

## SKREDSIKRING SUKKERTOPPEN STØTTEFORBYGNINGER SUKKERTOPPEN. VURDERING AV FUNDAMENTERING ETTER GJENNOMFØRT GRUNNUNDERSØKELSE

Oppdragsnavn **Skredsikring Sukkertoppen**  
Prosjekt nr. **1350029372**  
Mottaker **Skred AS, HNIT, Longyearbyen lokalstyre, NVE**  
Dokument type **Vurderingsnotat**  
Versjon **Rev 0**  
Dato **14.10.2019**  
Utført av **MBP, ILIS**  
Kontrollert av **EHL**  
Godkjent av **MBP**  
Beskrivelse **Vurdering av fundamentering støtteforbygninger Sukkertoppen, på bakgrunn av utførte grunnundersøkelser.**

## INNHALDSFORTEGNELSE

<b>1.</b>	<b>Kornfordelingsanalyser</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>Bakgrunn og hensikt</b>	<b>3</b>
2.1	Tidligere vurderinger av fundamentering	3
<b>3.</b>	<b>Grunnlag og forutsetninger</b>	<b>4</b>
3.1	Levetid	4
3.2	Klimascenario	5
3.3	Teknisk løsning	5
3.4	Dimensjonerende last støtteforbygning	5
<b>4.</b>	<b>Grunnforhold</b>	<b>6</b>
4.1	Løsmasse	6
4.2	Is	6
4.3	Berggrunn	7
4.3.1	Øvre del	7
4.3.2	Nedre del	8
4.4	Temperatur i grunnen	8
<b>5.</b>	<b>Vurdering</b>	<b>11</b>
5.1	Plassering støtteforbygninger	11
5.2	Laster	11
5.2.1	Jordsig	11
5.2.2	Frostjekking	11
5.3	Forankring	11
5.3.1	Forankringslengde	11
5.3.2	Foringsrør	11
<b>6.</b>	<b>Utførelse</b>	<b>12</b>
6.1	Innspill fra entreprenør etter utførelse 2018 og grunnboring 2019	12
6.2	Forankring	12
<b>7.</b>	<b>Oppsummering</b>	<b>13</b>
7.1	Utførte grunnundersøkelser	13
7.2	Vurderinger	13
7.3	Konklusjon	13
	<b>Referanser</b>	<b>14</b>

## Vedlegg

1. Kornfordelingsanalyser

## 2. Bakgrunn og hensikt

Rambøll og SHG (Skred AS og HNIT) har oppdrag med prosjektering av skredsikring ved Sukkertoppen og Vannledningsdalen i Longyearbyen. Oppdraget utføres for NVE region nord.

For å sikre sentrum av Longyearbyen mot skred er det vedtatt å gå videre med en kombinasjon av støtteforbygninger i fjellsida opp mot Sukkertoppen og en ca 5,5 m høy fangvoll i Lia.

På grunn av usikkerhet vedrørende grunnforhold i fjellsida av Sukkertoppen, ble det våren 2019 besluttet å gjennomføre grunnundersøkelser. Feltundersøkelsene ble utført av DS Entreprenør AS i perioden 2.9.-3.10.2019. Omtalte undersøkelser har bestått av fjellkontrollboring, med registrering av bortid, samt visuell vurdering av borkaks. Det er også installert termistorer for registrering av temperatur i tre punkt i fjellsida, samt tatt opp noen poseprøver for analyse i lab. Rapport fra undersøkelsene ble ferdigstilt og levert prosjektgruppa 9.10.2019.

Rambøll og SHG er av NVE bedt om å vurdere om det er gjennomførbart å etablere støtteforbygninger i omtalte område. Dette notatet omfatter vurdering av fundamentering av støtteforbygninger. Det er kun sett på støtteforbygninger av samme type som allerede er etablert i området.

Skredteknisk og konstruksjonsteknisk vurdering og anbefaling vedrørende sikringsløsningen leveres i eget notat av SHG.

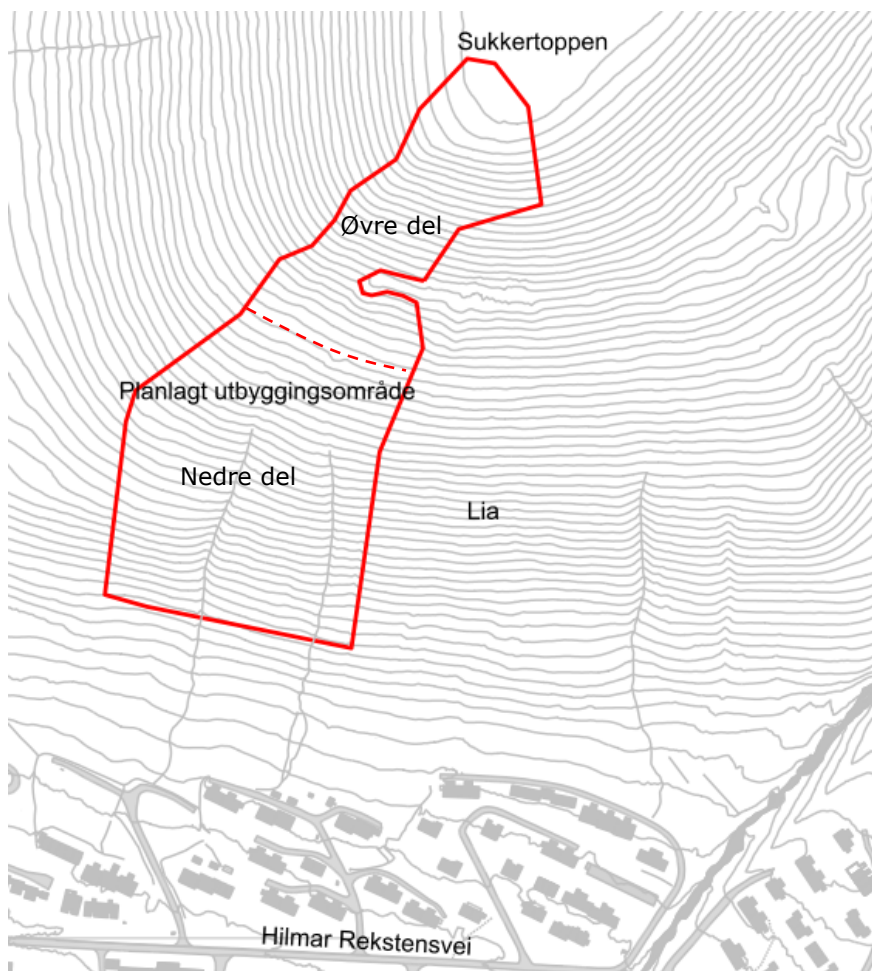
### 2.1 Tidligere vurderinger av fundamentering

Rambøll har tidligere utført en vurdering av fundamentering av støtteforbygninger i øvre del av aktuelle område, se figur 1 for omtrentlig plassering. Det er ikke utført noen detaljert vurdering for nedre del. Vurderingen er rapportert i Rambølls notat G-not-004\_rev 01 av 7.5.2019, og baserer seg på konservative antakelser vedrørende løsmassenes mektighet og karakter, bergkvalitet og temperatur i grunnen. Vurderingen er også basert på at støtteforbygningene som skal etableres skal være av tilsvarende type som de som ble etablert i 2018. Temperatur og tinedybde ble antatt ut fra forutsetningene i RCP 8.5 og diskusjon med MET, som har vært delaktig i utarbeidelsen av omtalte klimarapport.

Vurderingen konkluderer med;

*«Det er ikke utført grunnundersøkelser i det aktuelle området og kjennskap til grunnforholdene er begrenset til borlogger fra eksisterende støtteforbygninger samt berggrunnskart. Det er i tillegg valgt å benytte borlogger fra Breinosa som er antatt sammenlignbare med grunnforholdene i den øvre delen av Sukkertoppen.»*

*Forutsatte tekniske løsning er ikke gjennomførbar med de antagelsene som er tatt angående grunnforhold. Dette skyldes hovedsakelig to faktorer, beregnet last fra jordsig (hovedsakelig gitt av antatt løsmassetykkelse) og vurdering av nødvendig lengde på stålrør (hovedsakelig gitt av antatt løsmassetykkelse og antatt dybde til kompetent berg).»*



Figur 1: Oversiktsbilde område støtteforbygninger (DS Ennetreprenør, 2019)

### 3. Grunnlag og forutsetninger

Vurderingene i dette notatet er basert på følgende grunnlag:

- Ny klimarapport for Svalbard, nr. 1/2019 (Hanssen-Bauer, et al., 2019)
- Rapport nr. 18241-02-2 Mulige effekter av klimaendringer på valgte sikringstiltak. Tolkning av klimarapportens effekt på planlagte sikringstiltak i dette prosjektet. Utarbeidet av Skred AS, Rambøll, HNIT og Meteorologisk institutt, Rev. 2019-03-18 (Rambøll; Skred AS; HNIT; Meteorologisk institutt, 2019)
- Borerapporter eksisterende støtteforbygninger
- Berggrunnskart/Svalbardkartet fra Norsk Polarinstitut (Norsk Polarinstitut, 2019)
- Detaljprosjekteringsrapporter utarbeidet av NGI for eksisterende støtteforbygninger (NGIa, 2018) (NGIb, 2018)
- Plassering av støtteforbygninger angitt av Skred AS.
- NGI rapport 527030 - Permafrost Målinger Longyearbyen sommeren 1995 (NGIc, 1995)
- Report Fjellkontrollboring Sukkertoppen, DS Entreprenør AS (DS Entreprenør, 2019)

#### 3.1 Levetid

For prosjektet legges det til grunn 40 år levetid på konstruksjonene. Dette er angitt fra byggherre NVE.

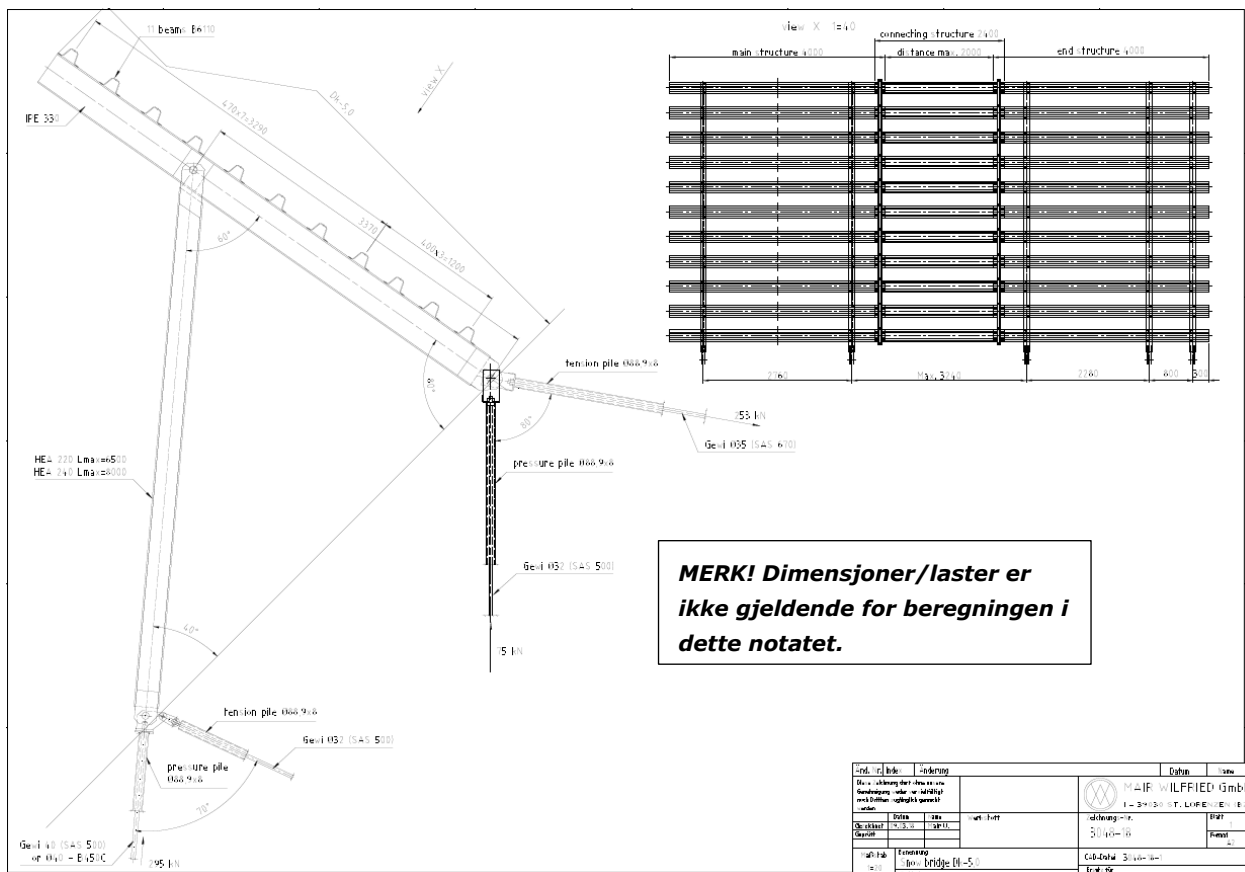
### 3.2 Klimascenario

Det legges til grunn konsekvenser av klimascenario RCP 8.5 som beskrevet i ny klimarapport for Svalbard, nr. 1/2019 (Hanssen-Bauer, et al., 2019). Dette er angitt fra byggherre NVE. For å komme frem til konsekvens av klimascenariotet for støtteforbygningene er temperaturøkning diskutert med MET ved Ketil Isaksen.

### 3.3 Teknisk løsning

Det er tatt utgangspunkt i at ønsket støtteforbygning er av samme type som tidligere er etablert i fjellsida. Dersom denne viser seg ikke gjennomførbart, kan det være aktuelt å se på om evt annen type støtteforbygning kan være et gjennomførbart alternativ. Figur 2 viser prinsippskisse av konstruksjonen for eksisterende støtteforbygninger langs Sukkertoppen. Utførte overslagsberegninger som danner grunnlag for vår vurdering baserer seg på denne typen støtteforbygninger.

Det ligger per i dag inne til sammen 14 rader med støtteforbygninger i planen for videre sikring av Sukkertoppen. Omtalte «øvre del» består av 7 rader, og «nedre del» tilsvarende. Høyde på forbygningene forventes å variere mellom 3,5 og 5,0 m.



Figur 2: Prinsippskisse fra eksisterende støtteforbygninger.

### 3.4 Dimensjonerende last støtteforbygning

Snølast på fundamentet fra støtteforbygningene er, gitt at type forbygninger ikke endres, uendret i forhold til tidligere vurderinger. Lasten varierer med varierende høyde på støtteforbygningen. Snølast er beregnet av SHG.

## 4. Grunnforhold

Utførte grunnundersøkelser høsten 2019 omfatter to punkt pr planlagt rad med støtteforbygninger. I tillegg er det installert 3 rør for montering av termistorer i området, hhv ved rad 2 og 10 ovenfra, samt mellom de to øvre radene av eksisterende støtteforbygninger. Termistor er pr i dag installert i de to rørene ved rad 2 og 10. På grunn av en produksjonsfeil er ikke siste måler installert ennå. For detaljert informasjon om plassering av punkter vises det til datarapport (DS Entreprenør, 2019).

### 4.1 Løsmasse

Registrert løsmassetykkelse i utførte undersøkelser varierer fra 0,4 til 5,5 m under terreng, primært registrert fra 0,4-2,1 m under terreng. Det ene punktet med registrert løsmassetykkelse 5,5 m er plassert inntil en gruvetipp, og det antas at deler av løsmassene i punktet derfor kan være masser som er tilført fra nærliggende gruve. Utførte boringer er boret med noe vinkel i forhold til vertikalen, omtrent normalt på overflaten. Plassering av borpunkt, vinkel det er boret med og registrert løsmassetykkelse fremkommer av rapport fra grunnundersøkelsene (DS Entreprenør, 2019).

Det er tatt poseprøver fra de øvre løsmassene i 3 punkt.vene er tatt fra øvre del av fjellsida, mens det ennå var tinte masser i terreng. Rutineundersøkelser og kornfordelingsanalyse av omtalte prøver viser at løsmassene består av grus, sandig og grusig, sandig materiaale, og klassifiseres som T2-mateirale. Kornfordelingsanalysene er utført på prøver fra 0-0,5 m dybde. Vanninnholdet er registrert fra 11,3 til 16,7 % i omtalte prøver. Prøver fra borkaks fra dybde 0,5-1,5 og 2,5-3,5 m dybde viser vanninnhold på hhv 10,5 og 7,6 %. Opptegning av utførte kornfordelingsforsøk er vist i vedlegg 1.

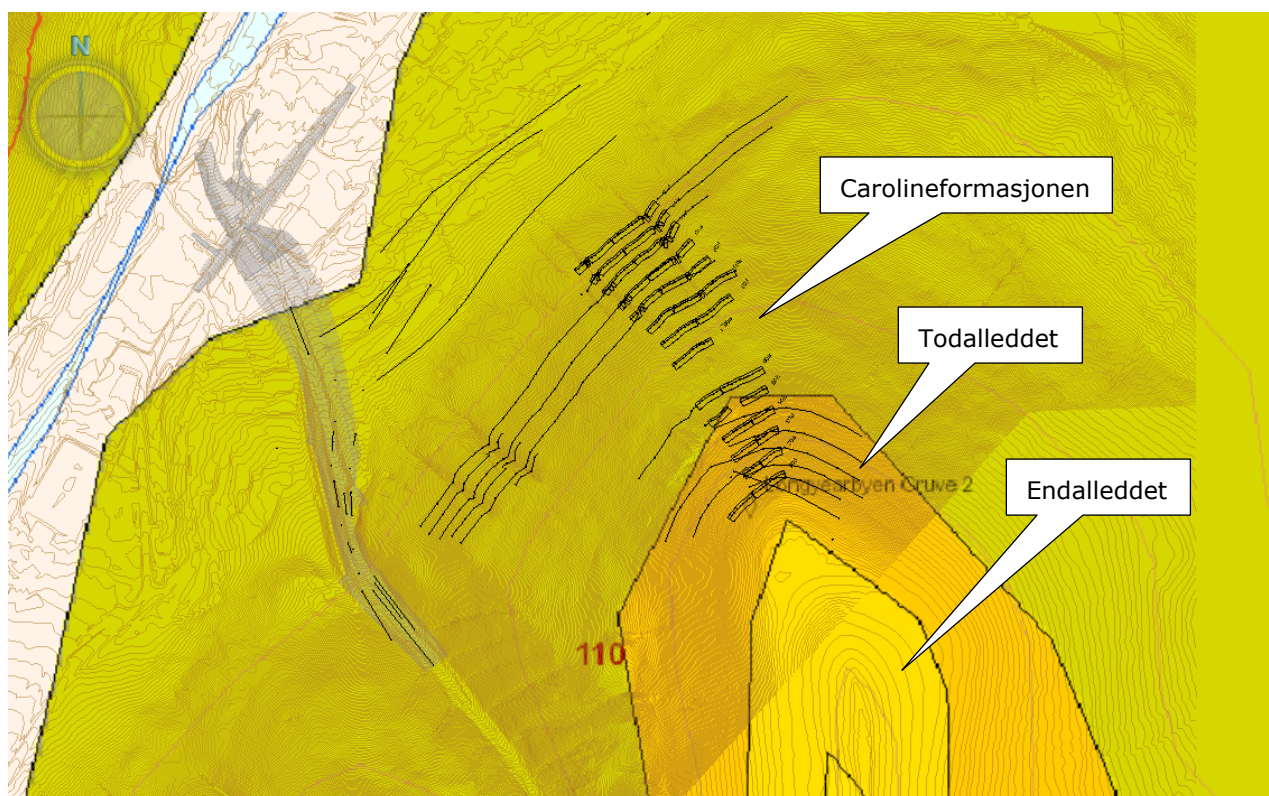
### 4.2 Is

Det er i utførte undersøkelser registrert is av betydelig tykkelse (størrelsesorden  $> 1$  m) i 3 av borpunktene. Borpunktene er plassert i nedre tredel av utbyggingsområdet.

### 4.3 Berggrunn

Grunnundersøkelsene som er utført i Sukkertoppen gir grunnlag for å anta bergmassevariasjoner, kullsoner og islag i grunnen. Det understrekes at bergmassens oppsprekking og mekaniske egenskaper fortsatt vil være usikker, på grunn av at det ikke er tatt ut kjerneprøver av bergmassen. Registrert borsynk kan imidlertid benyttes for å vurdere om bergmassen er egnet for forankring. Det påpekes at det er boret med ulik vinkel på terrengoverfalten, og at registrert mektighet på sonen må leses med utgangspunkt i det.

Figur 3 viser omtrentlig plassering av støtteforbygningene i forhold til berggrunnskart for Svalbard (Norsk Polarinstitutt, 2019).



**Figur 3: Omtrentlig plassering av støtteforbygningene i forhold til berggrunnskart for Svalbard.**

#### 4.3.1 Øvre del

I borpunkt i øvre del av Sukkertoppen, TP100-113 +TP129, er det registrert følgende bergmasse og borsynk:

Soft rock: ca. 2-3 min per meter

Rock: ca. 4-18 min per meter

Permafrost: ca. 2-3 min per meter

Kull: ca. 1-2 min per meter (kun i TP106 og TP107)

Det er boret ca. 6 m i kull i TP106 og ca. 3 m i TP 107. Dersom det antas at kullaget ligger horisontalt, tilsvarer dette en lagtykkelse på hhv ca 3 og 2 m.

I borloggene er det understreket at det er vanskelig å skille mellom «permafrost» og «frosset løsmasse». Rambøll tolker at registrert permafrost er oppsprukket bergmasse som er frosset. Ved befaring under

boringene ble det registrert at borkakset som kommer fra denne permafrostsonen er tørr. Dette verifiseres også av opptatte poseprøver fra borkakset. Ut fra dette antas det at bergmassen er godt drenerende og at det er lite is i massene. Det kan altså legges til grunn at eventuell framtidig tining av berg ikke vil ha nevneverdig betydning for heftfastheten i bergmassen.

Iht. berggrunnskartet ligger disse punktene i Todalenformasjonen, som består av vekslende lag av skifer, siltstein, sandstein og kull. Resultatet fra boringene er i samsvar med berggrunnskartet. Det kan antas at det som er beskrevet som løs bergmasse og permafrost er bergmasse som er sterkt oppsprukket med skifrihetsplan.

#### **4.3.2 Nedre del**

I borpunkter i nedre del av Sukkertoppen, TP114-128, er det registrert følgende bergmasse og borsynk.

Soft rock: 1,5-3,5 min per meter

Rock: 3-7 min per meter

Permafrost: ca. 2 min per meter

Variasjoner i bergmassen er større i nedre del av Sukkertoppen, og det er registrert gjentatte variasjoner av løst berg og solid berg i samme borhull. I tillegg er det i enkelte punkt registrert soner på ca. 20 cm som beskrives som «veldig løst berg». I flere av punktene er det beskrevet «løst berg» over hele borhullet. Det er kun noen få soner som er beskrevet som permafrost.

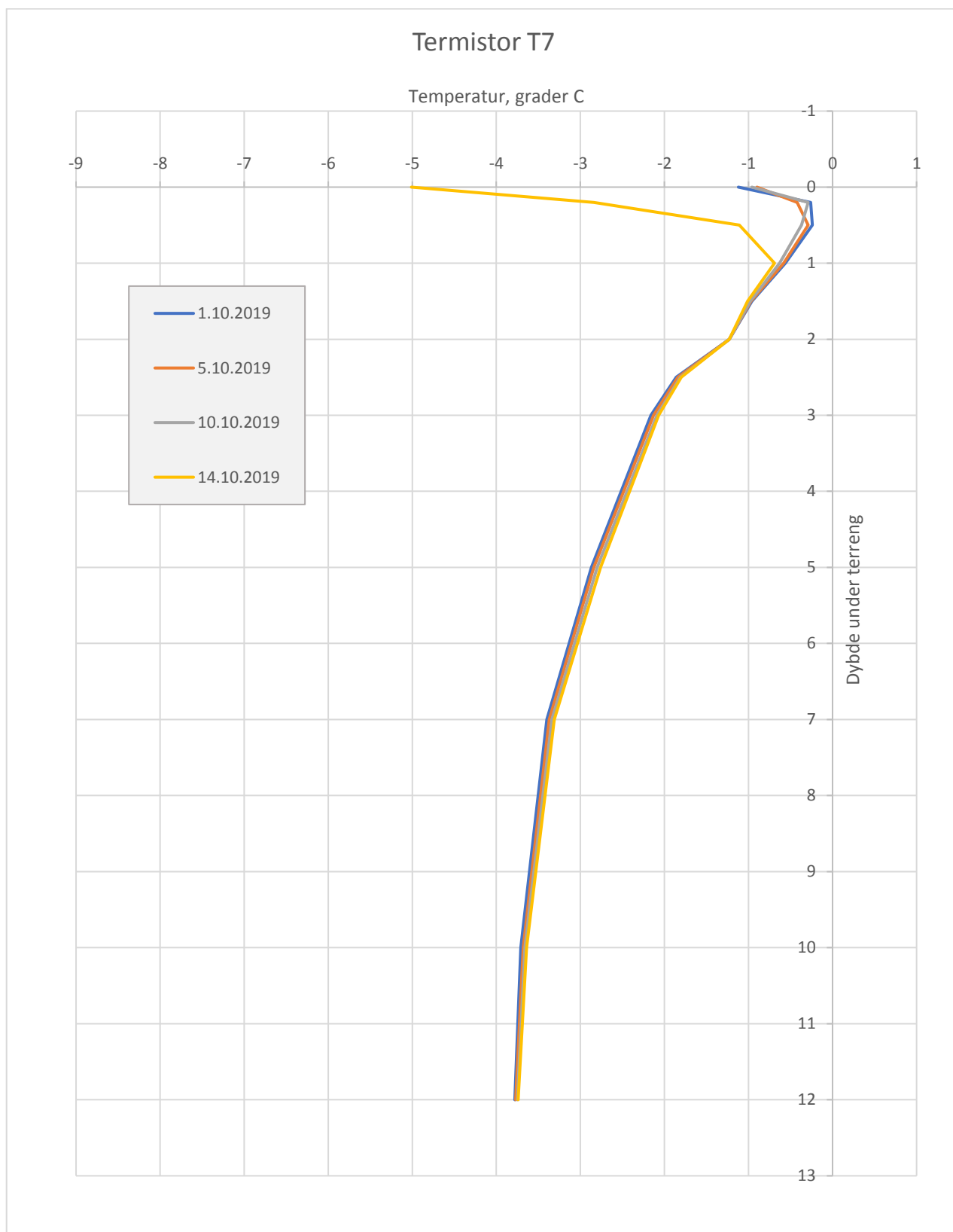
Iht. berggrunnskartet ligger nedre del av Sukkertoppen i Carolineformasjonen, som beskrives som en blanding av siltstein og sandstein. Bergmassen er kan være tett oppsprukket i subhorisontale lag, hvor kvaliteten i lagene er vekslende mellom bergmasse av kompetent til dårlig beskaffenhet. Resultatet av boringene tolkes å samsvare med denne beskrivelsen. Som forventet, iht. berggrunnskartet, er det ikke påtruffet kullsoner i nedre del av Sukkertoppen.

#### **4.4 Temperatur i grunnen**

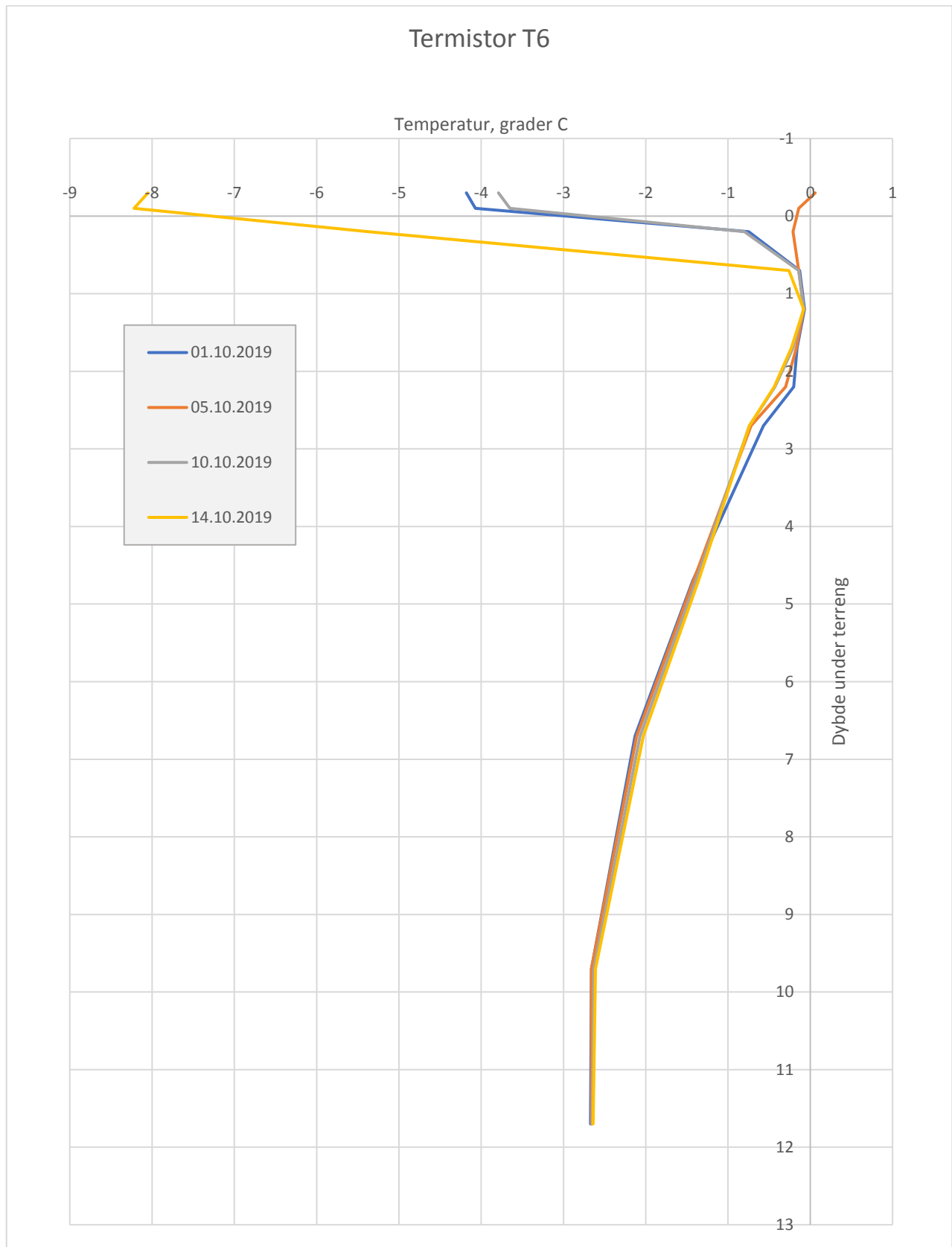
For øvre del av støtteforbygningene er det registrert inntil ca 0,5 m tining ved de utførte undersøkelsene. Basert på tidspunkt undersøkelsene er utført gir dette en indikasjon på tykkelse av aktivt lag i dag rundt 0,5 m. Temperaturer registrert i øvre termistor, T7 er vist i figur 3 og viser temperatur under 0 grader C i hele dybden.

For nedre del er det ikke registrert dybde for tinte masser i borkort fra undersøkelsene. Dette kan skyldes at arbeidene startet i øvre del og at det underveis i arbeidene ble kaldere være og at terrengflaten da frøs til. Ut fra registrerte bortid kan det se ut som bortiden for nedre del går betydelig opp for 1-2 m i forhold til massene over, noe som kan indikere at massene fra 1 m er frosne. Det er også registrert is ved dybde 1,2 m ved ett borpunkt i nedre del. Temperaturer registrert i nedre termistor, T6 er vist i figur 4 og viser temperatur under 0 grader C i hele dybden. Målingene er utført i nærhet av en vannførende ravine.





Figur 4: Termistor T7, øvre del



**Figur 5: Termistor T6, ved ravine nedre del**

## 5. Vurdering

### 5.1 Plassering støtteforbygninger

Det er registrert kull med betydelig tykkelse i 2 av de utførte boringene, hhv rad 4 ovenfra. Kullaget er forventet å være orientert omtrent horisontalt. Det vil si at tilnærmet horisontale stag potensielt kan få hele sin lengde i kull-laget, dersom tenkt plassering beholdes. Basert på opplysninger fra geologer og bergingeniører med erfaring fra Svalbard, som Rambøll har vært i kontakt med, forventes heftfastheten i kull å være betydelig dårligere enn i leirskifer. Da heftfastheten til kull er usikker, anbefales å endre plassering av støtteforbygningene slik at det unngås kullsoner i fundamentet. Vi foreslår derfor at plasseringen av denne raden justeres slik at stagene ikke kommer i det tykke kull-laget.

### 5.2 Laster

#### 5.2.1 Jordsig

Tidligere beregninger av jordsig ble utført kun for øvre del av støtteforbygningene, og er basert på antatt løsmassetykkelse, temperatur og tinedybde.

Overslagsberegninger basert på registrerte faktiske grunnforhold med hensyn på løsmassetype, løsmassetykkelse og registrerte temperaturer viser redusert jordsig i forhold til de tidligere beregningene. Beregningene viser videre mest gunstig situasjon for den øvre delen, basert på både mindre løsmasse i dette området og tynnere aktivt lag.

#### 5.2.2 Frostjekking

Overslagsberegning av jekkekrefter basert på registrerte grunnforhold viser en betydelig reduksjon i jekkekraftene. Dette skyldes flere forhold, som redusert tykkelse på lag som antas å bidra til jekking, registrert lavere temperatur i grunnen og justert forventning til økning i lufttemperaturen i konstruksjonens levetid. Det er også tatt opp prøver fra området som viser at massene inneholder noe mindre finstoff enn antatt. Dette bidrar igjen til at massene er mindre telefarlig enn tidligere antatt.

### 5.3 Forankring

#### 5.3.1 Forankringslengde

Ut fra utførte grunnundersøkelser vurderer vi at løst berg og oppsprukken bergmasse har tilfredstillende kvalitet for forankring av støtteforbygninger. Retning på forventet skifrihetsoppsprekking må tas hensyn til i forankringen, det vil si at det kan bli nødvendig å justere retningen på tilnærmet horisontalt stag, slik at dette ikke sammenfaller med skifriheten.

Overslagsberegning av nødvendig forankringslengde viser at horisontal forankringslengde i berg trolig kan reduseres lite, fordi last fra støtteforbygningen bidrar med den største belastningen for stagene. For de vertikale stagene forventes forankringslengden å kunne reduseres noe, da strekk fra jekkingen bidrar med en betydelig del av dimensjonerende last. Videre viser registrerte grunn- og temperaturforhold at det kan forventes mulig å forankre grunnere enn tidligere antatt. Total staglengde forventes ut fra dette å kunne reduseres i forhold til antatt i tidligere vurdering både for vertikale og horisontale stag.

#### 5.3.2 Foringsrør

Eksisterende støtteforbygninger er utført med foringsrør av type 88,9\*8 mm og stål med stålqualität  $f_y=355 \text{ N/mm}^2$ . Vi har kontrollert stålrøret for forventede opptredende krefter innenfor konstruksjonens levetid fra sig, jekking og snølast. For å klare å ta opp opptredende moment på grunn av krefter fra jordsig som virker på foringsrøret må det for enkelte fundamentet gjøres tiltak. Dette kan være å øke tverrsnittet

på røret og/eller gå opp i stål kvalitet. Det kan også bli nødvendig med tiltak for å kunne regne samvirke mellom stålrør, gysemasse og stag mhp moment.

Vår vurdering er at det vil være mulig å finne en løsning som gir tiltrekkelig kapasitet og fortsatt er innenfor det som skal være mulig å håndtere oppe i fjellsida med tiltenkt utstyr. Beregningene for stål må imidlertid kontrolleres av RIB i prosjektet, for følgende størrelsesorden på lastene;

<b>Rørdimensjon</b>	<b>Ø 88,9 mm</b>
Vertikalt foringsrør*	
Mbrudd	25 kNm
Vbrudd	65 kN
Horisontalt foringsrør*	
Mbrudd	40 kNm
Vbrudd	65 kN

\*maks moment og skjærkraft opptrer i overgangen mellom løsmasse og permafrost/berg

Dersom ytre diameter på foringsrør økes vil dette medføre endret last fra jordsig.

## 6. Utførelse

### 6.1 Innspill fra entreprenør etter utførelse 2018 og grunnboring 2019

Rambøll har vært i kontakt med DS Entreprenør, som utførte monteringen av støtteforbygningene i Sukkertoppen i 2018 samt har utført undersøkelsene i 2019. Etter entreprenørs erfaring er det ingen grunn for å benytte annen løsning på fundamentering og forankring for nye støtteforbygninger i fjellsida, sett fra et anleggsteknisk ståsted. Deres uttalelse er basert på at gjennomføring og utførelsen i 2018 fungerte bra.

Rambøll har vært i kontakt med DS Entreprenør med tanke på maksimale dimensjoner og lengder de mener er anleggsteknisk gjennomførbart. Følgende kommentarer er relevante i den forbindelse:

- Borhull diameter på 120 mm er det maksimale som kan utføres med det utstyret som kan benyttes i det aktuelle området.
- 3 m stålrør var utfordrende å håndtere, men det kan forventes at opptil 4 m vil være håndterbart.
- Det er ikke mulig å komme til med andre maskiner der sikringen skal etableres.

Det understrekes at dette er en entreprenørs syn på saken og at det ikke er forespurt flere entreprenører med tanke på hvilke dimensjoner/lengder de mener er gjennomførbart å benytte her.

DS Entreprenør har etter utførte undersøkelser i 2019 anbefalt at videre sikringsarbeider med støtteforbygninger utføres fordelt på 2 eller 3 sesonger.

### 6.2 Forankring

Trykkstagene kan ikke avsluttes i kull eller is. Dersom det påtreffes kull eller is ved enden av stag må det bores videre inntil staget er inne i berg.

## 7. Oppsummering

### 7.1 Utførte grunnundersøkelser

Utførte grunnundersøkelser viser blant annet;

- Registrert løsmassemekthet er hovedsakelig 0,4-2,1 m under terreng.
- Islag av betydelig tykkelse (størrelsesorden  $> 1$  m) er registrert i 3 av borpunktene. Borpunktene er plassert i nedre tredel av utbyggingsområdet.
- Det er registrert kull med betydelig tykkelse i 2 av de utførte boringene, hhv rad 4 ovenfra. Dersom det antas at kullaget ligger horisontalt, tilsvarer dette en lagtykkelse på ca. 2-3 m.
- Bergmassen i øvre del er vurdert som godt drenerende og at det er lite is i massene. Det kan altså legges til grunn at eventuell framtidig tining av berg ikke vil ha nevneverdig betydning for heftfastheten i bergmassen.
- Bergmassen i nedre del er mer varierende enn i øvre del og det er i enkelte borhull beskrevet «veldig løst berg» og flere hull «løst berg» i hele dybden.
- For øvre del er det registrert inntil ca 0,5 m tining ved de utførte undersøkelsene. Dette indikerer en tykkelse av aktivt lag i dag rundt 0,5 m.
- Thermistor i øvre del T7 og thermistor i nedre del T6 viser begge temperaturer under 0 grader C i hele dybden.

### 7.2 Vurderinger

Utførte vurderinger er oppsummert følgende kulepunkter;

Bergkvalitet

- Løst berg og oppsprukken bergmasse vurderes å ha tilfredstillende kvalitet for forankring av støtteforbygninger.
- Retning på forventet skifrihetsoppsprekking må tas hensyn til i forankringen, det kan dermed bli behov for justeringer av vinkel på tilnærmet horisontalt stag.

Plassering

- Plassering av rader må justeres ut fra påtruffet kullforekomster.

Forankringslengde stag

- Snølast er uendret og dimensjonerende for horisontale stag.
- Reviderte beregninger viser at frostjekking er redusert, jekking er dimensjonerende for forankringslengde av vertikale stag.
- Det forventes mulig å forankre grunnere enn tidligere antatt. Total staglengde forventes ut fra dette å kunne reduseres i forhold til antatt i tidligere vurdering både for vertikale og horisontale stag.

Foringsrør

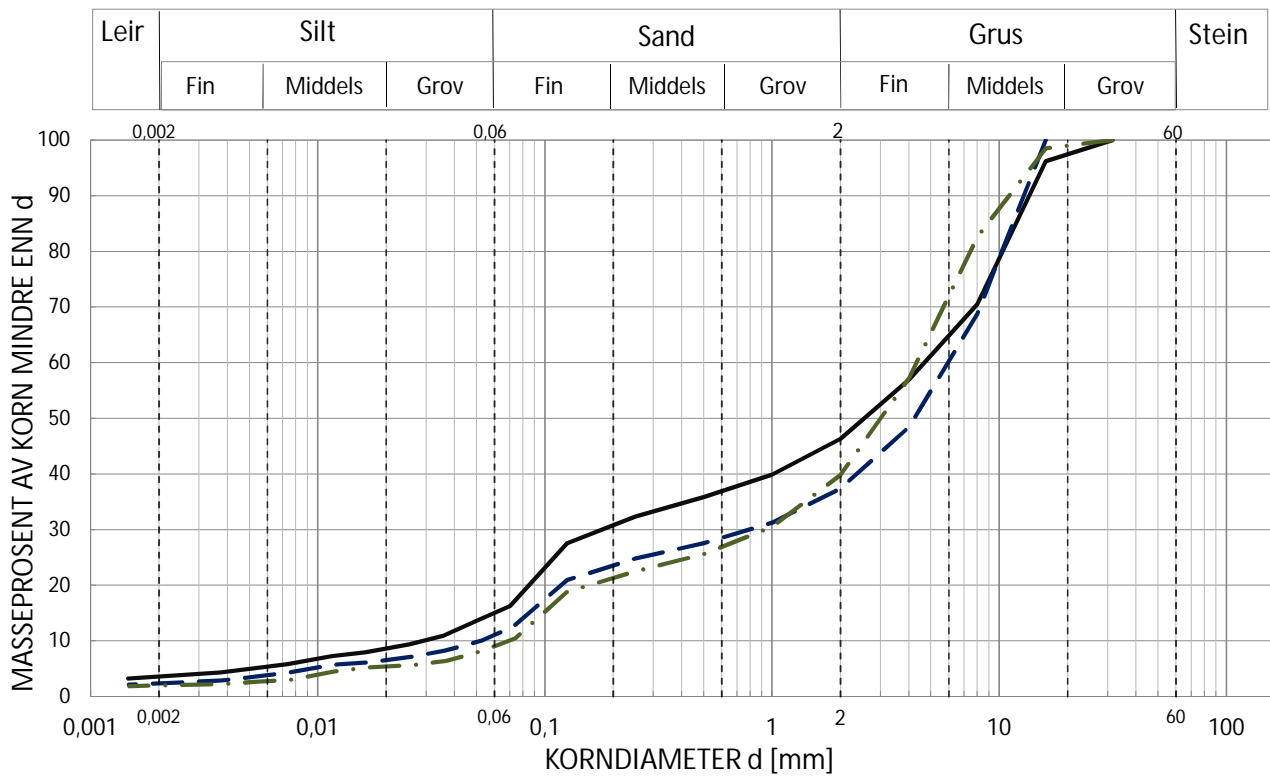
- Krefter fra jordsig på foringsrør av stål er dimensjonerende for tverrsnittskapasitet av rør. For å klare å ta opp opptredende moment på grunn av krefter fra jordsig som virker på foringsrøret må det for enkelte fundamenter gjøres tiltak. Dette kan være å øke tverrsnittet på røret og/eller gå opp i stålqualität. Det kan også bli nødvendig med tiltak for å kunne regne samvirke mellom stålrør, gysemasse og stag mhp moment. Beregningene for stål må imidlertid kontrolleres av RIB i prosjektet.

### 7.3 Konklusjon

Etter gjennomgang av utførte grunnundersøkelser, samt overslagsberegninger er vår konklusjon at det er gjennomførbart å etablere støtteforbygninger av tilsvarende type som tidligere etablert i fjellsida til Sukkertoppen. Det må gjøres enkelte tilpasninger i forhold til tidligere benyttede dimensjoner. Dimensjonering av foringsrør må utføres av RIB.

## Referanser

- DS Entreprenør (2019), *Report. Fjellkontrollboring Sukkertoppen*
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E., Hisdal, H., Mayer, S., Sandø, A., & Sorteberg, A. (2019). *Climate in Svalbard 2100 – a knowledge base for climate adaptation*. Miljødirektoratet.
- NGIa. (2018). *Detaljprosjektering av sikringstiltak - Lia mellom veg 230 og 228 Dok.nr. 20170299-05-R Rev. 0/2018-05-24.*
- NGIb. (2018). *Geoteknisk prosjektering av peler og anker for støtteforbygninger i Lia. Dokumentnr. 20180463-01-TN. Rev.0/2018-05-29.*
- NGIc. (1995). *Rapport nr. 527030 - Permafrost Målinger Longyearbyen sommeren 1995.*
- Norsk Polarinstitutt. (2019, mars/april). *Norsk Polarinstitutt - Kart*. Hentet fra Svalbardkartet: <https://svalbardkartet.npolar.no/Html5Svb/index.html?viewer=Svalbardkartet>
- Rambøll; Skred AS; HNIT; Meteorologisk institutt. (2019). *Mulige effekter av klimaendringer på valgte sikringstiltak. Dato 2019-03-18.*



Symbol	—	- - -	. . .	- - - -	. . . . .
Prøve	A	B	C	D	E
Borhull	102	106	108		
Dybde	0-0,5m	0-0,5m	0-0,4m		
labnr	1	2	3		
Beskrivelse	Materiale, grusig, sandig	Grus, sandig	Grus, sandig		
$d_{10}$	0,030	0,052	0,069		
$d_{25}$	0,112	0,270	0,452		
$d_{50}$	2,689	4,309	3,173		
$d_{60}$	4,896	6,280	4,445		
$d_{75}$	9,411	9,605	6,806		
$C_u$	165,9	120,7	64,1		
% < 0,02mm	8,6	6,5	5,4		
% < 0,063mm	15,3	11,4	9,3		
% < 0,2mm	30,4	23,3	21,0		
Telegruppe	T2	T2	T2		

$$C_u = d_{60}/d_{10} \quad (\text{alternativt } d_{75}/d_{25})$$



Rambøll, Divisjon Geo  
Kobbegs gt. 2, N-7042 Trondheim

Skredsikring Sukkertoppen

KORNFORDELINGSFORSØK

Revisjon

Tegn./kontr.

Dato  
25.09.2019

Oppdrag  
1350029372

Vedlegg  
1

Tegn. Nr.