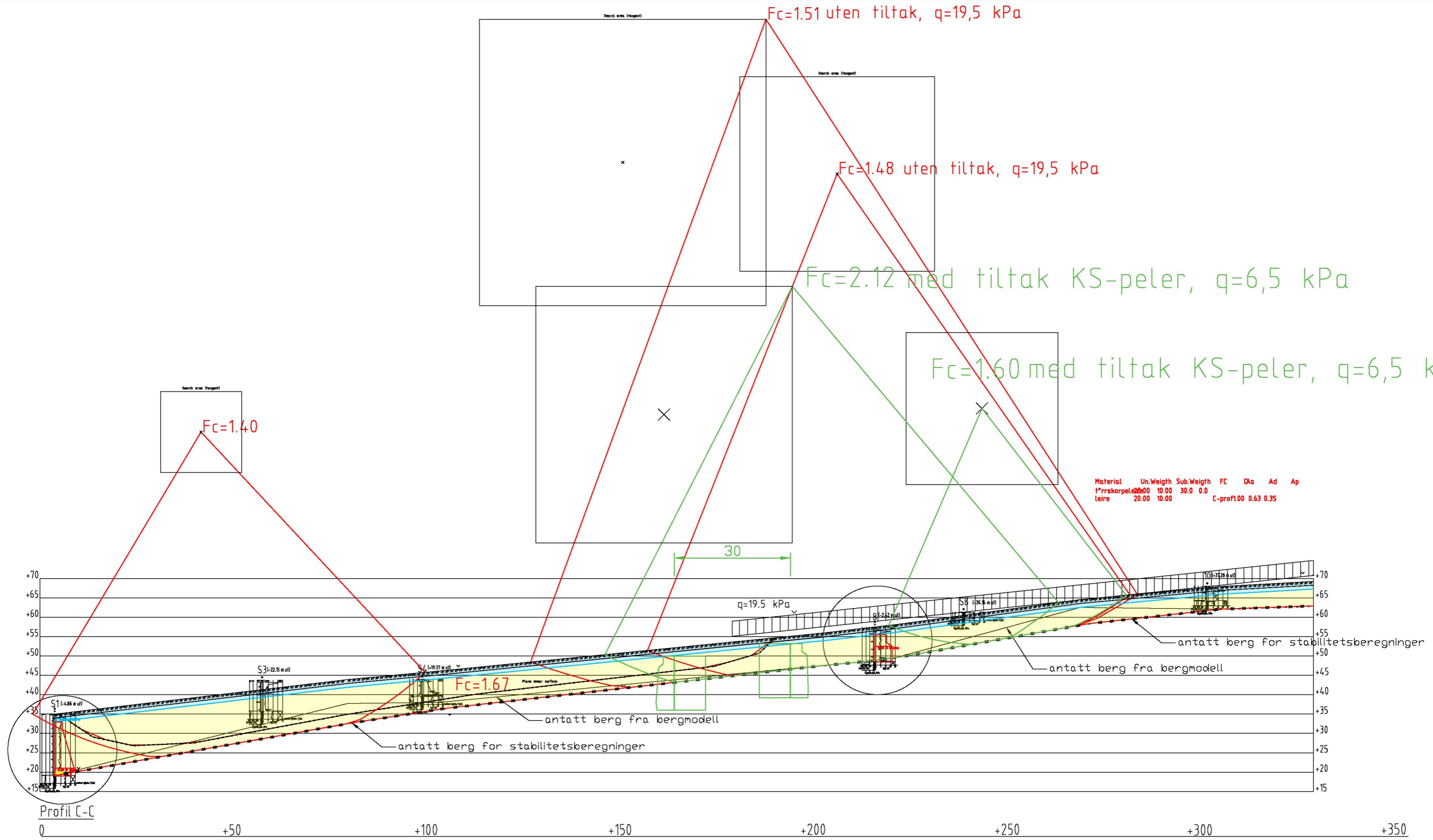
## **Vedlegg 15 RIG 10: Stabilitetsberegninger Profil B-B (Su med tiltak KS-peler)**




ANMERKNING

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMODAH	NOMANNO	NOMANO	10.03.2021
<b>Grålum og Yven Eiendom AS</b> Knattås, Grålum - Områdestabilitet			Målestokk	Format		
Stabilitetsberegninger Geosuite Profil B-B Su-analyse (med tiltak KS-peler)			Oppdragsleder: Lars-Petter Lundmark			
			Oppdragsnr. <b>10222304</b>			
<b>SWECO</b>  SWECO Norge AS			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev.
			RIG	10	F	00

## **Vedlegg 16 RIG 11: Stabilitetsberegninger Profil C-C (Su med tiltak KS-peler)**

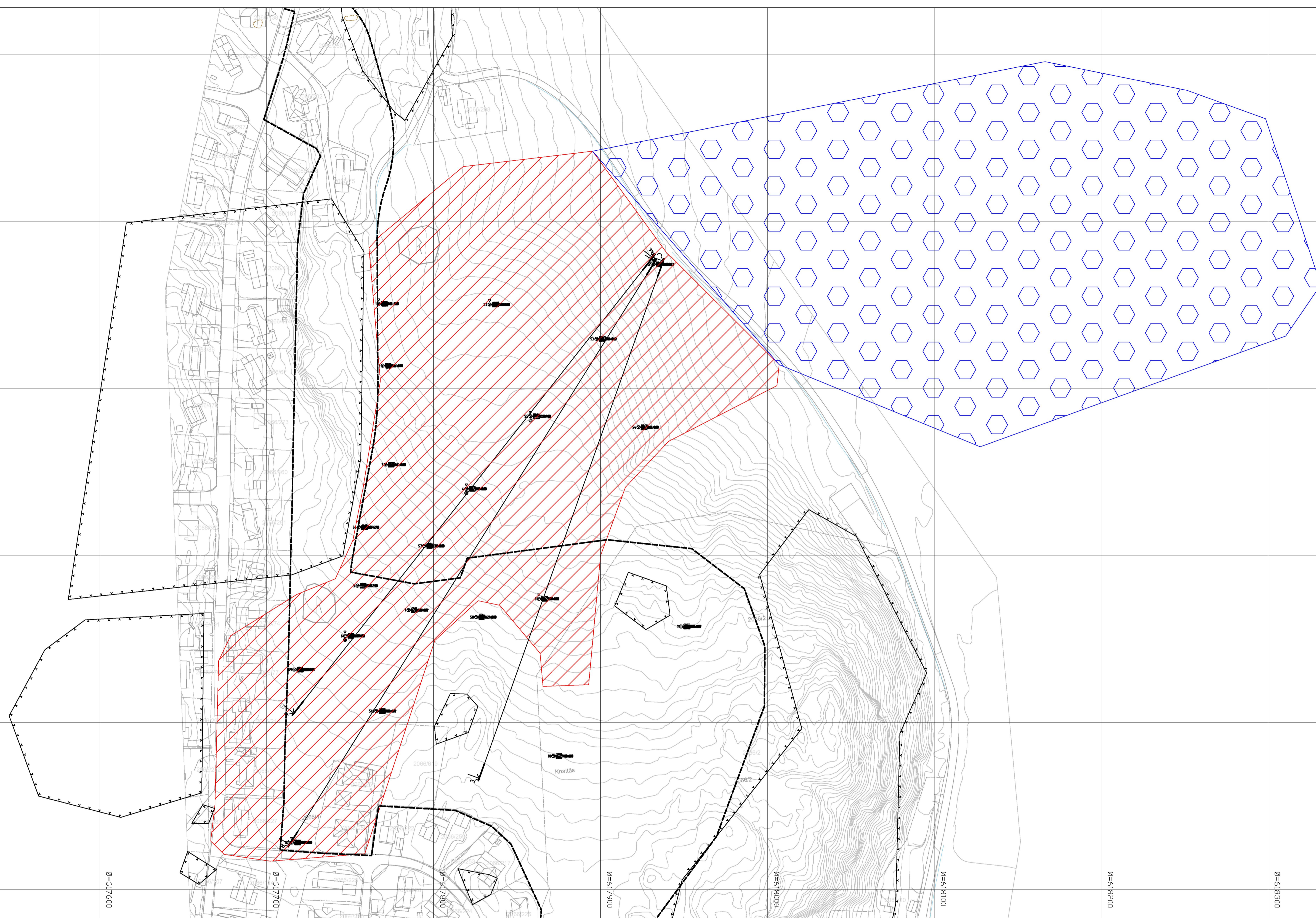
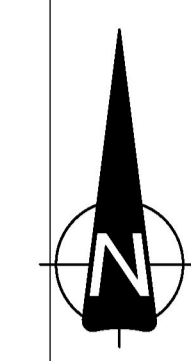


ANMERKNING

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOMOAH	NOMANO	NOMANO	10.03.2021
Grålum og Yven Eiendom AS			Målestokk	Format		
Knattås, Grålum - Områdestabilitet			1:1000	A3		
Stabilitetsberegninger Geosuite			Oppdragsleder:			
Profil C-C			Lars-Petter Lundmark			
Su-analyse (med tiltak KS-peler)			Oppdragsnr.			
			10222304			
SWECO 		SWECO Norge AS	Disiplin:	Løpnummer:	Status	Rev.
			RIG	11	F	00

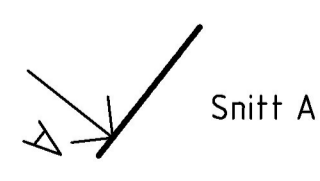
## Vedlegg 17 RIG 12: Avgrensning av løsneområder og utløpsområder

N=6574000  
N=6573900  
N=6573800  
N=6573700  
N=6573600  
N=6573500



**TEGNFORKLARING**

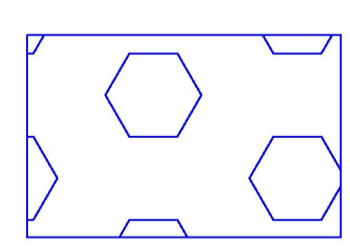
- ⊕ TOTALSONDERING
- ▽ CPTU-SONDERING
- ⊙ PRØVESERIE
- 1 - 10 MESTA AS, SEPTEMBER 2018
- S1 - S11 ROMERIKE GRUNNBORING AS, JANUAR 2019



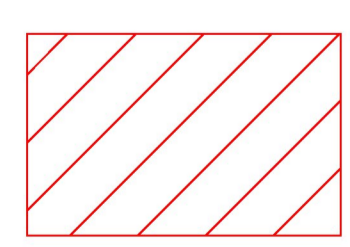
Snitt A



BERG I DAGEN




UTLØPSOMRÅDE



LØSNEOMRÅDE



REGULERINGSGRENSE

Status	Rev.	Endring	Utført	Kontr.	Ansv.	Dato
			NOVESO	NOLAHHINOMGAH	NOMANO	10.03.2021
<b>Grålum og Yven Eiendom AS</b> Knattås, Grålum - Områdestabilitet			Målestokk	Format		
			1:1250	A3		
<b>Avgrensning av løsne- og utløpsområder</b> UTM32 NN2000			Oppdragsleder:			
			Lars-Petter Lundmark			
			Oppdragsnr.			
			10222304			
 SWECO Norge AS			Disiplin:	Løpenummer:	Status	Rev:
			RIG	12	F	00