

NOTAT

Oppdrag **1350029372 Skredsikring Sukkertoppen**
 Kunde **NVE region nord**
 Notat nr. **G-not-001 1350029372**

Dato 26.10.2018

Til **NVE RN v/Stian Bue Kanstad**
 Fra **Rambøll Norge AS v/Marit Bratland Pedersen**
 Kopi

Rambøll
 Vei 610-4
 Postboks 832
 N-9171 Longyearbyen

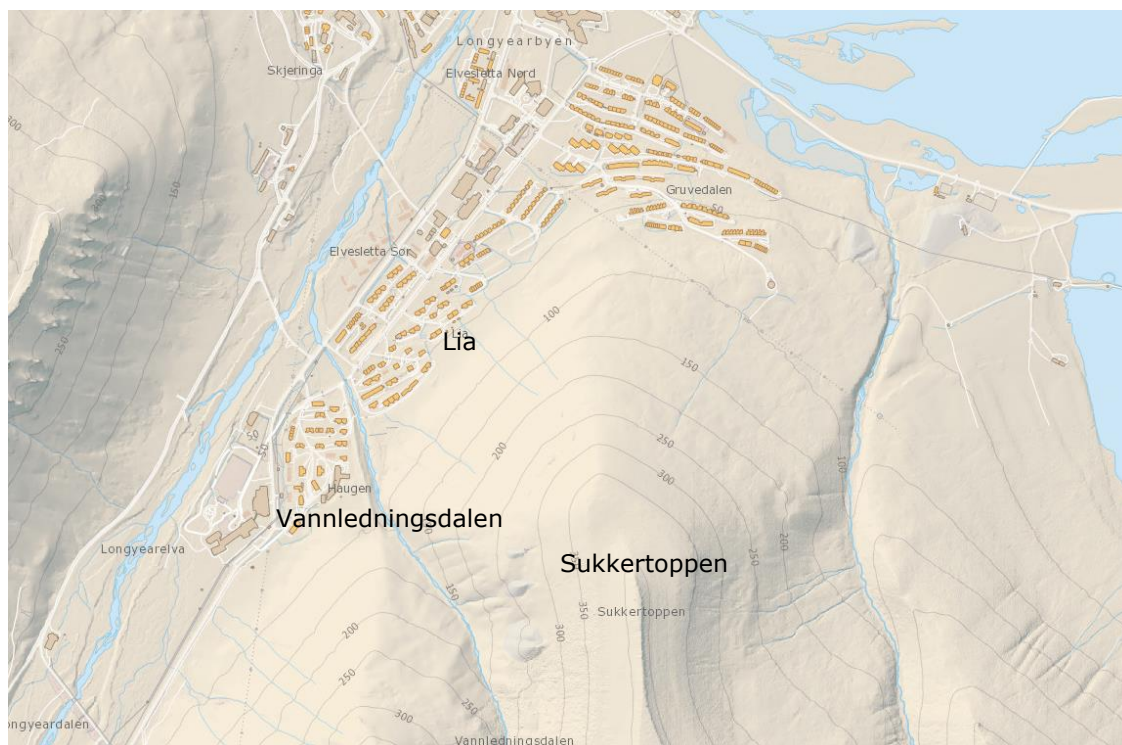
Utført av **Eirin Husdal og Marit Bratland Pedersen**
 Kontrollert av **Maj Gøril Bæverfjord**
 Godkjent av **Marit Bratland Pedersen**

T +47 73 84 10 00
 F +47 73 84 10 60
 www.ramboll.no

SKREDSIKRING SUKKERTOPPEN GEOTEKNISK VURDERING FOR FORPROSJEKT FASE B2

1. Bakgrunn

NVE planlegger i samråd med Longyearbyen lokalstyre sikringstiltak mot skred i Longyearbyen. Prosjektet omfatter sikring av bebyggelse mot snøskred fra Sukkertoppen og sørpeskred fra Vannledningsdalen, figur 1. Flomskred og mindre løsmasseskred skal også håndteres av den planlagte sikringen.



Figur 1: Oversiktsfigur [toposvalbard.npolar.no]

Skred AS med underkonsulenter er av NVE engasjert som skredfaglig konsulent for den planlagte sikringen. Rambøll Norge AS er engasjert som konsulent for fagene geoteknikk og

ingeniørgeologi, i oppdrag for NVE. Skred AS har rollen med koordinering av vurderinger og seinere detaljprosjektering.

Det er tidligere utført en konseptstudie i regi av NVE, ref. /1/, av aktuelle sikringstiltak for blant annet områdene Lia og Vannledningsdalen. I innledende fase av forprosjektet har Skred AS presentert til sammen 9 ulike alternative løsninger for skredsikring av de aktuelle områdene. Rambøll utfører videre geoteknisk og ingeniørgeologisk vurdering av de 4 sikringsalternativene som NVE og LL har vurdert som mest relevant å gå videre med. Aktuelle sikringskonstruksjoner er støtteforbygninger, bremsekjegler, ledevoller og fangvoller.

Dette notatet inneholder geoteknisk vurdering på forprosjektnivå for omtalte alternativer for sikring. Ingeniørgeologisk vurdering er utført i eget notat, G-not-003 1350029372 datert 26.10.2018, ref. /2/.

2. Utførte grunnundersøkelser

Det er tidligere utført flere grunnundersøkelser i området. Undersøkelsene er presentert i følgende datarapporter:

- 2017:00815 *Skredsikring i Longyearbyen. Grunnundersøkelser i Lia ovenfor Hilmar Rekstens vei*. SINTEF Byggforsk 18.12.2017 ref. /3/
- 2017:00607 *Snøsamleskjerm og dreneringskanal ovenfor spisshusene i Longyearbyen*. SINTEF Byggforsk 10.11.2017 ref. /4/
- 20170299-03-R Detaljprosjektering av sikringstiltak – Lia mellom veg 228 og 230 NGI 14.12.2017 ref. /5/
- 950080-1 *Elvesletta, Longyearbyen* NGI 6.12.1995 ref. /6/
- 524030 *Permafrost. Målinger Longyearbyen sommeren 1995* NGI, 5.9.1995 ref. /7/

I forbindelse med forprosjektet har Rambøll utført prøvegraving og befaring i området. Det er også bestilt termistorer for installering i det aktuelle området. Plassering av punkt for prøvegraving, samt sonderinger utført i ref. /3/ og /4/ er vist på situasjonsplan i tegning 101-102. Resultat fra prøvegravinga er presentert i et eget notat, 1350029372 G-not-002 datert 26.10.2018, vedlegg 2.

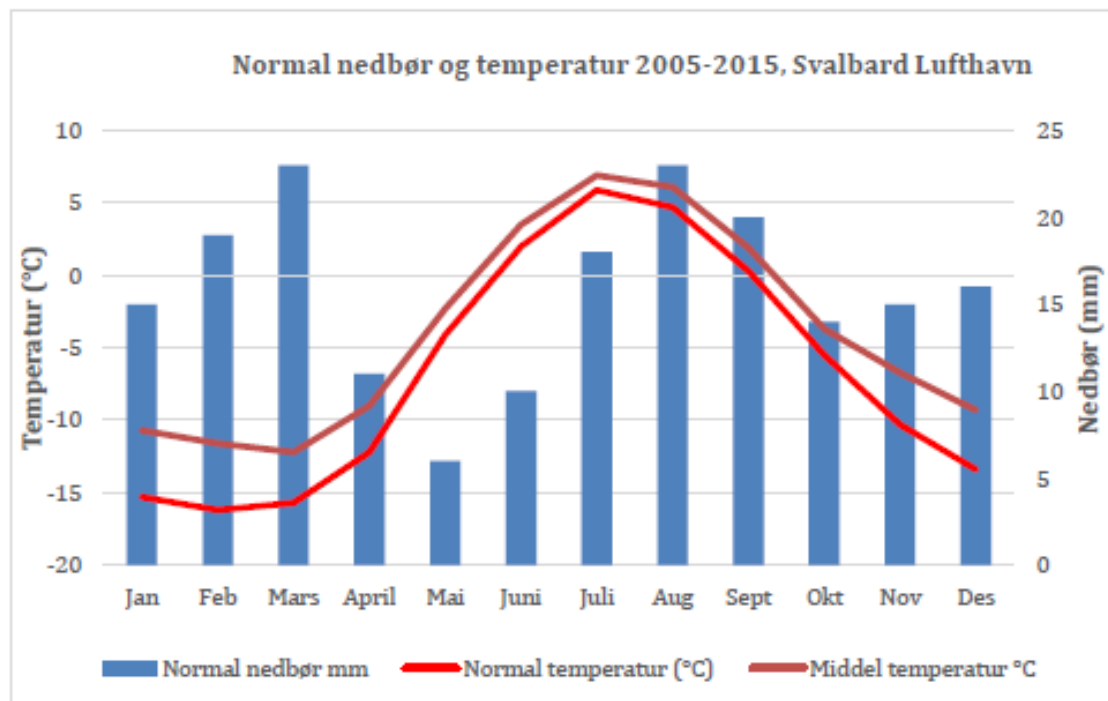
3. Topografi og grunnforhold

Longyearbyen ligger i en elvedal som er orientert fra Longyearbreen i sørvest til Adventfjorden i nordøst. Byen er omgitt av Platåfjellet i vest, og Sukkertoppen og Gruvefjellet i øst. Sukkertoppen er omtrent på kote +370 og øverste bebyggelsen ved foten av fjellet ligger på omtrent kote +55.

3.1 Permafrost

Longyearbyen ligger i et område med permafrost. Permafrost defineres som temperatur i jord eller berg på 0 °C eller kaldere over en periode på minst 2 etterfølgende vintre og sommeren mellom, ref. /8/. Definisjonen er kun basert på temperatur, og ikke av om jordmaterialene er frosset eller ikke. Permafrosten kan derfor inneholde både vann og is eller bare en av delene. Dette avhenger av mineralsammensetning, kornstørrelser, løste mineraler, klima og terrengfaktorer. I den varme årstida vil det øverste laget tine, for så å fryse igjen på vinteren, dette laget kalles det aktive laget.

Klimadata hentet fra www.eklima.no, viser at Longyearbyen har en årsmiddeltemperatur på rundt - 6 °C (ref. /9/). Høyeste gjennomsnittstemperatur på sommeren er < 6°. (ref. /10/), se Figur 2.



Figur 2: Månedsnormaler for nedbør og temperatur ved Svalbard Lufthavn (ref. /11/)

Klimaets påvirkning på jordmassene medfører at temperaturen på overflata varierer over året. Temperaturendringene er sykliske og kan tilnærmes en sinuskurve. Mellom luftlaget og bakken er det et bufferlag av snø og vegetasjon som påvirker temperaturfordelingen på bakkeoverflata. Endringer i snødekke og vegetasjonsforhold vil føre til endringer i temperaturforholdene i permafrosten.

Variasjonen i overflatetemperatur forplanter seg ned i bakken med en amplitude som minker med dybde under overflata. Ved en dybde på rundt 9-15 meter holder temperaturen seg tilnærmet jevnt over året (ref. /8/). Denne temperaturen beskrives som den gjennomsnittlige overflatetemperaturen over året. Videre nedover i bakken øker temperaturen, i henhold til den geotermiske gradienten til materialet, på grunn av varme fra jordas indre. Den geotermiske gradienten i bakken varierer fra 0,3 til 1,1 °C per 30 m og avhenger av materialenes varmeledningsevne og varmekapasitet.

Lokale grunnforhold som tilsig av vann og isinnhold i massene påvirker også lokal tinedybde. Ved endring i vannstrøm på eller i bakken, ved å for eksempel lede vann i nye løp, kan det forventes at tinedybde påvirkes.

Rambøll er ikke kjent med at det er utført temperaturmålinger i bakken i planområdet tidligere. Det er bestilt 4 stk målere for installasjon løpet av høsten/vinteren 2018.

Tykkelse på aktivt lag på Svalbard forventes generelt å øke noe på grunn av økt lufttemperatur fremover.

3.2 **Grunnforhold**

3.2.1 Løsmassetykkelse og bergnivå

Utførte grunnundersøkelser, ref. /3/ viser at dybde til berg i undersøkt område varierer fra registrerte 2,2 m og opp til 8,5 m under terreng. Plassering, dybder og kotenivå fremkommer av vedlagte situasjonsplaner, tegning 101-102.

3.2.2 Tinedybde og aktivt lag

Det aktive laget er ut fra utførte grunnboringer høsten 2017 tolket til å ligge mellom 1,3-3,4 m under terreng i store deler av området. Utførte prøvegraving i september 2018 viser dybder til frost 1,1-2,6 m under terreng i punktene der frost ble påtruffet.

I punkt P6, plassert like ved «Perleporten», ble det gravd til 3,6 m uten at frost ble registrert. Ved 3,5 m dybde ble det registrert innsig av vann og gravinga ble avsluttet. Iht. grunnboring utført høsten 2017 ble det ikke registrert frost i løsmassene i borpunkt 55, plassert ved nedre del av Vannledningselva. Der ble berg påtruffet i ca 7,5 m dybde. Dette stemmer overens med Rambølls erfaring med at det renner en del vann under terreng i dette området, også vinterstid.

Massene i det aktive laget kan, ut fra utførte prøvetaking og laboratorieundersøkelser, beskrives som leirig, siltig, sandig, grusig materiale, med ulike sammensetninger i de ulike prøvehullene. I Lia består det aktive laget hovedsakelig av grusig/sandig/leirig materiale, stedvis er materialet definert som leire.

I skråningen opp mot Sukkertoppen er det hovedsakelig forvitret materiale.

Generelt er det for opptatte prøver registrert høyt innhold av finstoff og undersøkte masser fra aktivt lag kan generelt forventes å være telefarlig og i telefarlighetsklasse T3 eller T4. Registrerte og antatte tykkelser av aktivt lag er angitt på situasjonsplanene, tegning 101-102.

3.2.3 Permafrost

Det er utført totalsonderinger i permafrosten, som gir informasjon om løsmassetykkelse og bergets plassering. Det er imidlertid ikke angitt noe ang evt. isinnhold i undersøkelsene. Erfaring tilsier at det ofte finnes et islag i underkant av aktivt lag og dette ble registrert i noen av punktene for prøvegraving. Videre finnes det ofte islag, av varierende tykkelse, i permafrosten videre ned i bakken. Ismengden i permafrost påvirker i stor grad massenes egenskap, spesielt med tanke på setninger og kryp.

NGI har utført geofysiske kartlegging av permafrost samt dybde til berg. Dette er utført ved hjelp av georadar og ERT-scanning og presentert i rapport 20170299-03-R, ref. /5/. Disse dataene kan sees i sammenheng med utførte sonderinger i området og det er mulig å tolke dybde til permafrost langs profilene. Det er ikke mulig å tolke isinnhold i permafrosten ut i fra denne rapporten. Ved å presentere registrerte data i et annet plot kan det være mulig å

tolke isinnhold ut fra resistiviteten, men som det også blir påpekt i rapporten, vil berg og høyt isinnhold gi i størrelsesorden samme utslag på resistiviteten. Dette vil derfor være en tolkning med store usikkerheter.

4. Tiltak

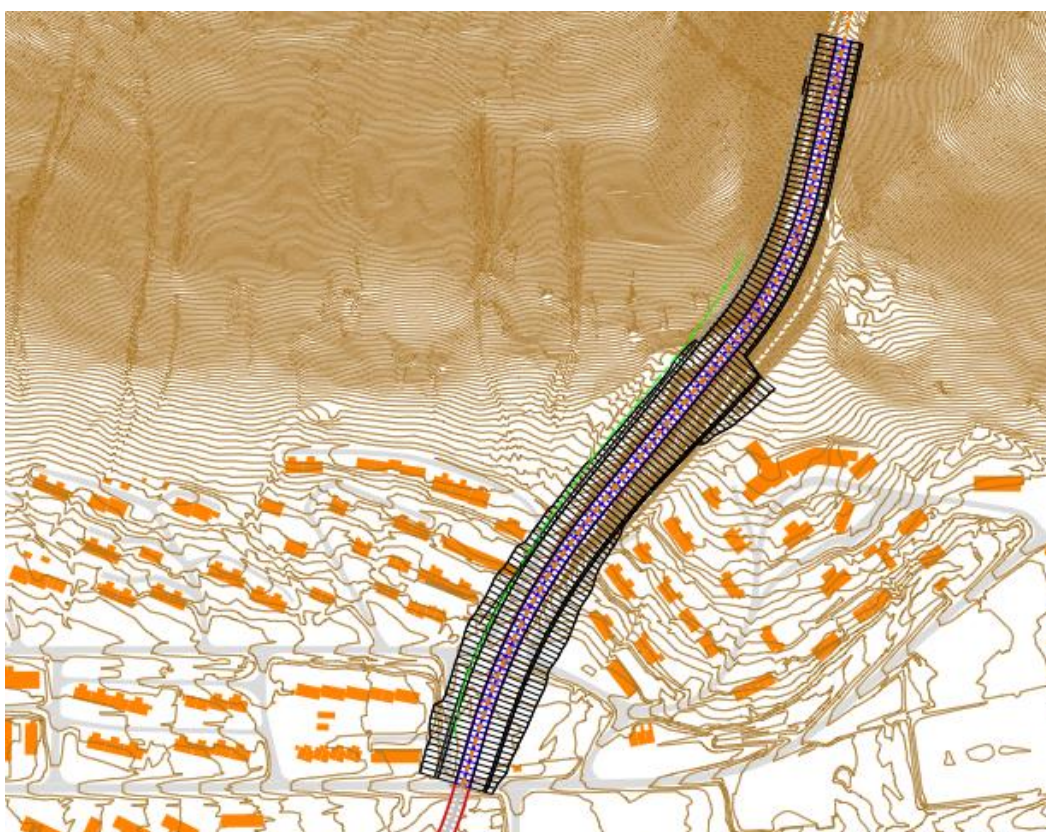
Sikringstiltakene som er aktuelle er presentert i dokument «Forprosjektering - leveranse B2» som er utarbeidet av Skred AS, som foreligger som vedlegg 1. Vedlegget inneholder også situasjonsplaner som viser de ulike tiltakene. Oppsummering av de aktuelle tiltakene er presentert i etterfølgende underkapittel.

4.1 Sikring mot sørpeskred fra Vannledningsdalen

Vannledningsdalen skal sikres med en ledevoll som skal lede et eventuelt sørpeskred vekk fra bebyggelsen. Det er foreslått to alternativer til sikring her, ledevoller på hver side av Vannledningselva ned mot veg 500 og Longyearelva, eller ledevoll som er orientert fra Vannledningsdalen mot nordvest også kalt «svingvoll».

4.1.1 Ledevoll langs Vannledningsdalen

Ledevoll som leder skredmasser langs Vannledningselva, forbi veg 500 og videre til Longyearelva er et alternativ for sikring av Vannledningsdalen, figur 1. Tiltaket medfører behov for bru over elveløpet ved veg 500, samt noe heving av veg 500 i dette området.



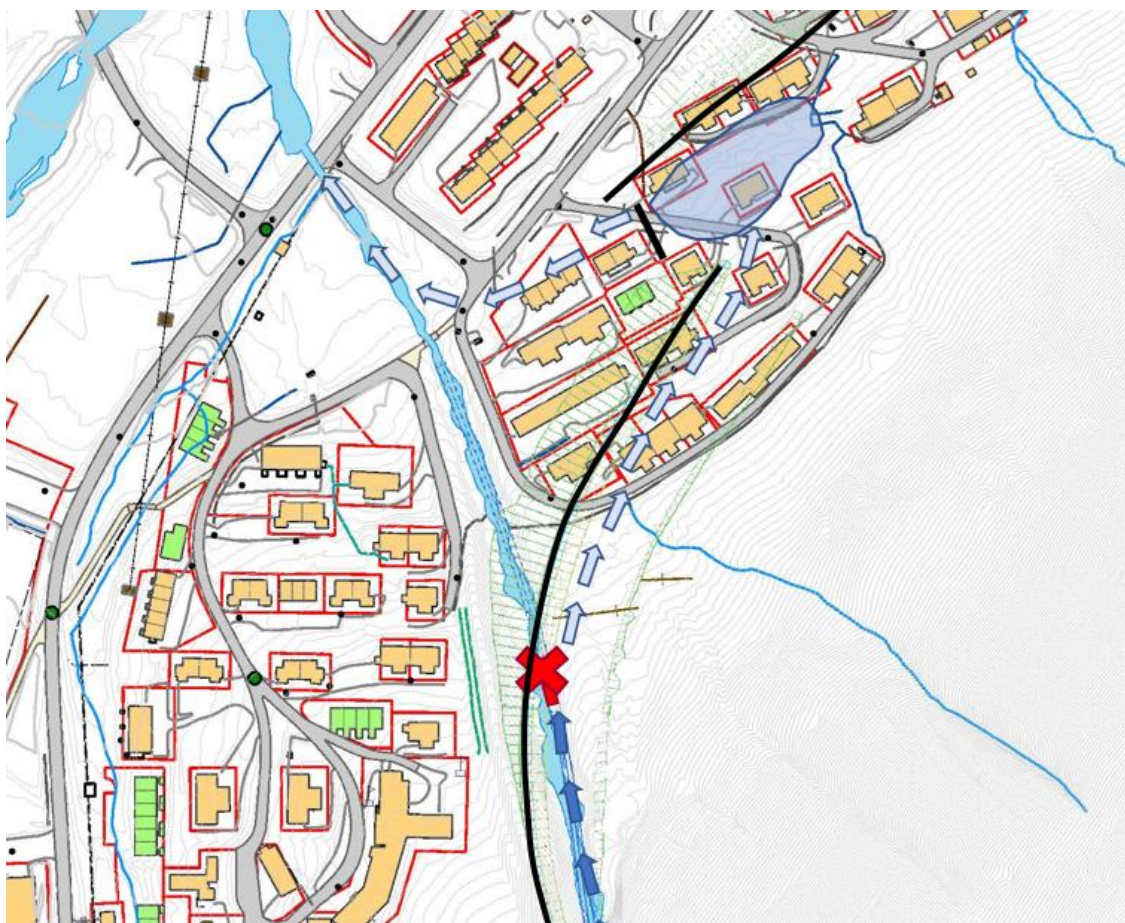
Figur 1: Skisse prinsipp for ledevoller i Vannledningsdalen

Vollene har en høyde på 12-15 m i øvre del av elveløpet og ca 8 m høyde (fra elvebunnen) ved vei 500. Elvebunnen er i skissen senket ca 1 m utfra dagens nivå.

4.1.2

Svingvoll

For en løsning med svingvoll må det etableres kulvert for at vannet i elva skal kunne følge elveløpet. Ved et eventuelt sørpeskred vil ikke en kulvert ha kapasitet til å ta unna alt vannet et skred fører med seg. Det vil også være fare for at kulverten iser igjen i den kalde årstida. For å ivareta transporten av vannet i alle situasjoner er følgende løsning foreslått av Skred AS, figur 3: Vannet ledes langs vollen med et magasin i enden før det føres tilbake til elveløpet. Vollen har i innledende vurderinger en høyde på inntil 12-15 m.



Figur 3: Løsning for transport av vann ved Svingvoll (skisse mottatt fra Skred AS 17.10.2018)

Som skissert inn i figur 3 medfører løsning med svingvoll at det er behov for fangvoll ved svingvollens utløp. Dette for å ta hånd om skredmassene som ledes av svingvollen på en sikker måte.

Svingvollen vil i tillegg til funksjonen som ledevoll for sørpeskred, også fange opp mindre snø- og/eller løsmasseskred fra overliggende terreng av Sukkertoppen.

4.2

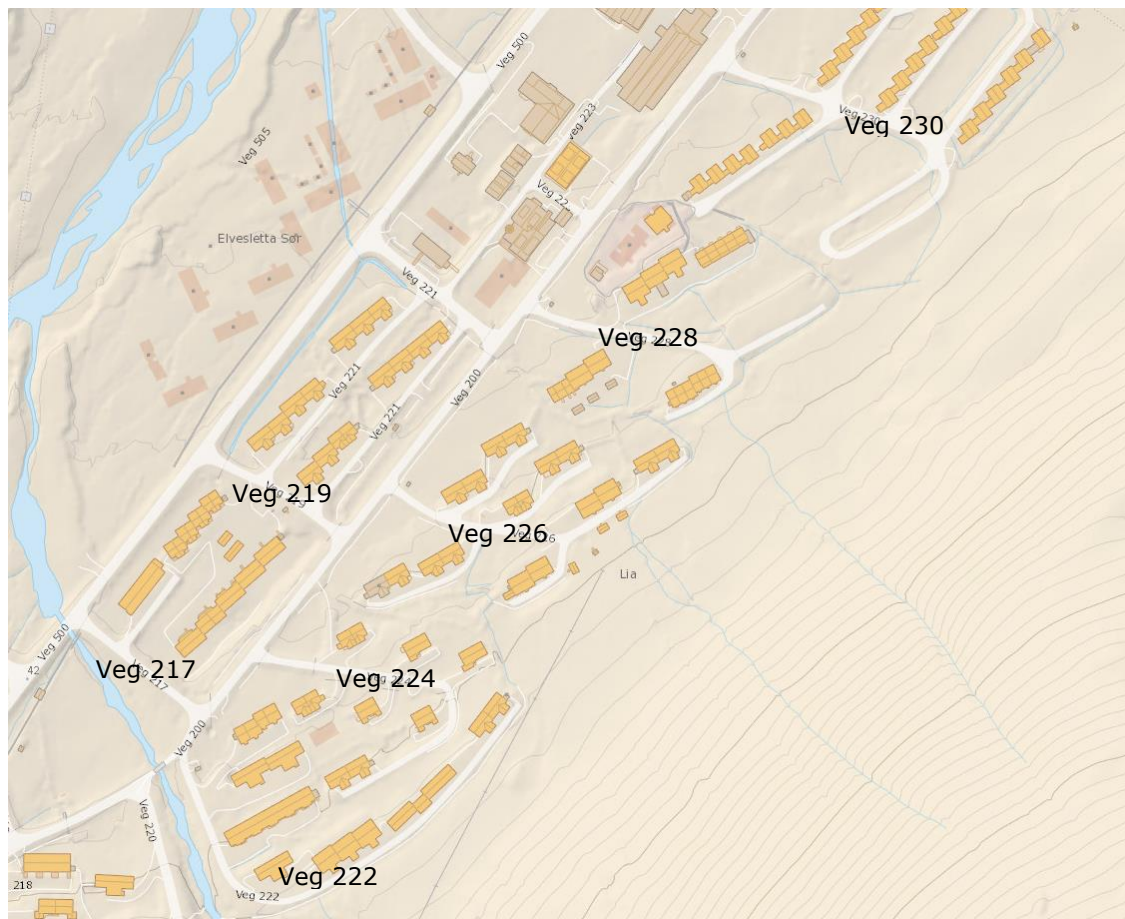
Sikring mot snøskred fra Sukkertoppen

Det er foreslått ulike kombinasjoner av konstruksjoner for å sikre mot snøskred fra Sukkertoppen, støtteforbygninger i fjellsiden, bremseskjegler ved foten av fjellsiden i kombinasjon med fangvoll av ulike størrelser lengre ned, og fangvoll uten bremseskjegler. Alle konstruksjonene er orientert parallelt med høydekotene.

Vollene må utformes med en bratt side opp mot fjellet, støtside, og en slakere ned mot bebyggelsen, leside. Skred AS har oppgitt følgende geometriske mål for voller:

- Helning støtside: 4:1-6:1
- Helning leside: 1:1,5-1:1,8
- Bredde topp voll: 3,0 m
- Høyde på planlagte voller varierer mellom 5,5 og 15 m.

Området under Sukkertoppen kan grovt deles opp i to områder, område Lia nord som omfatter områdene ved veg 228 og 230, og område Lia sør som omfatter veg 222, 224 og 226. Området ved veg 222 omfattes av svingvollen dersom den kommer til utførelse. Se figur 4 for oversikt over gatenavn.

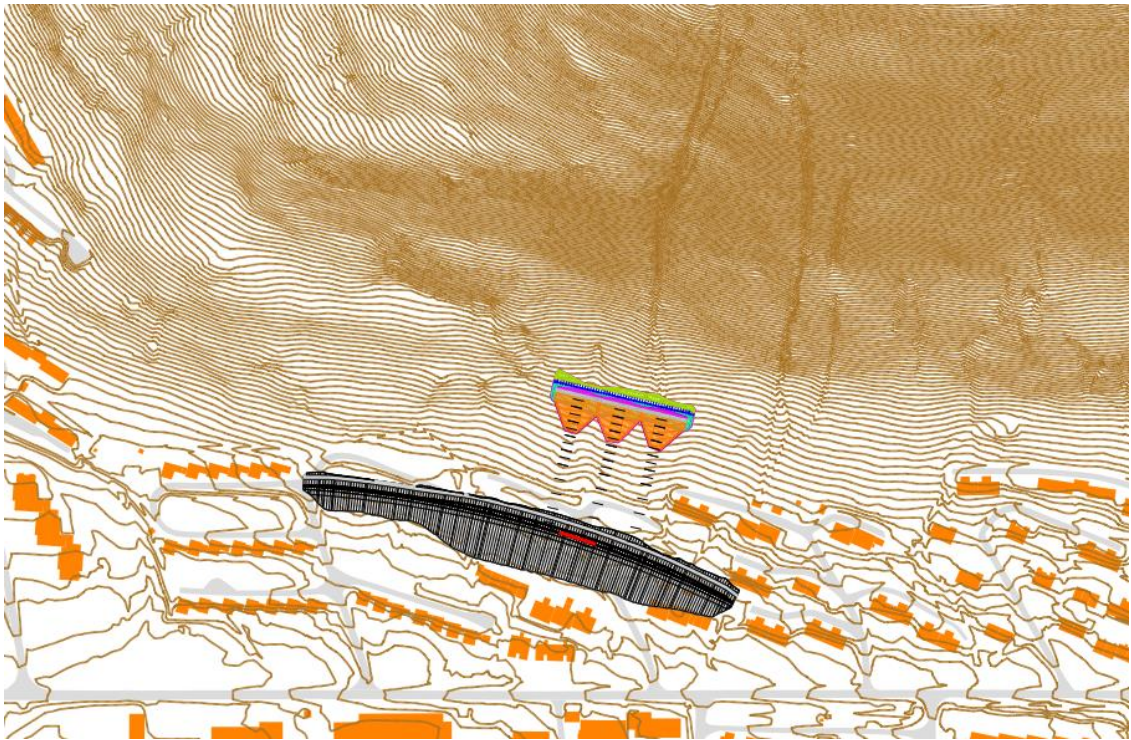


Figur 4: Lia

For område Lia nord er det i 2018 etablert snøskjermer og støtteforbygninger som første trinn av sikringen. Plassering av støtteforbygningene fremkommer av vedlagte tegning 102.

4.2.1 Område Lia nord – bremsekjegler og fangvoll

Prinsipp for sikring baserer seg på en fangvoll med varierende høyde. Nordlige del av vollen ligger i området under støtteforbygningene som er etablert i 2018, og har dermed lav høyde. Videre mot sør øker vollhøyden. Prinsippet baserer seg på bremsekjegler som angitt i figur 5.



Figur 5: Område nord - kombinasjon fangvoll og bremsekjegler

Angitte høyder for bremsekjegle er ca. 8,0 m. Fangvollens høyde er angitt mellom 5,5 og 12,5 m.

4.2.2

Område Lia sør – fangvoll

Prinsipp med fangvoll som evt kombineres med svingvollen, for å også håndtere skredmasser som ledes fra Vannledningsdalen, figur 6. Høyde voll er av skredkonsulent vurdert til ca 7,5 m.

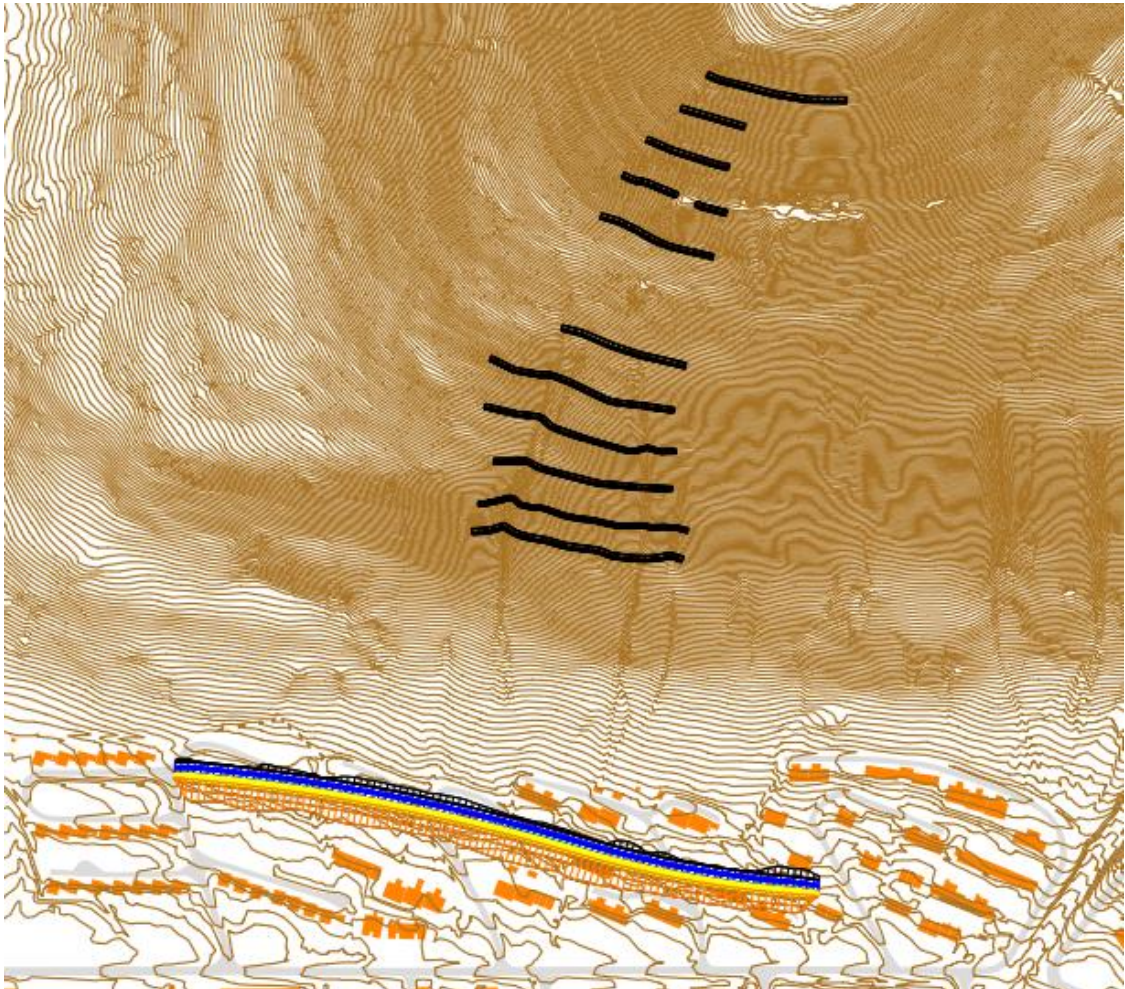


Figur 6: Fangvoll langs Hilmar Rekstens veg

4.2.3

Område Lia – støtteforbygninger kombinert med lav fangvoll

Prinsippet omfatter støtteforbygninger som hindrer at snøskred løsner, i kombinasjon med lav fangvoll, figur 7. Vollen vil da kunne fange opp evt. skredmasser fra mindre løsmasseskred eller snø som løsner i området nedenfor støtteforbygningene. Vollens nødvendige høyde er av skredkonsulent vurdert til ca. 5-6 m.



Figur 7: Støtteforbygninger i kombinasjon med lav fangvoll langs store deler av Lia

5. Forutsetninger og grunnlag

5.1 Kartgrunnlag

Kartgrunnlag er mottatt i tilbudsgrunnlag. Benyttet koordinatsystem er UTM 33 og høydesystem er Longyearbyen lokal.

5.2 Levetid

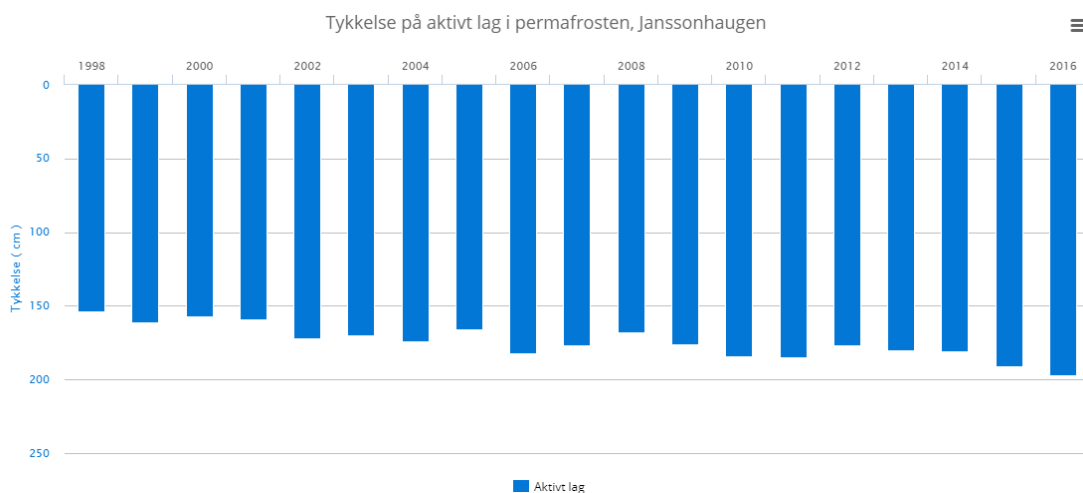
Det er forutsatt en levetid for konstruksjoner og voller på 50 år.

5.3 Klimaendringer

Dimensjonering av konstruksjoner må ta høyde for endrede grunnforhold på grunn av klimaendringer, hovedsakelig økt temperatur og mer nedbør, innenfor tiltakenes levetid. Norsk klimaservicesenter (NKSS) har utarbeidet en rapport om klimaendringer og konsekvenser på Svalbard, ref. /12/. Denne rapporten antyder en vintertemperaturstigning på 10° og en sommertemperaturstigning 4-6° fram mot slutten av århundret. Med svært stor usikkerhet antydes nedbøren å øke med opptil 50%.

Analyser av temperatur og grunnforhold utført av Instanes AS og Meteorologisk institutt, ref. /13/, viser at det kan forventes at områder ved Longyearbyen som i dag har aktivt lag rundt 1,5 m innen 2100 vil ha aktivt lag nærmere 2,5 m tykt.

Målinger som utføres ved Janssonhaugen utenfor Longyearbyen viser at tykkelse på aktivt lag har økt med omtrent 0,4-0,5 m de siste 18 årene, Figur 8.



Figur 8: Målt tykkelse aktivt lag ved Janssonhaugen utenfor Longyearbyen (MOSJ 2017, ref. /14/)

For å ta hensyn til forventede klimaendringer er det tatt høyde for følgende:

- Aktivt lag er i løpet av levetiden antatt å øke med ca 1,0 m i områder hvor vannstrøm er uendret fra dagens situasjon som følger av tiltaket.
- Økt sig i skråningen opp mot Sukkertoppen som følge av økt nedbør. Større sannsynlighet for overflateglidninger.
- Økt vannivå i elva på grunn av flom.

5.4 **Krav til materialfaktor**

Bruddgrensetilstand

Materialfaktorer i bruddgrensetilstand er bestemt iht. EC7 ref. /15/ tabell A.2. For effektivspenningsanalyse kreves materialfaktor $\geq 1,25$ og for totalspenningsanalyse kreves materialfaktor $\geq 1,4$.

6. **Geoteknisk vurdering**

6.1 **Vurdering av grunnforhold**

Fangvoll mot snøskred

Det er i rapport 00815 fra Sintef (ref. /3/) utført undersøkelser i området hvor fangvoll er tenkt plassert. Sondering 40, 42, 44 og 45 fra ref. /3/ indikerer at aktivt lag har en tykkelse mellom 1,7 og 2,0 m under terreng. Det er lagt noe mindre vekt på aktivt lag på 3,4 m i sondering 44, da denne hadde et topplag av 2 m fyllmasse og punktet trolig er boret i veg. Boringen kan imidlertid gi en indikasjon på at aktivt lag i område med fylling kan være tykkere enn for resterende områder. Det er i denne sonderinga observert et islag ved 3,4 m dybde. Prøvetaking viser at det aktive laget består av siltig sandig leire i den sørlige halvdel av vollen og grusig, sandig, leirig materiale i den nordre delen av vollen.

Bremsekjeglere

Det er ikke utført grunnundersøkelser der bremsekjeglere er plassert. Vi har i våre vurderinger tatt utgangspunkt i prøvegraving P7 og boring 45 som ligger ca. 10 høydemeter nedenfor kjeglere. Her er dybde til frost 1,8-2 m og det aktive laget består av grusig, sandig, siltig, leirig materiale.

Ledevoll og svingvoll

Ut fra utførte undersøkelser forventes det å være tint jord til stor dybde i og like ved Vannledningselvas løp. Opptatte prøver i punkt P6 viser sandig grus. Prøvene ble tatt opp ved innsig av vann i gropa, og det antas at noe av finstoffet i massene ble vasket bort i den forbindelse. Videre antas det at vannstrøm i elva har medført at noe finstoff er vasket ut fra massene i dette området. Det må imidlertid forventes å være en del finstoffinnhold, på lik linje med omkringliggende områder, for deler av massene i/ved elveløpet. For området uten frost kan konvensjonelle grunnundersøkelsesmetoder gi bedre kunnskap om materialenes egenskaper.

Prøvegraving i punkt P1 og P2 er utført i området for svingvollen og viser ca 2,3-2,6 meter tint jord over permafrost. Opptatte prøver viser grusig, sandig, siltig, leirig materiale og leire som er siltig, sandig og grusig. Utførte sondering i dette området, pkt. 51, viser berg ca. 6,5 m under terreng og et aktivt lag på ca. 1,7 meter.

6.2 Relevante lastkombinasjoner

Kombinasjoner som vurderes relevante for voll og kjepler beskrives i det følgende. I detaljprosjekteringen må alle relevante kombinasjoner kontrolleres ved beregninger.

Vår – noe tining i kombinasjon med stor vannmengde fra snøsmelting og regn

Situasjon med full vannmetning av de tinte massene. Inkluderer evt. hviletrykk fra skredmasser, dersom det blir vurdert som relevant.

Sommer - tint voll med anleggslast.

Denne vil være relevant spesielt de første somrene, før permafrosten evt heves opp i konstruksjonen. Temperaturdata fra termistorer og temperaturanalyser i detaljprosjekteringen vil være viktige faktorer for vurdering av evt heving av permafrosten opp i vollkonstruksjonen.

Vintersituasjon – skredlast fra snøskred eller sørpeskred, delvis frossen voll

Lastsituasjon med skredlast må kontrolleres for vintersituasjon med delvis frossen voll. Det er viktig å også dokumentere tilfredsstillende stabilitet for de første vintrene, mens konstruksjonene i stor grad er tint.

Seinhøst – maksimal tining i aktivt lag, mye nedbør og flomskred eller jordskred

Konstruksjonene må kontrolleres for situasjonen med maksimal tining i aktivt lag, mye nedbør og skredlast fra flomskred eller mindre løsmasseskred.

6.3 Beregninger

Følgende beregninger er utført;

1. Stabilitetsberegninger i GeoSuite Stabilitet. Programmet baserer seg på en likevektsbetraktning av potensielle bruddflater, ref. /16/. Beregningene er utført for plan tilstand.
2. Samvirkeberegninger i Plaxis 2D. Programmet bruker elementmetoden til å beregne spenninger og deformasjoner i en jordmodell, ref. /17/. Vi har i forprosjektfasen utført plaxisberegninger i plaxis 2D. For detaljprosjektering vil vi bruke samme jordmodell, men i en utvidet versjon av plaxis 2D, Plaxis thermal. Plaxis thermal gir en mulighet til å angi termiske egenskaper i jordlagene. For denne beregninga trenger vi temperaturdata fra termistorer.
3. Bæreevneberegninger iht. SVV HV220, ref. /18/.
4. Overslagsberegninger av nødvendig armering for løsning med gabionmur på vollenes støtside, utført i ReSlope. ReSlope beregner nødvendig jordarmering for en jordarmert skråning, ref. /19/. Programmet har noen begrensninger i muligheter for å modellere riktig geometri for spesialtilfeller. Programmet anses likevel å gi et godt overslag over nødvendig armeringsmengde og gir nyttig informasjon før modellering i f.eks. Plaxis.

6.4 Parametervalg

Beregninger er generelt utført på bakgrunn av utførte grunnundersøkelser, erfaringsverdier og antakelser. Styrkeparametere for frossen jord er kun basert på erfaringsverdier og antakelser, da det ikke foreligger grunnundersøkelser som gir data vedr dette. Generelt vil styrken til frosset jord øke med lavere temperaturer (ref./8/). Det vil i detaljprosjekteringen være nødvendig å verifisere viktige input-parametere. Dette gjøres ved installering av

termistorer som gir temperaturfordeling i grunnen samt supplerende grunnundersøkelser. Det forventes nødvendig å utføre supplerende undersøkelser både i permafrosten og i området i Vannledningsdalen uten frost, dersom ledevollen langs Vannledningsdalen kommer til utførelse. For svingvoll vil det være nødvendig med supplerende undersøkelser i elveløpet ved tiltenkte kulvert og fyllingsfot der fyllingen blir på sitt høyeste.

Det er i de samfengte originale massene antatt at leira i stor grad vil påvirke materialets styrkeparametere. Det er derfor hovedsakelig tatt utgangspunkt i leirparametere for beregninger i det aktive laget. Massenes sammensetning gjør at det likevel antas en drenert situasjon. Beregninger er derfor generelt utført på effektivspenningsbasis i dette laget.

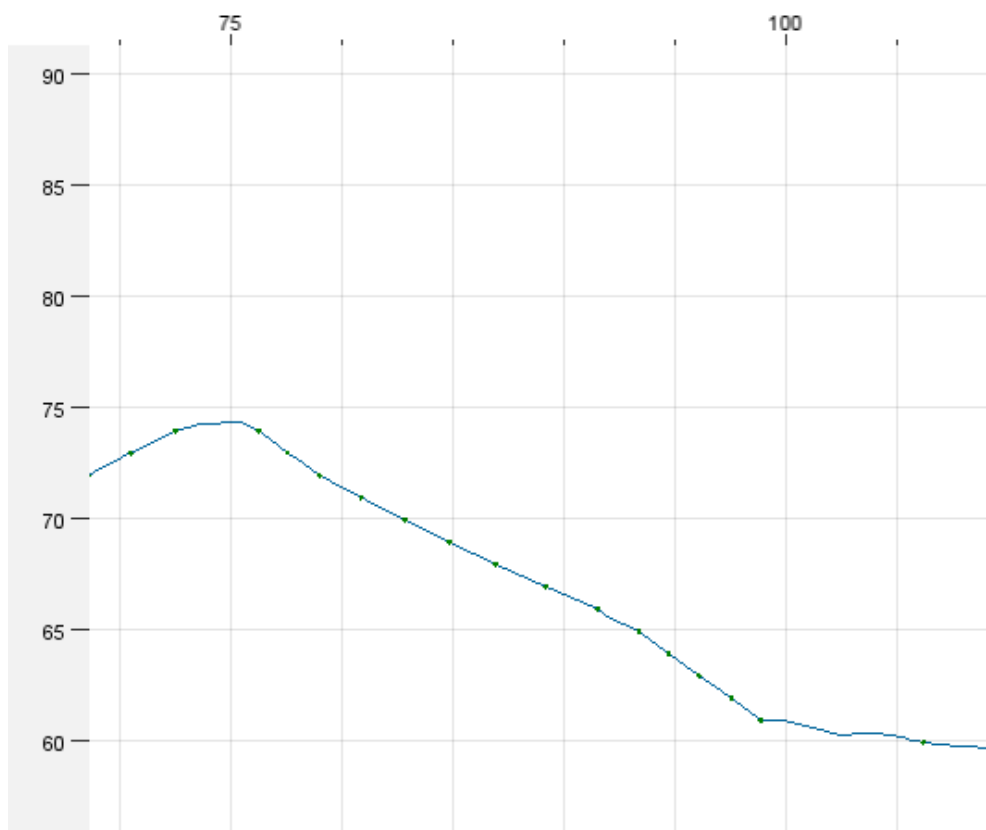
Utførte undersøkelser gir ikke grunnlag for tolkning av styrkeparametere for permafrost. Vi har derfor tatt utgangspunkt i utførte trykkforsøk på frossen jord og tolket en mobiliseringsgrad med forutsetning om levetid på 50 år og primært kryp. Styrke for permafrostlaget er angitt som en skjærfasthet.

6.5

Geometri av tiltak

Skråningshelning leside voller

For å anta friksjonsvinkel til lokale masser er det er valgt å ta utgangspunkt i dagens ledevoll i Vannledningsdalen. Denne antas å stå med rasvinkel i nedre del, der vollen jevnlig doses opp. Rasvinkel er beregnet til $\tan\theta=0,73$. Med en sikkerhetsfaktor $F=1,25$ for effektivspenning får vi $\tan\phi=0,58$ som tilsvarer en helning lik 1:1,7. Vollen er etablert av stedlige morenemasser og massene må antas å kunne ha lokale variasjoner. Ved bruk av elvegrus antas stabil helning å kunne være noe slakere. Med bakgrunn i dette foreslås bratteste helning for voll av lokal masse til 1:2 på forprosjektnivå. En eventuelt brattere konstruksjon vil kreve tiltak for bedre stabiliteten som for eksempel armering.



Figur 9: Tverrprofil vannledningsdalen dagens terreng

Helning støtside voller

For støtside gjelder et skredteknisk krav om helning på minst 4:1. Her er det aktuelt å etablere en mur med gabionkister fylt med masse. Krav til massene er at de er drenerende og ikke telefarlige. Muren må forankres bakover i vollen med for eksempel jordarmering/geogrid. Det må utføres detaljprosjektering av murene.

Bremsekjegler

Bremsekjeglene vil ha tre bratte sider, det er antatt samme helning som for støtside voller, 4:1. Bremsekjeglene må armeres, en mulighet er at de utformes som støtside for voller.

6.6

Fundamentering

Stedlige masser inneholder i stor grad mye finstoff, og er vannømfintlige og telefarlige. For å unngå fryse/tine-problematikk og etablere et solid fundament antas det nødvendig å masseutskifte det aktive laget under vollkroppen. Utførte beregninger viser at masseutskifting er nødvendig for å oppnå tilfredsstillende bæreevne. Dette gjelder for både voller og bremsekjegler.

Erfaringsmessig dannes det et islag i overgangen mellom aktivt lag og permafrosten. Dersom det finnes islag i overgangen, må isen fjernes før fundamentet etableres.

For å ta høyde for klimaendringer vurderes det nødvendig å også masseutskifte ca 1 m ned i permafrosten langs støtside og foten av fyllinga. I disse områdene vil økning i temperatur over tid kunne medføre økt tining. Vollen er planlagt utformet slik at permafrosten over tid trolig vil gå opp i vollen. Det antas derfor ikke relevant med ekstra masseutskifting mhp klimaendringer under hele vollens fotavtrykk. Temperaturanalyser i detaljprosjekteringen vil gi grunnlag for vurdering av dette.

Etter masseutskifting etableres vollen på en såle av kvalitetsmasser, av for eksempel sprengstein. Massene må være komprimerbare og det bør av den grunn tas høyde for bruk av fastlandsmasser til fundamentet. Fundamentet og fot av voll må dreneres, slik at det ikke dannes et «basseng» i området med masseutskiftingen. Det antas nødvendig å masseutskifte også et belte langs vollen med bredde ca 5-10 meter, dette vil avhenge av vollens høyde. Det er svært viktig med god drenering også for dette beltet, slik at stabilitet av fyllingsfoten ivaretas.

Det kan være aktuelt å armere vollsålen med geogrid for å øke stivheten i konstruksjonen og for å lettere ta opp geometriendringer, fra for eksempel differansesetninger i grunnen på grunn av lokale isforekomster. Dette avklares i detaljprosjekteringen.

Orienterende bæreevneberegninger viser at det aktive laget ikke har tilstrekkelig bæreevne for planlagte voller. Dette løses ved masseutskifting og drenering som beskrevet over. Bæreevneberegning for permafrost viser god nok bæreevne.

6.7

Setninger/kryp

Ved pålastning på permafrost vil det oppstå setninger. Isrik permafrost er mer utsatt for setninger enn isfattig permafrost. Vollenes størrelse tilsier at det trolig vil være variasjon av isinnhold over vollenes utstrekning. Det må dermed tas høyde for differansesetninger. Supplerende undersøkelser av underliggende permafrost kan gi bedre grunnlag for vurdering av setningsomfang. Dersom undersøkelser viser store islinser under voll eller kjegle kan det være aktuelt å fjerne isen, eller eventuelt justere plasseringen av tiltaket. Det er ikke registrert større islinser i utførte grunnboringer i området så langt.

Kryp i frosset jord er tids- og temperaturavhengig. Generelt øker stivheten til frosset jord med lavere temperatur. Sammenlignet med is vil sand/silt ha en høyere E-modul og leire lavere (ref. /8/). Vi har pr nå ikke tilstrekkelig informasjon om permafrosten for å vurdere setninger og kryp. Innledende setningsberegninger inneholder derfor stor usikkerhet.

Vi har i valg av styrkeparametere valgt en mobiliseringsgrad som ligger innenfor primært krypområde.

6.8

Stabilitet

Generelt gjelder for alle voller og kjegler at de etableres av drenerende, telefrie masser.

Det vil også være nødvendig med komprimerbare masser i deler av konstruksjonene. Steinmasser i området rundt Longyearbyen består i stor grad av svake bergarter, som sandstein og leirskifer. Dette medfører at massene knuses lett ned, spesielt ved mekanisk påkjenning. Som del av detaljprosjektering må det derfor gjøres undersøkelser av

nedknusning ved komprimering av lokale steinmasser. Rambøll er ikke kjent med at slike undersøkelser er utført tidligere.

Det må som del av detaljprosjekteringen gjøres en vurdering av vindforhold og drivsnø, med påfølgende vurdering av om akkumulering av snø vil medføre endrede temperaturforhold ved planlagte konstruksjoner. Dersom det på høsten legger seg mye snø langs for eksempel fyllingsfot av voll vil det kunne medføre «isolasjon» av dette området og dermed mindre tilførsel av kulde vinterstid. Det kan igjen medføre endret temperatur i bakken i aktuelle område.

Utførte stabilitetsberegninger viser at det for en situasjon i framtida, der det aktive lagets mektighet har økt 1 m og grunnen er vannmettet, ikke vil være tilstrekkelig sikkerhet mot jordskred i skråningen opp mot Sukkertoppen. Beregnet sikkerhet er under 1 og det vil si at beregninga viser at en utglidning/skred kan oppstå. Det understrekes at stabilitetsberegning primært er utført for kjegler og fangvoll og at det ikke er lagt stor vekt på usikkerheter i modellering av jordlag i øvre deler av skråningen.

Fangvoll mot snøskred

Vollen må utformes slik at det oppnås tilstrekkelig stabilitet i selve vollen, samt i underliggende masser. Den bratte siden av vollen er planlagt utformet som en armert mur med gabionkister fylt med stein. Denne muren må prosjekteres i detaljfase. Maks tillatte helning på den slake siden bestemmes av hvilke materialer som benyttes i vollen. Det kan være aktuelt å armere med geogrid for å sikre mot utglidninger i det aktive laget. Dersom det benyttes finere materiale i gabionkistene må det legges en filterduk for å hindre utvasking av finere masser innover i vollen.

Innledende beregninger viser følgende nødvendige armeringslengder for støtsiden:

- Murhøyde 5,5 meter → armering legges mellom hver kiste, antatt med høyde 1,0 m. Nødvendig armeringslengde ca. 4,5 meter.
- Murhøyde 15 meter → armering legges mellom hver kiste, antatt med høyde 1,0 m. Nødvendig armeringslengde ca. 9 meter.

Det er forutsatt armeringsnett med strekkstyrke i størrelsesorden 200-300 kN/m for 15 m høy voll og 100-120 kN/m for 5,5 m høy voll.

Med utgangspunkt i utførte innledende stabilitetsberegninger anser vi alle forslag til vollhøyder som gjennomførbare. For de største vollene, med høyde opp mot 12-15 m, må det tas høyde for større behov for tiltak som armering og bruk av kvalitetsmasser enn for de lavere konstruksjonene.

Bremsekjegler

Bremsekjeglene er tenkt plassert i terreng med helning 1:5. Innledende stabilitetsberegninger viser at det er tilstrekkelig stabilitet for en effektivspenningssituasjon. Det er tatt høyde for et vannmettet materiale, men ikke satt på skredlaster i utført beregning. Det forventes behov for masseutskifting for fundament av kjeglene, som for fangvoll.

Ledevoll

Yttersidene av vollene kan etableres med helning 1:2 av lokale masser og det som ellers er beskrevet i geometrikapitlet. I Vannledningselva vil det ikke tilrettelegges for ferdsel av mennesker og det vurderes dermed aktuelt å benytte en brattere skråningshelning langs denne siden. Løsning for støttside voll må sees i sammenheng med behov for erosjonssikring og behov for helning fra skredteknisk ståsted. Ved behov for bratt helning antas armering nødvendig. Det er fra Longyearbyen lokalstyre ytret ønske om å fortsatt ha mulighet for dosing av elveløpet i Vannledningsdalen, også etter sikring.

Ledevollen langs Vannledningsdalen ligger vinkelrett på høydekotene og vil delvis bli liggende i område som antas å ikke ha permafrost. Som del av detaljprosjekteringen må det utføres supplerende undersøkelser for prosjektering av voll på tinte masser. Dette kan utføres med konvensjonelle metoder som benyttes på fastlandet. Supplerende undersøkelser vil gi grunnlag for å vurdere evt. behov for masseutskifting under vollen. Det tas inntil videre høyde for masseutskifting også under ledevollene, på lik linje med fangvoller og kjegler.

Svingvoll

Rambøll har ikke mottatt skredlaster for svingvollen. Utførte beregninger for fangvoll med 15 m høyde antas på nåværende tidspunkt i være representativ for stabilitet av svingvollen, under forutsetning av god vannhåndtering, ref. kapittel 6.9. Svingvollen vil evt. ikke bygges for å kunne stå med vanntrykk bak. For svingvoll vil der være nødvendig med supplerende undersøkelser i område for kulvert, som grunnlag for endelige stabilitetsberegninger.

6.9

Vannhåndtering

Etablering av voll og kjegler vil avskjære overvann fra et stort område. Det er derfor svært viktig at vannet håndteres på en god måte og ledes videre til en resipient med kapasitet til å ta imot vannet. Vann som renner på overflaten eller i grunnen medfører tilførsel av varme, som igjen kan medføre ekstra degradering av permafrosten over tid. Dette gjelder spesielt dersom store vannmengder skal føres over et smalt løp oppstrøms vollen(e) og må ivaretas ved valg av løsninger for vannhåndtering. Vi anser det nødvendig å etablere grøfteløsninger på oversiden av voll og kjegler, i god avstand fra bratt støttside. Det antas at avstand fra vollkonstruksjonen bør være i størrelsesorden > 6 meter. Det vil også være viktig å drenere fundament og område ved fyllingsfot, for å ivareta stabiliteten.

For løsningen med svingvoll, figur 3, vurderer vi flere aspekter som utfordrende;

- Den primære vannførselen i Vannledningsdalen bør gå gjennom vollen og i dagens løp av elva. Dette for å endre temperatursituasjonen i grunnen i området minst mulig.

Det er kjent at det renner vann i grunnen i området også rundt Vannledningsdalen. Disse vannveiene er ikke kartlagt men det kommer opp vann fra grunnen flere steder i området Veg 217-219. Det antas at endret løp av elva kan medføre endret vannstrøm også under terreng, som igjen kan medføre påvirkning av infrastruktur og konstruksjoner også i større avstand fra tiltakene.

Vannførsel gjennom vollen er tenkt utført med kulvert. Erfaringsmessig iser mindre kulverter på Svalbard igjen løpet av høst- og vintersesong. Tradisjonelt løses dette ved mulighet for steaming ved vinterregn og i smelteperioder. Dette vurderes som lite egnet for en kulvert i Vannledningsdalen. Det forutsettes at det finnes en god løsning for

vanngjennomføringen som fungerer hele året. Vår oppfatning er at løsningen må fungere uten vesentlig drift.

- Vannførsel langs svingvollen for situasjon med tett kulvert kan medføre at permafrosten degraderes langs vannvegen. Dette kan igjen medføre setninger rundt og under konstruksjonen.
- Etablering av kunstig magasin (dam) for vann medfører varmetilførsel til et større område rundt magasinet, og igjen degradering av permafrosten. Vannmagasin vurderes derfor som en lite egnet løsning.

7. Utførelse

Det må i detaljprosjekteringen gjøres en vurdering av mest hensiktsmessig fremdrift og utførelse av anleggsarbeidene for sikringstiltak. Generelt er det i permafrostområder et ønske å påvirke permafrosten minst mulig gjennom tiltak. For anleggsarbeid som medfører uttrauing og fyllingsarbeider er det imidlertid enklest å utføre arbeidene sommerstid. Da vil originale masser som skal masseutskiftes være tint og lett å grave opp. Etablering av fyllinger sommerstid vil også være enklest, med tanke på å unngå is og snø i massene. Komprimering er også enklere å utføre uten frost. Bakdelen med etablering av fylling sommerstid er at det bygges inn varme i konstruksjonen fra de tinte massene. Det kan derfor ta tid å (re)etablere permafrost i massene. Tilpasning av rekkefølge og gjennomføring av anleggsarbeidene blir derfor viktig for å ivareta frosten best mulig. Seksjonsvis bygging kan bli aktuelt.

8. Konklusjon

Ut fra våre vurderinger i dette notatet vurderes følgende fra geoteknisk ståsted.

Skisserte løsninger med kjepler og fangvoller er gjennomførbar. Generelt vil det være behov for armering av støtsiden til konstruksjonene, samt drenering av fundamentet nedstrøms vollene. Det vil også være behov for masseutskifting under konstruksjonene for å oppnå tilstrekkelig bæreevne. Det kan også bli nødvendig med armering av fundamentet. Supplerende undersøkelser vil gi grunnlag for vurdering av setninger og kryp. Behov for stabiliserende tiltak, som armering og fylling med kvalitetsmasser (fastlandsmasser) vil generelt øke med konstruksjonenes høyde. Overvann må avskjæres slik at det ikke renner langs vollkonstruksjonene.

Støtteforbygninger vurderes i ingeniørgeologisk notat, ref. /2/, som gjennomførbart.

For sikring av Vannledningsdalen vurderer vi alternativet med svingvoll som utfordrende, som følger av vanskelig vannhåndtering. Ledevoll langs elvesidene anbefales derfor som løsning for dette området.

9. Videre arbeid

Videre arbeid og detaljprosjektering avhenger av hvilke alternativer det velges å gå videre med. Det vil som grunnlag for detaljprosjektering være nødvendig å utføre supplerende grunnundersøkelser. Detaljprosjektering vil utenom grunnundersøkelser innebære:

- Prosjektering av murer på støtside av voller
- Prosjektering av oppbygging av vollkropp
- Prosjektering av stabile skråningshelninger
- Fundamentering av voller, inkludert vurdering av bæreevne og setninger
- Fundamentering av evt. støtteforbygninger eller andre konstruksjoner i berg
- Prosjektering av bergskjæring i Vannledningsdalen
- Vurdering av påvirkning på konstruksjoner i nærhet til sikringen

Tegninger

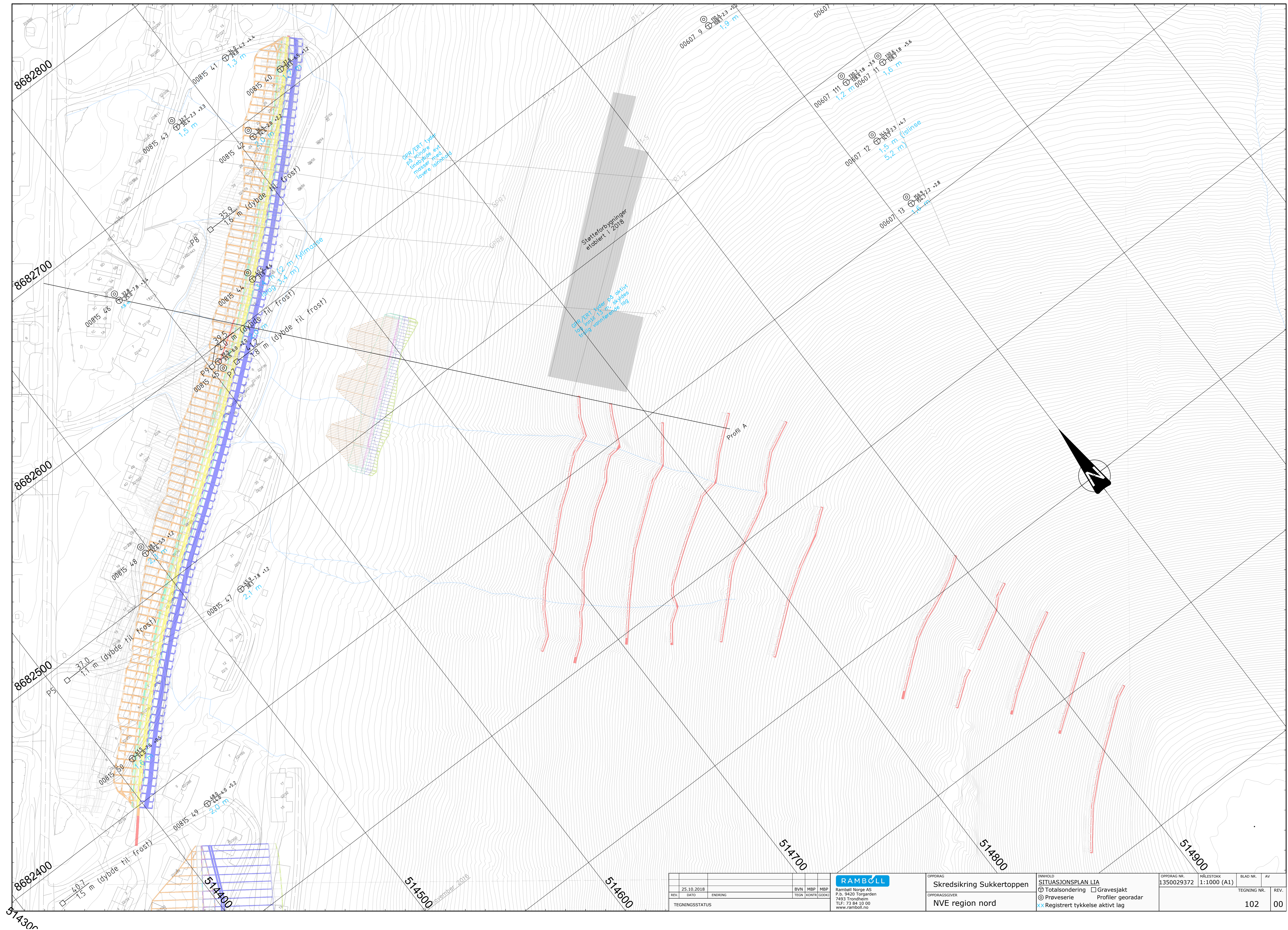
- 101 Situasjonsplan Vannledningsdalen
- 102 Situasjonsplan Lia
- 103 Stabilitetsberegning GeoSuite

Vedlegg

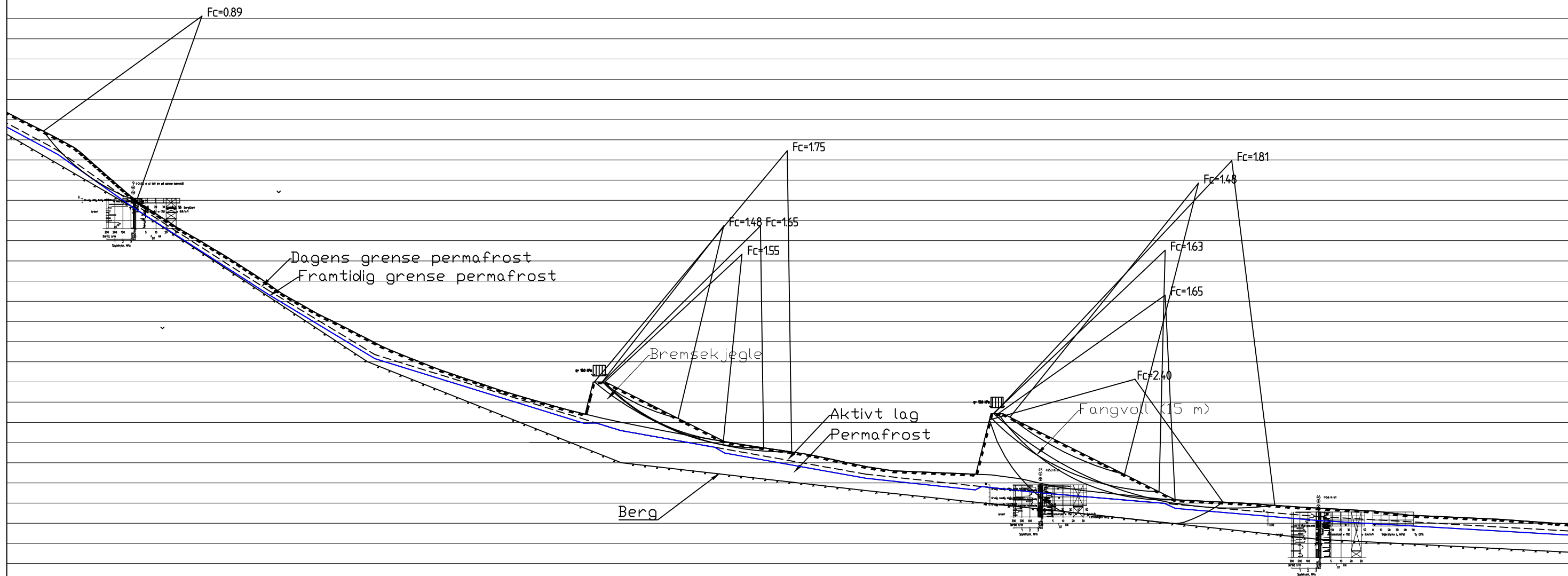
- 1. Forprosjektering - leveranse B2, Skred AS
- 2. G-not-002 1350029372 Skredsikring Sukkertoppen. Oppsummering fra prøvegraving og befaring.
- 3. Beregning utført i Plaxis

Referanser

- 1. 201706702-17 Konseptstudie. Sikringstiltak Sukkertoppen og Vannledningsdalen, NVE RN 15.03.2018
- 2. G-not-003 1350029372 Ingeniørgeologisk vurdering skredsikring Sukkertoppen, Rambøll 26.10.2018
- 3. 2017:00815 Skredsikring i Longyearbyen. Grunnundersøkelser i Lia ovenfor Hilmar Rekstens vei. SINTEF Byggforsk 18.12.2017
- 4. 2017:00607 Snøsamleskjerm og dreneringskanal ovenfor spissbusene i Longyearbyen. SINTEF Byggforsk 10.11.2017
- 5. 20170299-03-R Detaljprosjektering av sikringstiltak – Lia mellom veg 228 og 230 NGI 14.12.2017
- 6. 950080-1 Elvsetta, Longyearbyen NGI 6.12.1995
- 7. 524030 Permafrost. Målinger Longyearbyen sommeren 1995 NGI, 5.9.1995
- 8. Andersland. O.B., Ladanyi B., "Frozen Ground Engineering" 2nd ed, 2004
- 9. e-klima, Meteorologisk institutts vær- og klimadata fra historiske data til sanntidsobservasjoner, www.eklima.no
- 10. G-rap-001 1350005853 Skredfarevurdering Longyearbyen havn del II. Rambøll 26.5.2015
- 11. NVE Rapport 91-2016 Skredfarekartlegging i utvalgte områder på Svalbard. Utarbeidet av Multiconsult. Rev 02 per 2016-12-12. Kontaktperson Jaran Wasrud.
- 12. NCCS report no. 2/2016 Kort oversikt over klimaendringer og konsekvenser på Svalbard NKSS juni 2016
- 13. Forventede klimaendringers langsiktige konsekvenser for bygging og forvaltning på Svalbard, samlerapport, Instanes, Meteorologisk institutt og Rambøll 15.1.2018
- 14. MOSJ Miljøovervåkning Svalbard og Jan Mayen, <http://www.mosj.no/>
- 15. Eurokode 7 «Geoteknisk prosjektering»
- 16. GeoSuite, nettside for programvaren, <https://www.novapoint.com/products/novapoint/novapoint-geosuite>
- 17. Plaxis, nettside for programvaren, <https://www.plaxis.com/>
- 18. Statens vegvesen, Håndbok V220 Geoteknikk i vegbygging
- Reslope, nettside for programvaren, <https://www.geoprograms.com/reslopeindex.htm>



Material	no	Un.Weigth	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasse	1	18.00	36.0	0.0				
Aktivt	2	19.00	26.0	5.0				
Permafrost	3	18.00	---	---	200.0	1.00	0.63	0.35
Berg								



						<div><div></div><div>RAMBOLL</div></div> <div>Rambøll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no</div>	OPPDRAG		INNHold		OPPDRAG NR.	MÅLESTOKK	BLAD NR.	AV
00	26.10.2018		EHL	MBP	MAGE		Skredsikring Sukkertoppen		Stabilitetsberegning		1350029372	1:1000	01	01
REV.	DATO	ENDRING	TEGN	KONTR	GODKJ		OPPDRAGSGIVER		Profil A Totalspenningsanalyse Bremsekjegler og 15 m høy fangvoll		TEGNING NR.			REV.
TEGNINGSSTATUS							NVE region nord				103			

FORPROSJEKTERING – LEVERANSE B2

INNEHOLD

På prosjektmøte med byggherren den 18. sept. 2018 ble det bestemt at SHG skulle levere forslag til innhold/leveranse til neste fase forprosjektering som her kan kalles for B2. Det som her er skrevet tar utgangspunkt i at det blir tre faser i Forprosjektering (B1, B2, B3).

Post	Beskrivelse av detaljering	Hvem
Alternativer	Det blir redegjort for 3-5 alternativer, bl.a. alternativ med «null»-løsning.	SHG
Premisser snø- og sørpeskred	Redegjort for premissene som er beskrevet i konsulentgruppens rapport og de premisser som SHG mener at bør være i tillegg. Dette kan bl.a. gjelde mengde utløsningsmasser, størrelse av potensielle utløsningsområder for støtteforbygninger og mengder sørpe i Vannledningsdalen.	SHG
Kartgrunnlag	Her er det viktig at alt kartgrunnlag blir bestemt slik at alle involverte bruker samme utgangspunkt.	
Volum skredvoller	Mens vi ikke har klar informasjon om grunnforhold vil volum bli regnet mellom to overflater, dvs. dagens terreng og volloverflate.	SHG
Kostnad	Kostnadsvurderingen er avhengig av kvaliteten på mengdebeskrivelsen. Det foreligger at pr. i dag har vi dårlige forutsetninger for kostnadsvurdering. Det er estimert at usikkerheten i kostnadsvurderingen kan være rundt 50%.	SHG
Fordeler/ulempes	Høyere detaljeringsgrad på redegjørelse for «fordeler/ulempes». I B3 fase skal bare diskutere forskjellen mellom de to alt. som går videre, resten av detaljvurderingen gjøres her.	SHG
Overvann/ grunnvann	Høyere detaljeringsgrad på håndtering av overvann/grunnvann. Alle ev. problemer skal vises å kunne løses. Dette gjelder bl.a. hvordan lokale nettverk for over- /grunnvann kan føre vannet videre.	SHG
Faresoner	Det blir laget foreløpige faresoner som blir ferdig utarbeidet i fase B3. Alt skal være klart/bestemt før detaljprosjekteringen begynner (fase C).	SHG
Grunnundersøkelser	Det skal graves prøvesjakter på «nøkkel» steder, og/eller borer. Tolkning av data skal også foreligge slik at grov geoteknisk design kan utarbeides.	Rb
Vind og snøakkumulasjon	Overordna vurdering av vindforhold og diskusjon om hvordan tiltak er geometrisk formet for å minimere fonndannelse nærmest tiltakene.	SHG
Landskap	Det er ikke vurdert behov for landskapsarkitekt i B2, men den må være på plass i B3.	SHG/LS/LL
Berørte eiendommer	Redegjort for berørte eiendommer, mengder boliger og folk som bor. Hvis mulig også forsikringsverdi av boligene. Her må man i forkant diskutere hvordan «verdi grunn» er bestemt.	SHG/LL

Forklaring:

SHG: Skred AS og HNIT

Rb: Rambøll Norge AS

LL: Longyearbyen lokalstyre

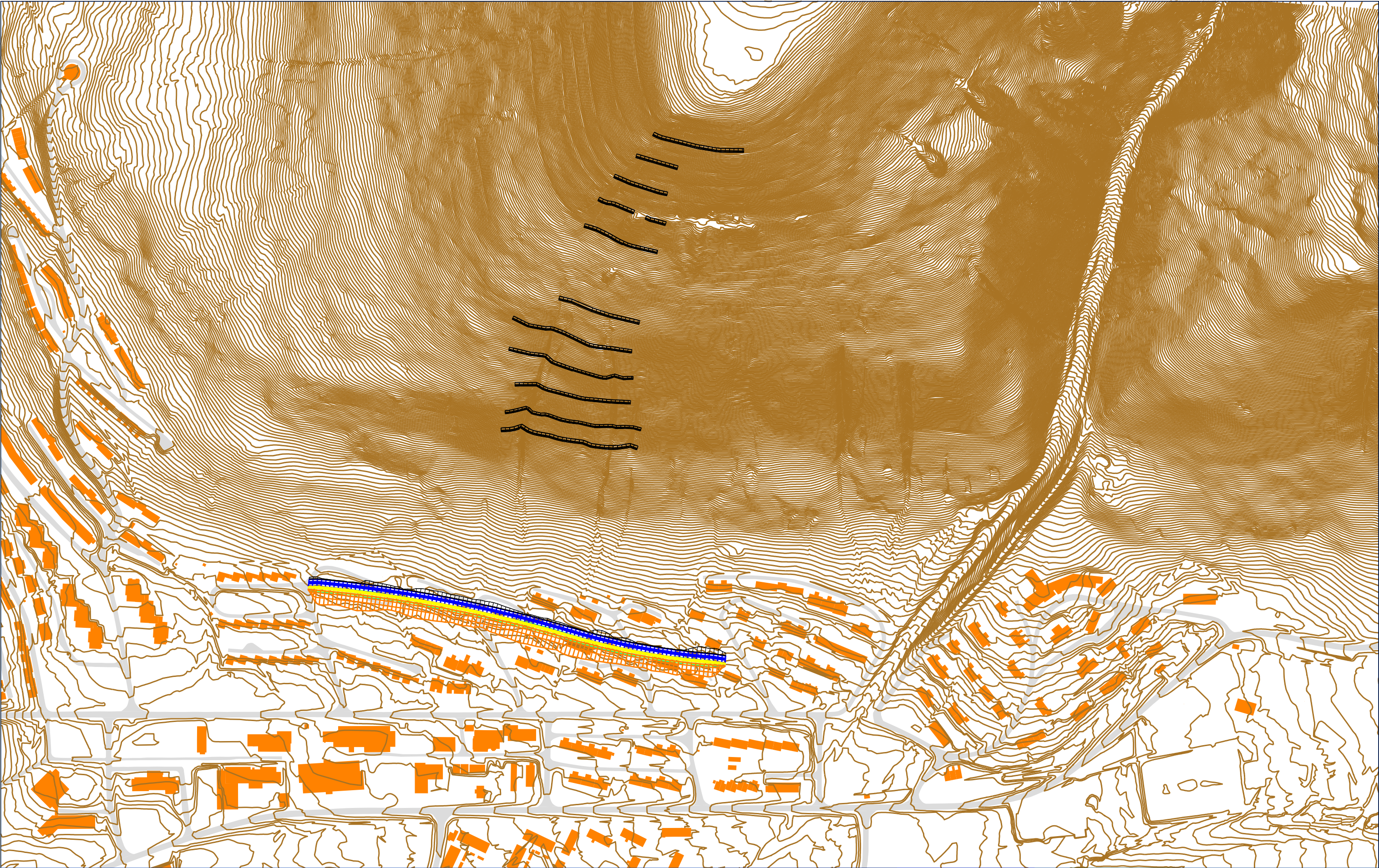
NVE: Norges Vassdrags- og Energidirektorat

LS: Landslag landskapsarkitekter

SIKRINGSLØSNINGER

Følgende tabell viser tiltakene som er vurdert og SHG mener er i tråd med diskusjonen på møtet den 18. sept. 2018. Nummer på tiltakene er hentet fra skisseløsningene overlevert den 10. sept. 2018, men ny nummerering gjelder for fase B2.

Nr B2	Tiltak	Beskrivelse
KB2_01	K09_A K09_B (også K07_B) K09_D	Dette er i prinsippet K09, men med noen endringer. Her er K09_C fjernet, K09_A er forlenget mot sør (i hht. innsendt forslag) og K09_D er forlenget litt mot nord og justert i hht. forlenget K09_A. Vann fra K09_D lendet inn mot Vannledningselva.
KB2_02	K03_A og B K05_D/K06_D K07_F	Denne løsningen er i prinsippet K03 med K05_D/K06_D løsningene for Vannledningselva. I tillegg har vi lagt til K07_F, som er tiltaket på Plataået.
KB2_03	K03_A og B K09_D	Denne løsningen er i prinsippet K03 med K09_D som er forlenget mot nord. K03_A vollen er tenkt å ta en sving ned mot HR vei litt sør for vei 228, følger HR vei derfra sør mot K09_D. Vann fra K09_D lendet inn mot Vannledningselva.
KB2_04	K03_A og B K09_D	Her er tiltak A og B flyttet lengre ned (fortsatt ovenfor Spisshusene), som gir noe lavere voll. Voll K03_A svinger etter hvert ned mot HR vei og overlapper K09_D noe. K09_D er forlenget noe mot nord og litt lengre ned. Vann fra K09_D lendet inn mot Vannledningselva.



Forklaring:

Koordinatsystem: UTM 33

Høydesystem: Longyearbyen

Kartdata: Norsk Polarinstitutt


Terrengmodell: HNIT

Under arbeid


Lagret: 10/4/2018 12:50:27 PM

Utskrift: Date Plotted

6		Status:	Forprosjektering	
5		Prosj. HNIT:	18247	Prosj. Skred AS: 18241
4		Design:	AJ	Tegn.: AJ
3		Kontakt NVE:	Siljan Bue Kanstad	QC: -
2		Proj.:	160359-5289/160359-18748	Dato: 04/10/2018
1		Godkjent:	Sign. Arni Jonsson	
△	Breytingar:	Dags.:		



SKRED AS



HNIT

Norges Vassdrags- og Energidirektorat NVE

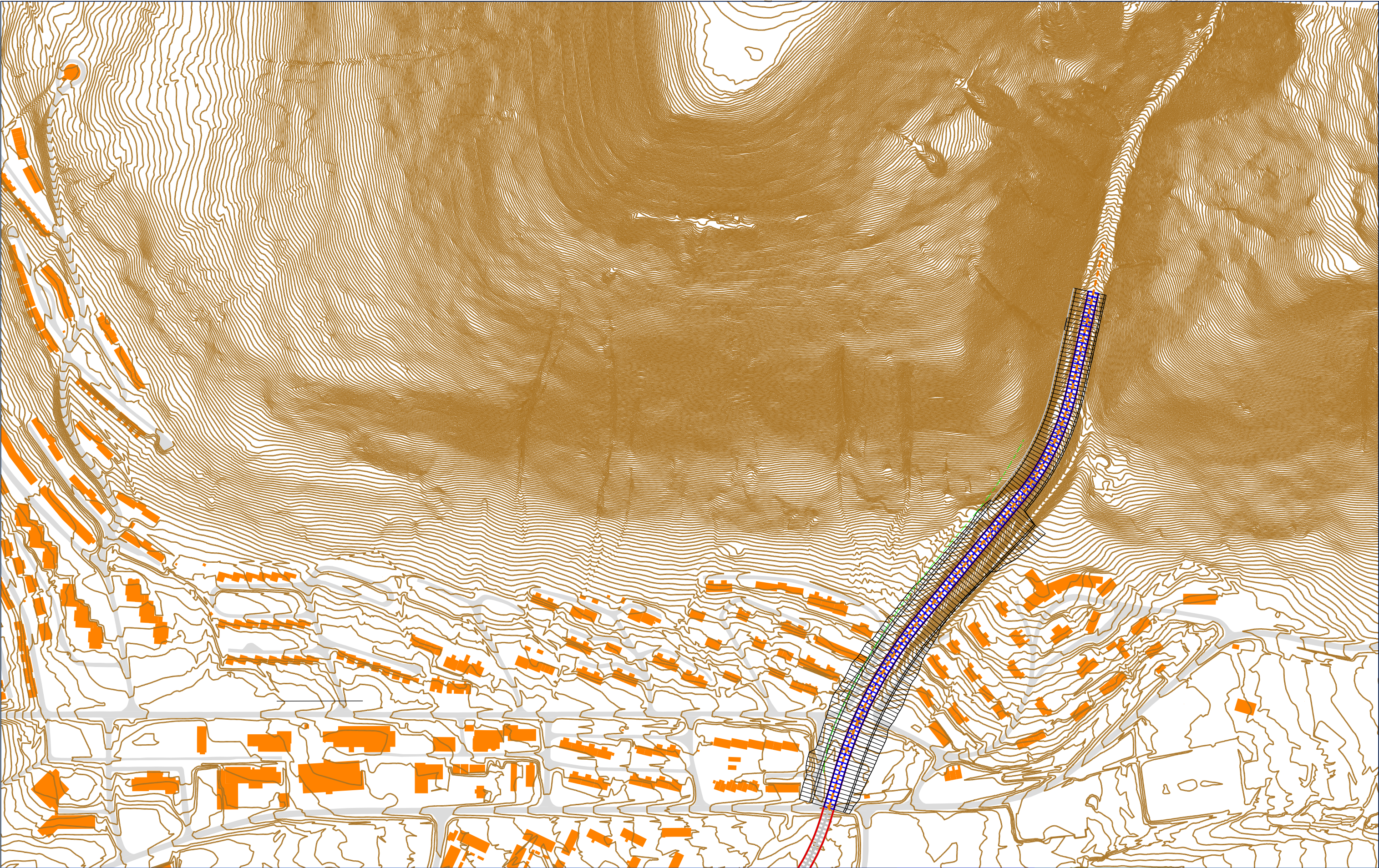
Longyearbyen

Sikringstiltak - Sukkertoppen og Vannledningsdalen

Sikringsforslag KB2_01

-

Original:	ISO A1	Tegn. nr.:		Utg.:	
Mt:	CUSTOM	SHG-B-PRO-K06			0



Forklaring:

Koordinatsystem:

Longyearbyen

Høydesystem:

Norsk Polarinstitutt

Kartdata:

HNIT

Terrengmodell:


HNIT

Under arbeid

Lagret: 10/4/2018 1:21:04 PM

Utskrift: Date Plotted

6			Status:	Forprosjektering	
5			Prosj. HNIT:	18247	Prosj. Skred AS: 18241
4			Design:	AJ	Tegn.: AJ
3			Kontakt NVE:	Sidan Bue Kanstad	
2			Prosj.:	160359-5289/160359-18748	Dato: 04/10/2018
1			Godkjent:	Sign. Arni Jonsson	
△	Breytingar:	Dags.:			



SKRED AS

VERKFRÆDISTOFA

Norges Vassdrags- og Energidirektorat NVE

Longyearbyen

Sikringstiltak - Sukkertoppen og Vannledningsdalen

Sikringsforslag KB2_02

-

Original: ISO A1

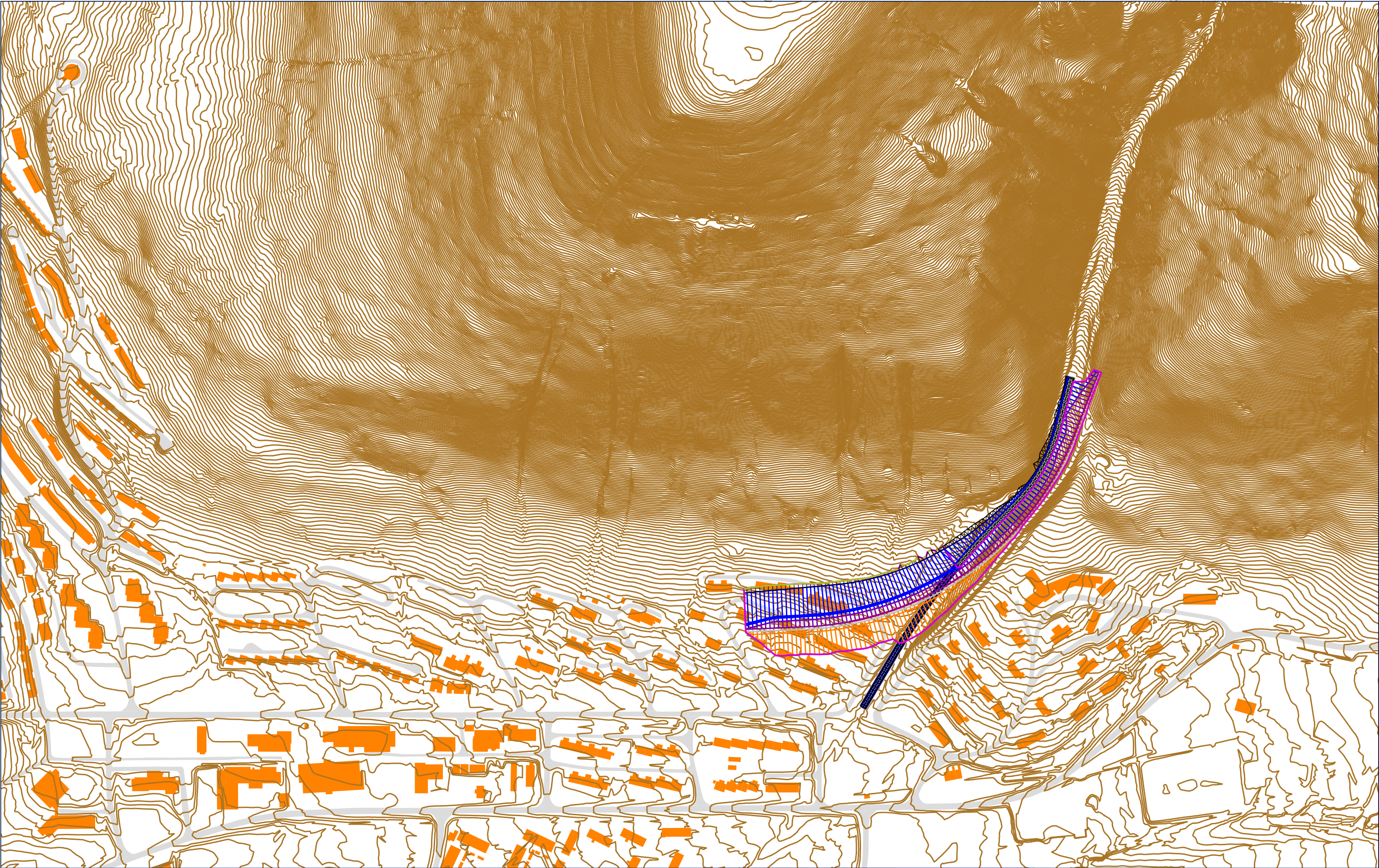
Tegn. nr.:

Mt: CUSTOM

SHG-B-PRO-KB2_02

Utg.:

0



Forklaring:

Koordinatsystem: UTM 33

Høydesystem: Longyearbyen

Kartdata: Norsk Polarinstitutt


Terrengmodell: HNIT

Under arbeid


Lagret: 10/4/2018 1:25:02 PM

Utskrift: Date Plotted

6			Status:	Forprosjektering	
5			Prosj. HNIT:	18247	Prosj. Skred AS: 18241
4			Design:	AJ	Tegn.: AJ QC: -
3			Kontakt NVE:	Sidan Bue Kanstad	
2			Prøve:	160359-5289/160359-18748	Dato: 04/10/2018
1			Godkjent:	Sign. Arni Jonsson	
△ Breytingar:		Dags.:			



SKRED AS



HNIT

VERKFRÆDISTOFA

Norges Vassdrags- og Energidirektorat NVE

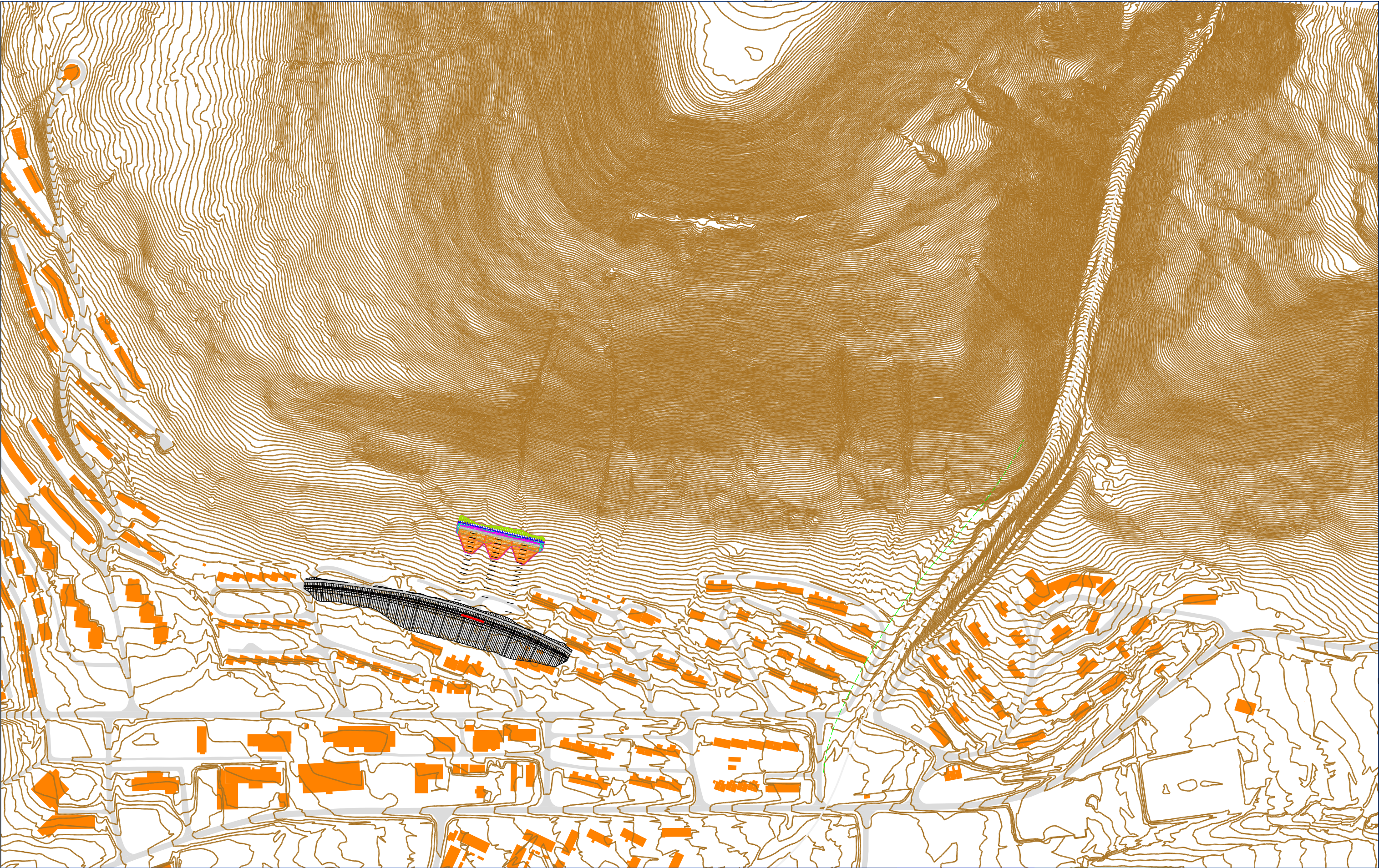
Longyearbyen

Sikringstiltak - Sukkertoppen og Vannledningsdalen

Sikringsforslag KB2_03

-

Original:	ISO A1	Tegn. nr.:		Utg.:	
Mt:	CUSTOM	SHG-B-PRO-KB2_03			0



Forklaring:

Koordinatsystem: UTM 33

Høydesystem: Longyearbyen

Kartdata: Norsk Polarinstitutt


Terrengmodell: HNIT

Under arbeid


Lagret: 10/4/2018 1:30:07 PM

Utskrift: Date Plotted

6			Status:	Forprosjektering	
5					
4			Prosj. HNIT:	18247	Prosj. Skred AS: 18241
3			Design:	AJ	Tegn.: AJ QC: -
2			Kontakt NVE:	Sidan Bue Kanstad	
1			Prøve:	160359-5289/160359-18748	Dato: 04/10/2018
△	Breytingar:	Dags.:	Godkjent:	Sign. Arni Jonsson	



SKRED AS



HNIT

Norges Vassdrags- og Energidirektorat NVE

Longyearbyen

Sikringstiltak - Sukkertoppen og Vannledningsdalen

Sikringsforslag KB2_04

-

Original:	ISO A1	Tegn. nr.:		Utg.:	
Mt:	CUSTOM	SHG-B-PRO-KB2_04			0



Forklaring:

Koordinatsystem:

Longyearbyen

Høydesystem:

Norsk Polarinstitutt

Kartdata:

HNIT

Terrengmodell:

HNIT

Under arbeid

Lagret: 10/4/2018 1:46:34 PM

Utskrift: Date Plotted

Status:	Forprosjektering	
Prosj. HNIT:	18247	Prosj. Skred AS: 18241
Design:	AJ	Tegn.: AJ
Kontakt NVE:	Stian Bue Kanstad	
Prnr.:	160359-5289/160359-18748	Dato: 04/10/2018
Godkjent:	Sign. Arni Jonsson	

SKRED AS

VERKFRÆDISTOFA

Norges Vassdrags- og Energidirektorat NVE

Longyearbyen

Sikringstiltak - Sukkertoppen og Vannledningsdalen

Sikringsforslag KB2_05

-

Original:

ISO A1

Tegn. nr.:

SHG-B-PRO-KB2_05

Utg.:

0

NOTAT

Oppdrag **1350029372 Skredsikring Sukkertoppen**
 Kunde **NVE region nord**
 Notat nr. **G-not-002 1350029372**

Dato 26.10.2018

Til **NVE RN v/Stian Bue Kanstad**
 Fra **Rambøll Norge AS v/Marit Bratland Pedersen**
 Kopi

Rambøll
 Vei 610-4
 Postboks 832
 N-9171 Longyearbyen

Utført av **Marit Bratland Pedersen**
 Kontrollert av **Eirin Husdal**
 Godkjent av **Marit Bratland Pedersen**

T +47 73 84 10 00
 F +47 73 84 10 60
 www.ramboll.no

SKREDSIKRING SUKKERTOPPEN OPPSUMMERING FRA PRØVEGRAVING OG BEFARING

1. Bakgrunn

Det prosjekteres sikringstiltak mot snøskred fra Sukkertoppen og sørpeskred fra Vannledningsdalen i Longyearbyen. Rambøll utfører geoteknisk prosjektering av tiltakene og har i den forbindelse utført prøvegraving og befaring i området.

2. Prøvegraving

Prøvegraving ble utført i perioden 24-26.9.2018. Det var i perioden for undersøkelsene vekslende vær med noe regn og snø. Til stede ved prøvegraving var Marit Bratland Pedersen, Maj Gøril Bæverfjord og Eirin Husdal, samtlig geoteknikere fra Rambøll. Det ble utført prøvegraving i 9 punkt, prøvepunktene beliggenhet er inntegnet på situasjonsplan i vedlegg 1. Det ble tatt opp en til to representative prøver fra hver prøvegrop, til sammen 16 prøver. Prøvene er analysert i vårt laboratorium, det er utført rutineundersøkelser samt analyse av kornfordeling og saltinnhold.

Prøvegraving ble utført med følgende tidslinje:

- 24.9: Prøvegrop 1, 2, 3, 7 og 8 ble gravd opp.
- 25.9: Rambøll registrerer forholdene i prøvegroppene, blant annet dybde til frost og tar opp representative prøver.
- 26.9: Prøvegrop 4, 5, 6 og 9 blir gravd opp og Rambøll registrerer forhold og dybde til frost samt tar prøver fortløpende.

3. Resultat

Oppsummering av resultat fra utførte undersøkelser fremkommer av tabell 1. Bilder fra prøvegroppene er vist i vedlegg 2. Det ble registrert en del store steiner i massene, disse kan sees av vedlagte bilder. De representative prøvene inkluderer ikke steiner i fraksjoner større enn 5 cm.

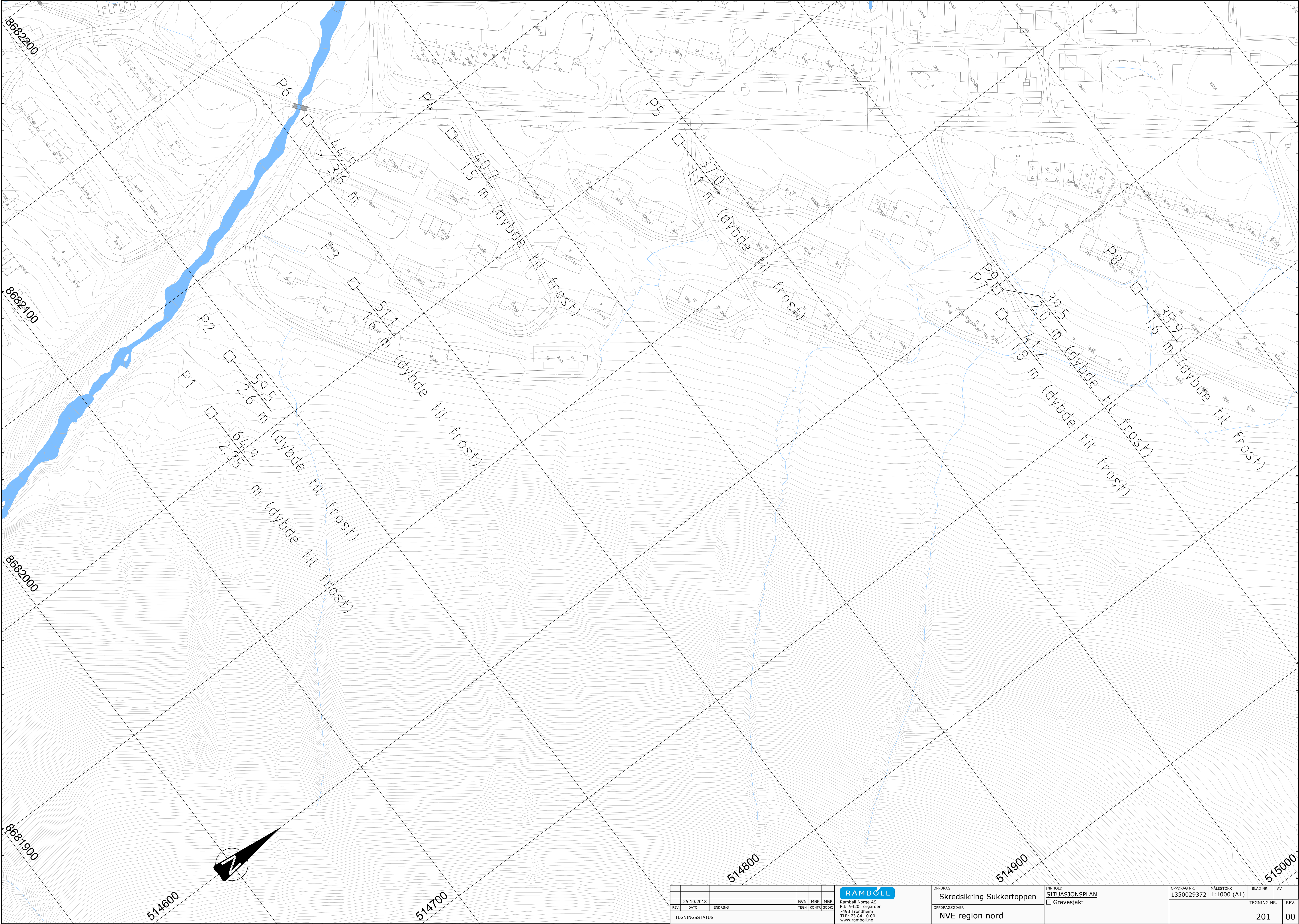
Tabell 1: resultat fra lab

Punkt	Dybde til frost	Prøvedybde	Vanninnhold	Saltinnhold	Materiale	Telefarlighetsklasse
	[m]	[m]	[%]	[g/l]		
P1	2,25	0,7 2,2	16,6 14,6		Grusig, sandig, siltig, leirig Leire, siltig sandig, grusig	T3 T4
P2	2,6	1 2,5	19,9 13,7	0,4	Leire, siltig, sandig Grusig, sandig, siltig, leirig	T4 T3
P3	1,6	0,3-0,5 1,5	17,0 26,3	0,5	Grusig, sandig, siltig, leirig Siltig, grusig, sandig, leirig	T3 T4
P4	1,5	0,4 1,4	27,9 20,3	0,6 0,7	Siltig, sandig, grusig, leirig Grusig, sandig, siltig, leirig	T4 T3
P5	1,1	0,4 1,0	26,1 20,9	0,9	Leire, siltig, sandig Leire, siltig, sandig	T4 T4
P6	>3,6	2,0-3,0 3,6	11,9 5,3	0,4	Grus, sandig Grus, sandig	T2 T2
P7	1,8	0,9	16,3		Grusig, sandig, siltig, leirig	T3
P8	1,6	0,5 1,5	22,3 8,8		Leire, siltig, sandig Sandig, grusig	T4 T2
P9	2,0	0,9	19,7		Grusig, siltig, sandig, leirig	T4

For mer detaljert beskrivelse henvises det til vedlagte borprofiler og kornfordelingsanalyser, vedlegg 3 og 4.

Vedlegg

1. Situasjonsplan, tegning 201
2. Bilder fra prøvegraving
3. Borprofil, tegning 202-210
4. Kornfordelingsanalyser



						<div><div>RAMBOLL</div><div>Ramboll Norge AS P.b. 9420 Torgarden 7493 Trondheim TLF: 73 84 10 00 www.ramboll.no</div></div>			OPPDRAK Skredsikring Sukkertoppen		INNHOOLD <u>SITUASJONSPLAN</u> <input type="checkbox"/> Gravesjakt		OPPDRAK NR. 1350029372	MÅLESTOKK 1:1000 (A1)	BLAD NR.	AV
25.10.2018			BVN MBP MBP					OPPDRAKSGIVER NVE region nord				TEGNING NR.		REV.		
REV.	DATE	ENDING	TEGN KONTR GODK									201		00		
TEGNINGSSTATUS																

VEDLEGG 2

G-not-002

BILDER FRA PRØVEGRAVING

Longyearbyen 24-26.9.2018

Punkt 1





Punkt 2







Punkt 3





Punkt 4



Punkt 5







Punkt 6



Punkt 7





Punkt 8






Punkt 9







[illegible]

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Penetrometerforsøk □ Konsistensgrense w_p |————| w_l

T= Treaksialforsøk


Andre forsøk:

K= Kornfordeling

	25.10.2018		BVN	MBP	MBP
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godk

Oppdrag nr. 1350029372

[illegible]

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Penetrometerforsøk □ Konsistensgrense w_p ————— w_l


T= Treaksialforsøk

Andre forsøk:

Skredsikring Sukkertoppen
NVE region nord

	25.10.2018		BVN	MBP	MBP
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godkj

[illegible]

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽
Konusforsøk er utført i hht NS8015: 1988

Penetrometerforsøk □ Konsistensgrense w_p ————— w_l

Andre forsøk:

T= Treksialforsøk

K= Kornfordeling

	25.10.2018		BVN	MBP	MBP
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godk

Målestokk: 1:100

Status:

Skredsikring Sukkertoppen
NVE region nord

BORPROFIL HULL NR.: P 6


TERRENGHØYDE: PRØVETYPE: Sjakt

Rambøll Norge AS
Pb. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no
Tegning nr.

Rev.

207

[illegible]

Enkelt trykkforsøk :  (strek angir def.% v/brudd)

Konusforsøk - Omrørt/uforstyrret: ▼ / ▽
Konusforsøk er utført i hht NS8015: 1988

Penetrometerforsøk □ Konsistensgrense w_p ————— w_l

Andre forsøk:

T= Treksialforsøk

Ø = Ødometerforsøk

K= Kornfordelina

	25.10.2018		BVN	MBP	MBP
Rev.	Dato	Tekst	Utarb	Kontr	Godk

Oppdrag nr. 1350029372

Målestokk: 1:100

Status:

Skredsikring Sukkertoppen
NVE region nord

BORPROFIL HULL NR.: P_9

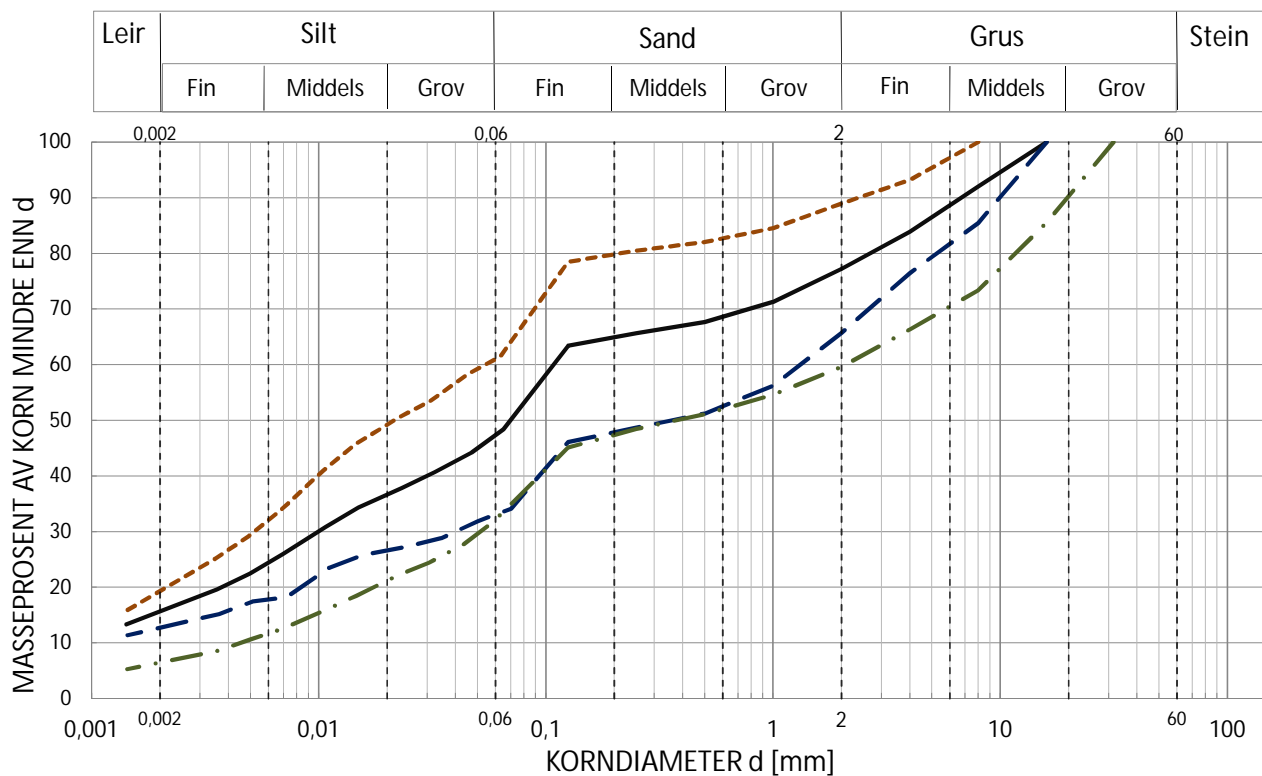
TERRENGHØYDE: PRØVETYPE: Sjakt



Rambøll Norge AS
Pb. 9420 Torgarden
7493 Tr.heim
TLF: 73 84 10 00
www.ramboll.no
Tegning nr.

Rev.

210



Symbol					
Prøve	A	B	C	D	E
Borhull	1	1	2	2	
Dybde	2,2m	0,7m	2,5m	1m	
labnr	1	2	3	4	
Beskrivelse	Leire, siltig, sandig, grusig	Materiale grusig, sandig, siltig, leirig	Materiale grusig, sandig, siltig, leirig	Leire, siltig, sandig	
d_{10}			0,005		
d_{25}	0,006	0,014	0,033	0,003	
d_{50}	0,071	0,379	0,394	0,022	
d_{60}	0,111	1,397	2,110	0,055	
d_{75}	1,628	3,723	9,084	0,112	
C_u	254,0	264,0	460,4	32,3	
% < 0,02mm	36,5	26,5	21,1	49,0	
% < 0,063mm	47,9	33,3	32,6	61,5	
% < 0,2mm	64,8	47,6	47,1	79,7	
Telegruppe	4	3	3	4	

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



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

Version 2018-06-22

Skredsikring Sukkertoppen

KORNFORDELINGSFORSØK

Revisjon

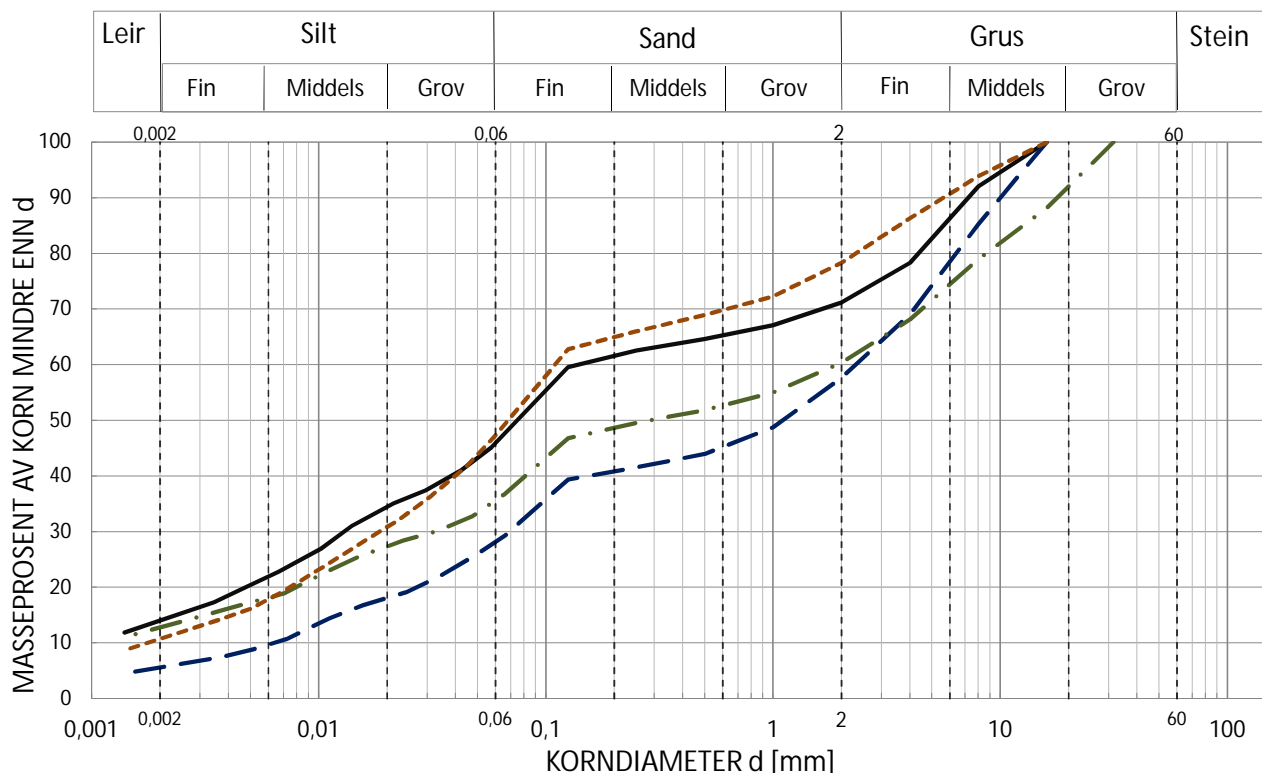
Tegn./kontr.
EHU/MBP

Dato
15.10.2018

Oppdrag
1350029372

Bilag
4

Tegn. Nr.



Symbol	—	- - -	- . - . -	- - - - -
Prøve	A	B	C	D	E
Borhull	3	3	4	4	
Dybde	1,5m	0,3-0,5m	1,4m	0,4m	
labnr	5	6	7	8	
Beskrivelse	Materiale siltig, grusig, sandig, leirig	Materiale grusig, sandig, siltig, leirig	Materiale grusig, sandig, siltig, leirig	Materiale siltig, sandig, grusig, leirig	
d ₁₀		0,006		0,002	
d ₂₅	0,009	0,046	0,014	0,012	
d ₅₀	0,080	1,141	0,298	0,071	
d ₆₀	0,144	2,409	1,934	0,113	
d ₇₅	3,077	5,472	6,541	1,448	
C _u	359,6	373,7	460,5	59,1	
% < 0,02mm	34,4	18,0	27,2	30,6	
% < 0,063mm	46,3	28,6	36,1	48,0	
% < 0,2mm	61,3	40,7	48,4	64,7	
Telegruppe	4	3	3	4	

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



Rambøll, Divisjon Geo
Kobbeggt. 2, N-7042 Trondheim

Version 2018-06-22

Skredsikring Sukkertoppen

KORNFORDDELINGSFORSØK

Revisjon

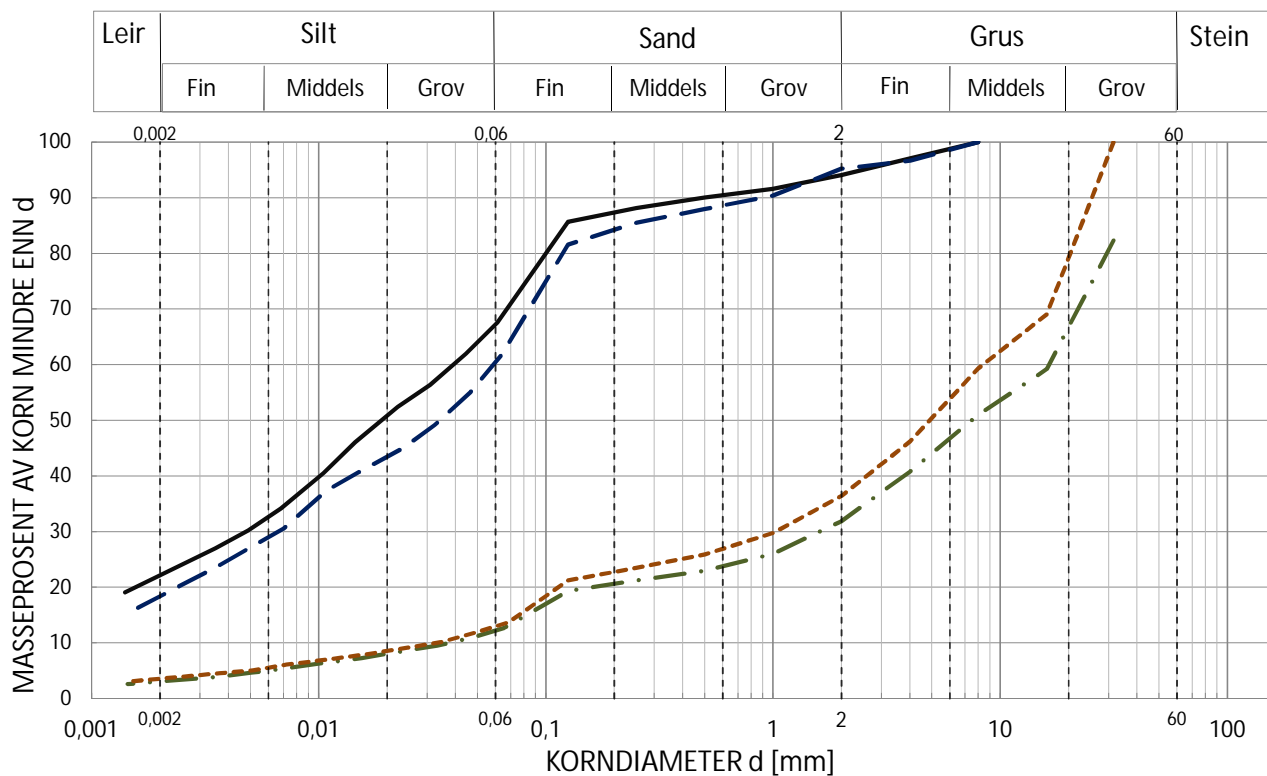
Tegn./kontr.
EHU/MBP

Dato
15.10.2018

Oppdrag
1350029372

Bilag
4

Tegn. Nr.



Symbol					
Prøve	A	B	C	D	E
Borhull	5	5	6	6	
Dybde	1m	0,4m	3,6m	2,3m	
labnr	9	10	11	12	
Beskrivelse	Leire, siltig, sandig	Leire, siltig, sandig	Grus, sandig	Grus, sandig	
d_{10}			0,038	0,033	
d_{25}	0,003	0,004	0,830	0,407	
d_{50}	0,019	0,034	7,619	5,161	
d_{60}	0,040	0,059	16,535	8,547	
d_{75}	0,087	0,105	26,599	18,969	
C_u	29,4	25,5	433,8	259,4	
% < 0,02mm	50,6	43,2	8,0	8,5	
% < 0,063mm	68,1	61,5	12,4	13,2	
% < 0,2mm	87,2	84,0	20,5	22,6	
Telegruppe	4	4	2	2	

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



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

Skredsikring Sukkertoppen

KORNFORDDELINGSFORSØK

Revisjon

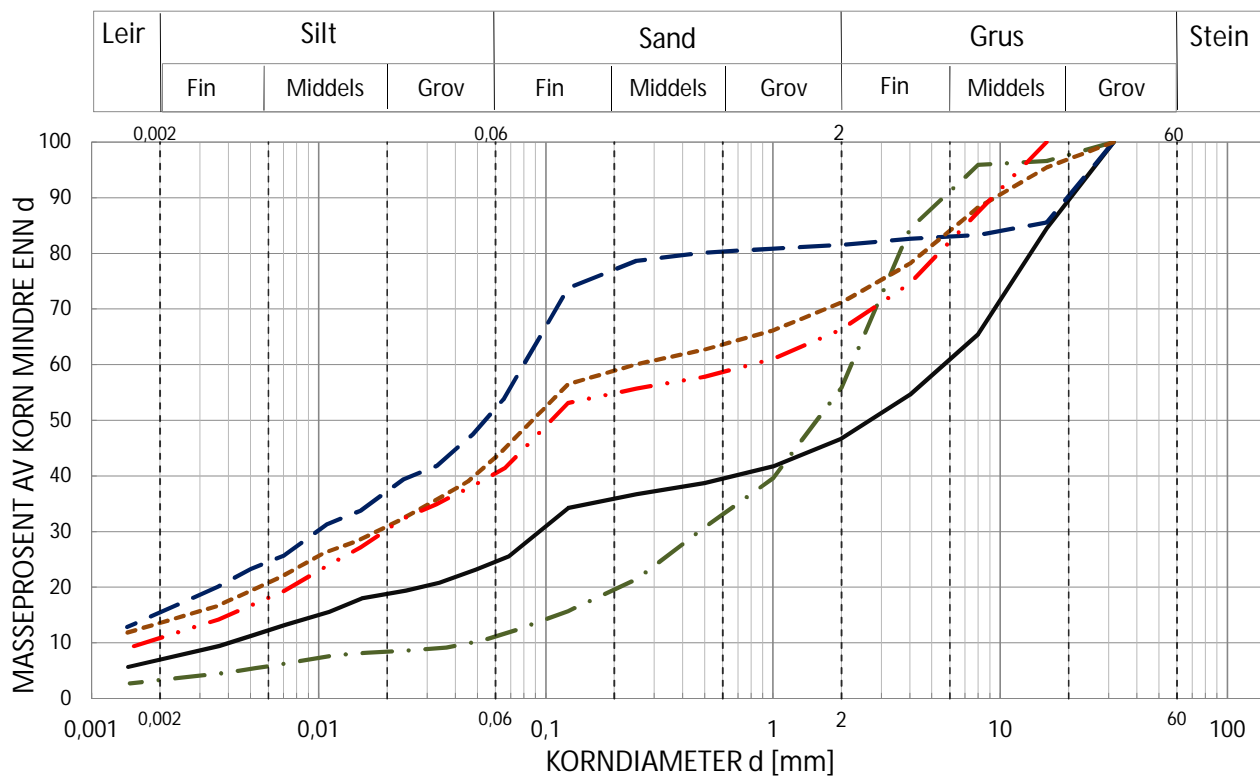
Tegn./kontr.
EHU/MBP

Dato
15.10.2018

Oppdrag
1350029372

Bilag
4

Tegn. Nr.



Symbol					
Prøve	A	B	C	D	E
Borhull	7	8	8	9	9
Dybde	?	0,5m	1,5m	1,8m	0,9m
labnr	13	14	15	16	17
Beskrivelse	Materiale grusig, sandig, siltig, leirig	Leire, siltig, sandig	Materiale sandig, grusig	Materiale grusig, siltig, sandig, leirig	Materiale grusig, siltig, sandig, leirig
d ₁₀	0,004		0,047		0,002
d ₂₅	0,064	0,006	0,345	0,010	0,012
d ₅₀	2,831	0,055	1,640	0,093	0,109
d ₆₀	5,979	0,084	2,290	0,248	0,833
d ₇₅	11,995	0,157	3,340	3,093	4,110
C _u	1474,4	24,5	48,8	324,8	453,2
% < 0,02mm	18,7	37,0	8,4	30,8	30,1
% < 0,063mm	24,9	53,0	11,4	44,1	40,9
% < 0,2mm	35,7	76,7	19,1	58,6	54,6
Telegruppe	3	4	2	4	4

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



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

Version 2018-06-22

Skredsikring Sukkertoppen

KORNFORDDELINGSFORSØK

Revisjon

Tegn./kontr.
EHU/MBP

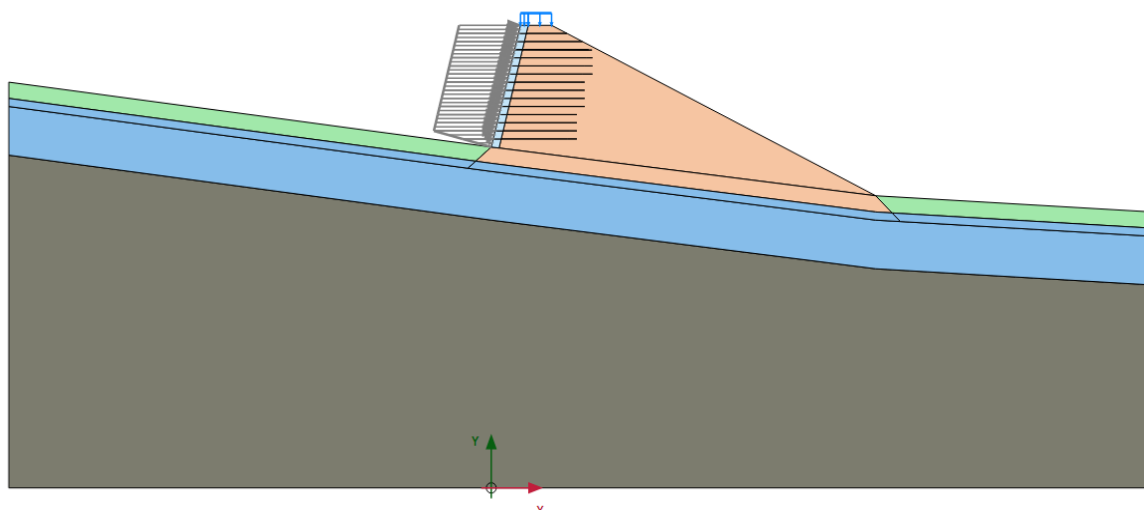
Dato
15.10.2018

Oppdrag
1350029372

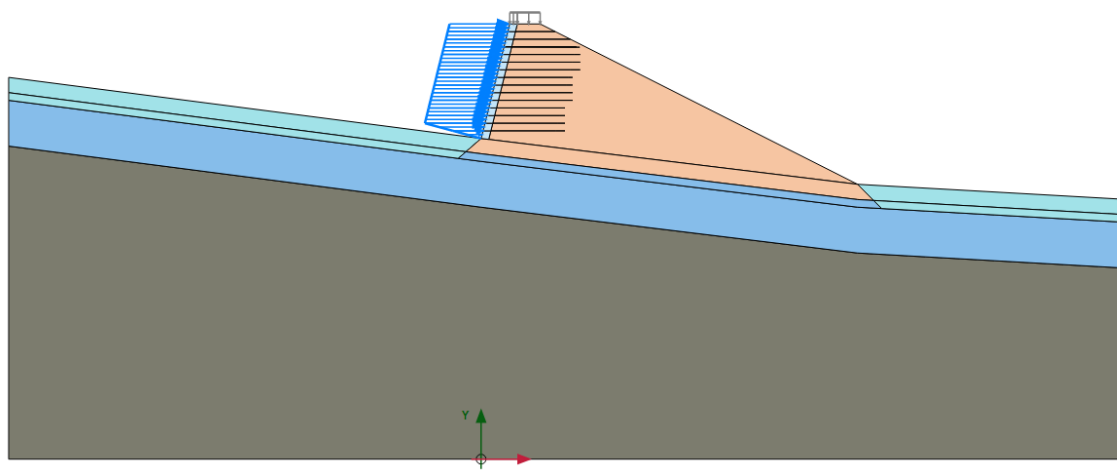
Bilag
4

Tegn. Nr.

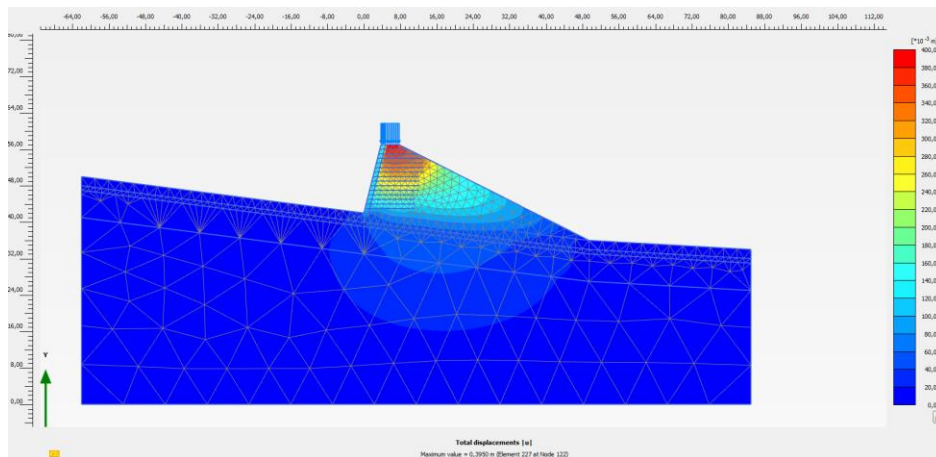
VEDLEGG 3 PLAXISBEREGNINGER



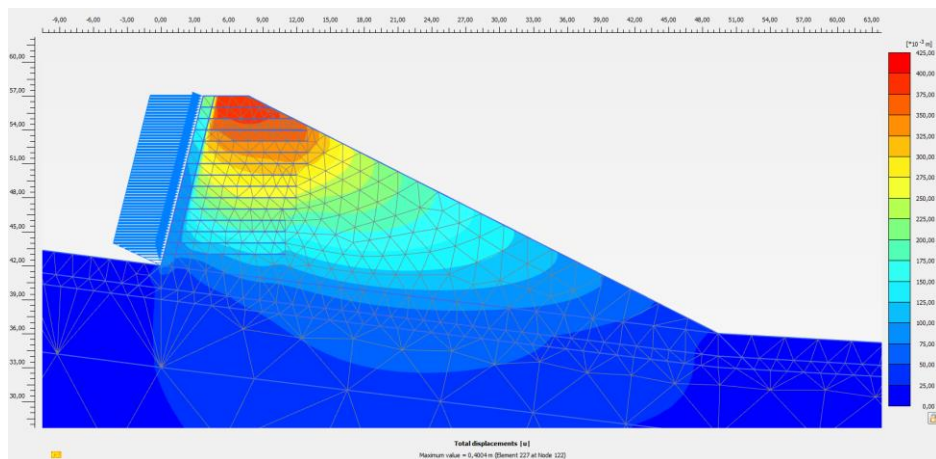
Figur 1 Beregningsmodell for situasjon med tint aktivt lag og fylling



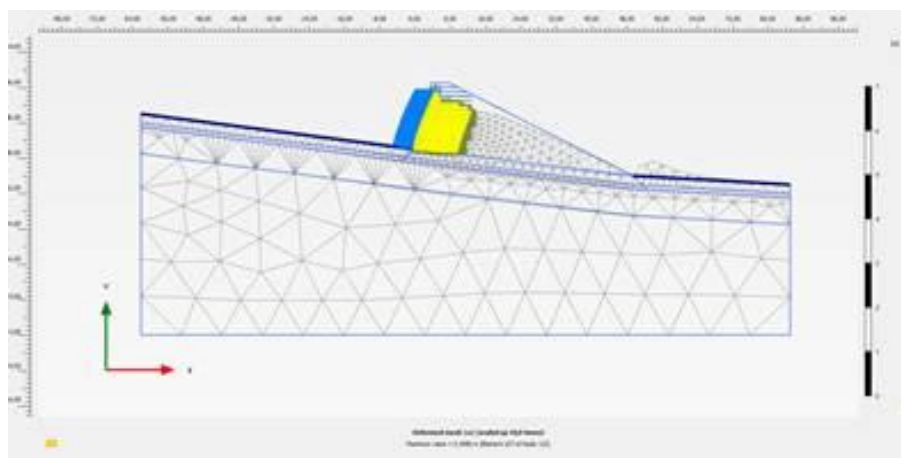
Figur 2 Beregningsmodell for situasjon med frosset aktivt lag og snøskred



Figur 3 Deformasjoner for situasjon med tint aktivt lag og fylling



Figur 4 Deformasjoner for situasjon med frosset aktivt lag og snøskred



Figur 5 Forskyvninger for situasjon med ikke tilfredsstillende drenering nedstrøms fylling