
RAPPORT

Skredfarekartlegging Svalbard

OPPDRAKSGIVER

Longyearbyen Lokalstyre

EMNE

Kartlegging av skredfare i hytteområder på
Svalbard

DATO / REVISJON: 5. mai 2017

DOKUMENTKODE: 713525-RIGberg-RAP-001



Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Fotografier på framsiden viser rester av hytte i Bjørndalen. Skråning på vei inn i Bjørndalen. Skredvifter i Todalen og hytte i skredutsatt område på Vindodden.

RAPPORT

OPPDRAG	Skredfarekartlegging for Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske	DOKUMENTKODE	713525-RIGberg-RAP-001
EMNE	Kartlegging av skredfare i hytteområder på Svalbard	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Longyearbyen lokalstyre	OPPDRAGSLEDER	Maria Hannus
KONTAKTPERSON	Kjersti Olsen Ingerø	UTARBEIDET AV	Maria Hannus/Mariia Pihlainen/Jan Otto Larsen
KOORDINATER	SONE: 33N ØST: 519200 NORD: 8682345	ANSVARLIG ENHET	4014 Tromsø Bergteknikk

SAMMENDRAG

Multiconsult har utført detaljert skredfarekartlegging i bratt terreng for utvalgte områder på Spitsbergen/ Svalbard. På oppdrag for Longyearbyen lokalstyre og Store Norske Spitsbergen Kullkompani AS (SNSK) har Multiconsult gjennomført skredfarekartlegging av eksisterende hytteområder rundt Longyearbyen. Områdene listet nedenfor er detaljert kartlagt og vurdert i henhold til TEK10 og NVEs kravspesifikasjon for offentlige oppdrag. Det er utarbeidet faresonekart med årlig nominell sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 for de ulike områdene. Alle aktuelle skredtyper i bratt terreng (snø-, sørpe-, stein-, jord- og flomskred) er vurdert.

Følgende områder er kartlagt på oppdrag for Longyearbyen lokalstyre og Store Norske

- Bjørndalen
- Revneset-Hjorthamn
- Todalen
- Bolterdalen-Foxdalen
- Vindodden

Flere av områdene med eksisterende hytter er vurdert å ligge innenfor faresonegrensene for skred i henhold til TEK 10, med årlig nominell sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000.

Faresonekartene kan brukes som grunnlag i forbindelse med arealplanlegging og ved godkjenning av reguleringsplaner og byggesøknader. Kartene kan også fungere som retningslinje for å vurdere om områder bør prioriteres med tanke på eventuelle forebyggende skredsikringstiltak eller flytting av hytter som ligger skredutsatt.

Faresonekartene kan også benyttes som et verktøy i beredskapsplaner mht. skredfare.

00	05.05.2017	Skredfarekartlegging, hytteområder på Svalbard	Maria Hannus, Mariia Pihlainen	Sverre Barlindhaug og Jan Otto Larsen	Kurt Roger Fredriksen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

ABSTRACT

Multiconsult has performed a detailed hazard mapping of the main cabin areas prone to slides and avalanches on Svalbard. The project is organized by the local city administration, «Longyearbyen Lokalstyre» and the mining company «Store Norske Spitsbergen Kullkompani», with the goal to make zoning plans for areas with cabins. Areas listed below have been mapped in relation to Norwegian Building Act § 25 and Norwegian technical guidelines described in «Teknisk forskrift» TEK 10. The work complies with the Norwegian Water Researches and Energy Directorate NVE's requirements for public consulting work. The zoning plans have specific borders for frequencies of natural hazards related to the requirements, where a yearly probability of 10^{-2} , 10^{-3} and $2 \cdot 10^{-4}$ are demanded. All types of natural hazards as avalanches, slush flows, rock slides, debris flows and slides in soils are included in the study.

Areas mapped for «Longyearbyen lokalstyre» and «Store Norske Spitsbergen Kullkompani» are listed below:

- Bjørndalen
- Revneset-Hjorthamn
- Vindodden
- Todalen
- Bolterdalen-Foxdalen

Parts of the cabin areas have been found to be exposed for slides or avalanches with a yearly probability of 1/100, 1/1000 and 1/5000.

The zoning maps can be used in future planning of settlements and in approval of «reguleringsplaner» and in decision of applications for new building projects. The maps can also be used in priority plans for mitigation measures and protection plans.

Added the zoning plans can be a tool when planning for warning against natural hazards.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	7
1.1	Formål med kartleggingen, bruk av kartene og detaljnivå	8
2	Generell oversikt over kartleggingsområdene	9
2.1	Topografi.....	9
2.2	Geologiske forhold.....	9
2.3	Klima	11
2.3.1	Permafrost	15
2.4	Klimaendringer på Svalbard.....	16
2.5	Skredaktivitet.....	18
3	Skredtyper	20
3.1	Beskrivelse av skredtyper i bratt terreng	20
3.2	Aktuelle skredtyper innenfor kartleggingsområdene	22
4	Tidligere vurderinger/kartlegginger som delvis er benyttet i vurderingen	25
5	Metodikk for fastsettelse av faresoner	25
5.1	Terrengmodeller	25
5.2	Ortofoto, flybilder og fotografier	26
5.3	Topografi, geologi og terrengforhold.....	26
5.4	Klimaforhold	26
5.5	Skredhistorikk	26
5.6	Feltarbeid/registreringskart.....	27
5.7	Modeller for beregning av utløpslengder	28
5.7.1	RocFall 5.0.....	28
5.7.2	RAMMS	28
5.7.3	α / β - modellen	29
5.8	Fastsettelse av faresoner	29
6	Bjørndalen	31
6.1	Topografi og grunnforhold.....	31
6.2	Skredhendelser	34
6.3	Vurdering av skredfare	37
6.4	Modelleringsarbeid.....	40
6.5	Faresoner	44
7	Revneset-Hjorthamn.....	45
7.1	Topografi og grunnforhold.....	45
7.2	Skredhendelser	48
7.3	Vurdering av skredfare	50
7.4	Modelleringsarbeid.....	53
7.5	Faresoner	56
8	Todalen	58
8.1	Topografi og grunnforhold.....	58
8.2	Skredhendelser	59
8.3	Vurdering av skredfare	61
8.4	Modelleringsarbeid.....	67
8.5	Faresoner	69
9	Bolterdalen-Foxdalen	70
9.1	Topografi og grunnforhold.....	70
9.2	Skredhendelser	70
9.3	Vurdering av skredfare	73
9.4	Modelleringsarbeid.....	77
9.5	Faresoner	78
10	Vindodden	80
10.1	Topografi og grunnforhold.....	81
10.2	Skredhendelser	82
10.3	Vurdering av skredfare	85
10.4	Modelleringsarbeid.....	88
10.5	Faresoner	91
11	Referanser	92

Vedlegg

Vedlegg A	Faresonekart
Vedlegg B	Helningskart/Registreringskart
Vedlegg C	Beskrivelse av registreringspunkt
Vedlegg D	Modelleringskart

1 Innledning

På oppdrag for Longyearbyen lokalstyre og Store Norske Spitsbergen Kullkompani AS (SNSK) har Multiconsult gjennomført skredfarekartlegging av utvalgte hytteområder i nærheten av Longyearbyen på Svalbard. Områdene er kartlagt og vurdert i henhold til TEK 10 og NVEs kravspesifikasjon for offentlige oppdrag. Med bakgrunn i kartleggingen er det utarbeidet skredfaresonekart for de aktuelle områdene for skredfare fra bratt terreng, med årlig nominell sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 i henhold til TEK 10.

Følgende områder er kartlagt for Longyearbyen lokalstyre og SNSK: Bjørndalen, Revneset-Hjorthamn, Todalen, Bolterdalen-Foxdalen og Vindodden. Se Figur 1.

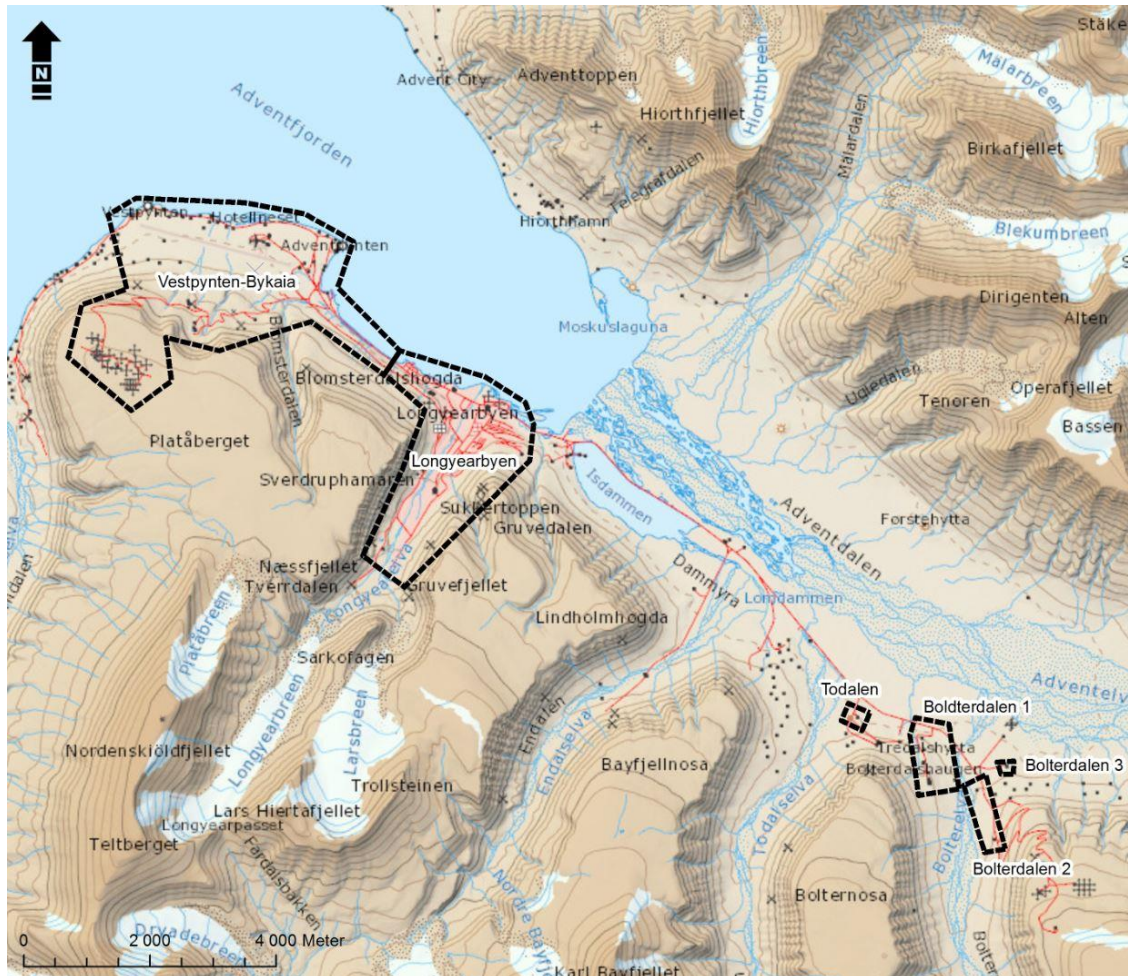
Områdene Vestpynten-Bykaia, Longyearbyen, et mindre område ved inngangen til Todalen og tre mindre områder ved Bolterdalen-Foxdalen, ble i 2016 kartlagt på oppdrag for NVE og er presentert i rapport 713416-RIGberg-RAP-001, 2016 også omtalt som NVE Rapport 91, 2016. Se Figur 2.

Feltkartleggingen ble foretatt i flere omganger i perioden juli-september 2016. Befaringer ble gjennomført til fots, med bil, fra båt og med helikopter. Det har ved alle befaringsene vært god sikt og klart vær.

Befaringene er utført av Maria Hannus og Mariia Pihlainen fra Multiconsult.



Figur 1: Kartlagte områder for Longyearbyen lokalstyre og Store Norske avmerket med stiplede linje.



Figur 2. Områder avmerket med svart er kartlagt for NVE og presentert i NVE Rapport 91, 2016.

1.1 Formål med kartleggingen, bruk av kartene og detaljnivå

I forbindelse med NVEs skredfarekartlegging i 2016, ble det bestemt at også hytteområder på Svalbard skulle kartlegges for skredfare fra bratt terreng. Lokalstyret og Store Norske inngikk da en avtale med Multiconsult om denne kartleggingen. Kartleggingen utføres i samme detaljeringsgrad som kartleggingen til NVE, leveringen blir i en egen leveranse med litt annen utforming og vedlegg. Hovedleveransen er faresonekart som viser de ulike skredfaresonene i henhold til TEK 10 for de ulike hytteområdene som er vurdert.

Faresonekartene kan brukes som grunnlag for utarbeidelse av arealplaner og ved godkjenning av reguleringsplaner og byggesøknader.

Kartene kan også fungere som et verktøy for å belyse områder med bebyggelse som er skredutsatt og som bør prioriteres med tanke på eventuelle forebyggende skredsikringstiltak eller flytting av hyttene til sikkert område. Faregrensene kan også benyttes til risikoreduserende tiltak som anbefalinger til brukstider for enkelte hytter, dersom de ligger utsatt til for sesongbasert skredfare.

De digitale kartene og vurderingene er utført med en nøyaktighet ned til skala 1:5000 eller bedre. De utskriftsvennlige versjonene er visualisert i en større skala for å gjøre framstillingen mer leservennlig.

Grunnlaget for vurderingene av skredfare og fastsettelse av faresonene for alle typer skred i bratt terreng bygger på kartlegging på stedet og tilgjengelige opplysninger som:

- Geologiske forhold.
- Terreng- og klimaforhold.
- Norsk Polarinstitutt's berggrunnskart og Geoscience Atlas of Svalbard.
- Kart over Bjørndalen-Vestpynten og georefererte bilder (geoTiff format) fra NGU vedrørende pågående kartlegging av løsmasser/landskapsformer for Todalen, Foxdalen og Vindodden.
- Terrengmodeller tilsendt fra NVE.
- Informasjon om tidligere skredhendelse, i hovedsak innhentet fra databasen Cryoslope, annen litteratur/rapporter, lokalbefolkning og varsom.no.
- Feltbefaring utført i flere omganger både til fots, med båt, bil og helikopter.
- Ortofoto og flybilder.
- Fotografier er brukt for å vurdere årstidsvariasjoner, akkumuleringsområder og avsetninger. Historiske foto er også benyttet.
- Programvare for å beregne og simulere teoretisk utbredelse, strømming og rekkevidde av potensielle skred og steinsprang. Simuleringer har blitt kalibrert med dokumenterte skredhendelser i området.

2 Generell oversikt over kartleggingsområdene

2.1 Topografi

Topografien i de aktuelle områdene består i stor grad av platåfjell med steile fjellsider. Det er videre typiske U-formede daler og tydelige elvedeltaer og skredvifter. Skråningene strekker seg fra havnivå opp til om lag 500 m.o.h. i de fleste områdene. De høyeste toppene i området når dog om lag 1000 m.o.h.

De vurderte skråningene er generelt brattest øverst ($\geq 35^\circ$), middels bratte lenger ned (10° - 35°) og flater ut nederst.

2.2 Geologiske forhold

Siste istid sluttet for om lag 10 000 år siden på Svalbard. I perioden etterpå har området opplevd både varmere og kaldere perioder. Under den lille istiden omkring år 1850, rykket breene kraftig fram og det antas at de har hatt sin maksimale størrelse på Svalbard i denne tidsperioden (Ref. Piepjohn K., m.fl., 2012).

Bergmassen i området er generelt mekanisk svak, forvitrer lett og er sterkt preget av nedbrytende erosjonsprosesser. Skråningene og terrenget bærer tydelig preg av omfattende forvitningsprosesser. Om lag alle skråninger med helning under 35° i de aktuelle områdene består av urer av forvitningsmateriale (Ref. Dallman W.K. m.fl., 2015).

I bergskråninger er det vanlig at erosjonsprosesser har dannet kløfter. I randsonen av platåene dannes bergpinakler og mellom disse forsenkninger. Forsenkningene fungerer som dreneringsveger og skredløp, som bidrar til å konsentrere erosjonsprosessene.

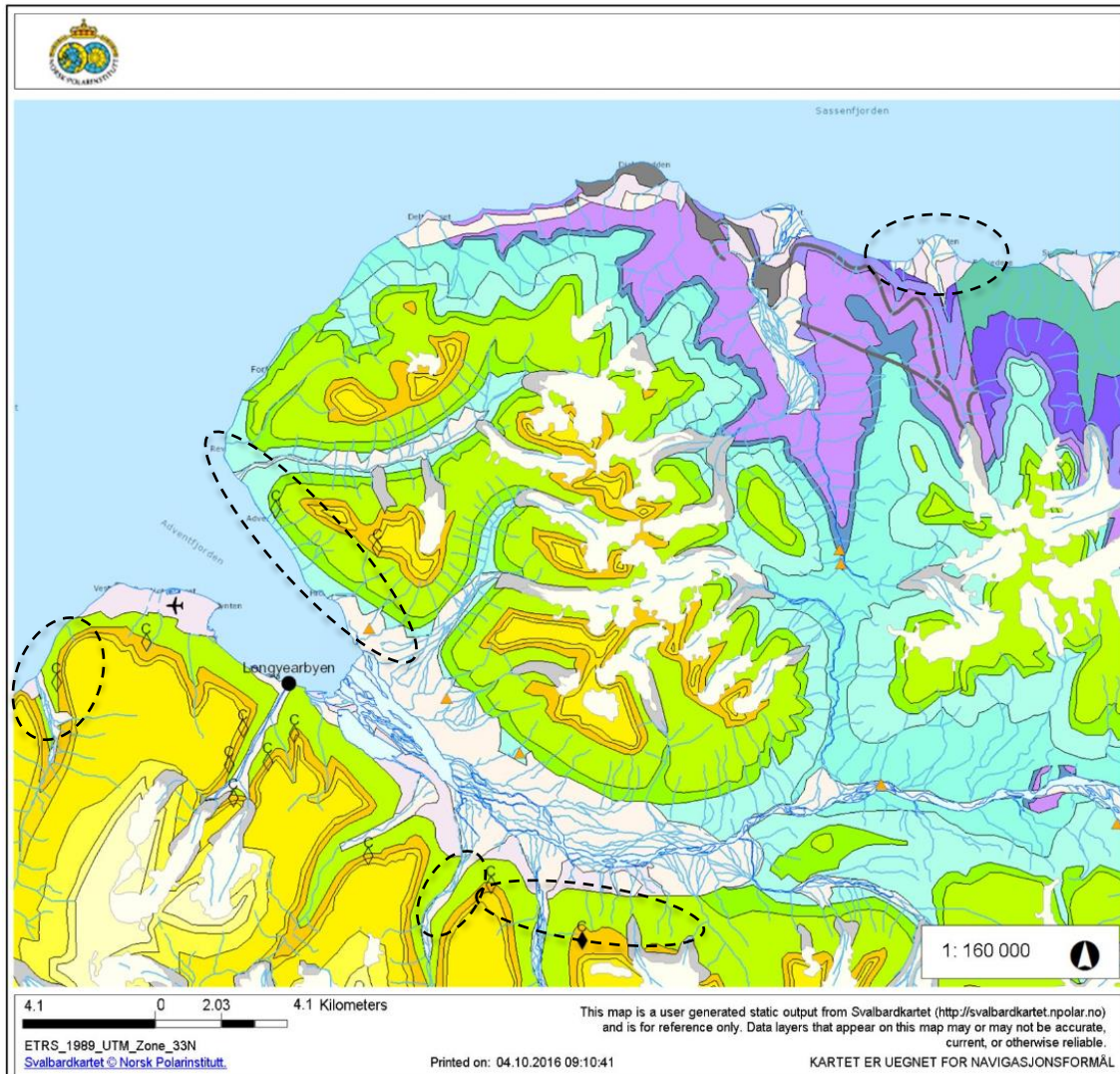
Terrenget bærer også preg av flere andre geomorfologiske prosesser, som gir landskapsformer som er typisk for periglasielle områder. Solifluksjonsvalker er et resultat av kontinuerlige prosesser i tinstabile morenemasser som kan utvikle seg til skred.

Berggrunnen i de vurderte områdene er svært lik. De sentrale områdene rundt Longyearbyen består av sedimentære bergarter og inneholder skiftende lag med sandsteiner og leirstein fra Jura/Kritt perioden (210 mill. år) og fra Tertiær perioden (65 mill.år). Området Vindodden består av eldre

sandsteiner fra Perm (300 mill. år) og yngre. De sedimentære lagene er nær flatliggende eller svakt hellende, se Figur 3.

Marin grense på Svalbard varierer noe fra øst mot vest. I området nær Longyearbyen er det marine avsetninger opp til om lag kote 60-70 (Ref. Rubensdotter, 2015).

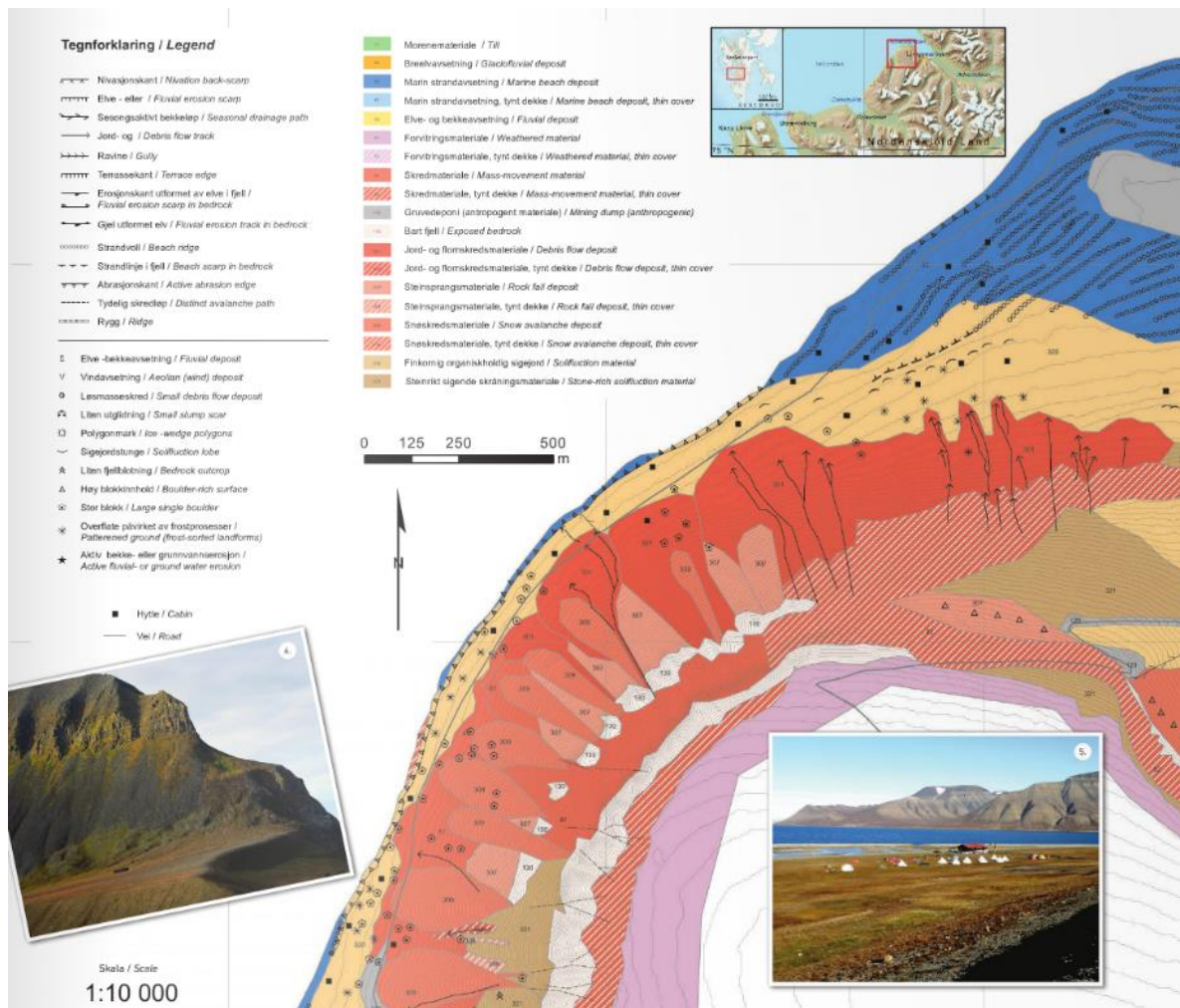
Alle områder har permafrost.



Figur 3. Berggrunnskart. Kartet viser tilnærmet horisontal lagdeling med sedimentære avsetninger fra Jura- og Kritt som ligger under Tertiære lag. De aktuelle kartleggingsområdene er omtrentlig avmerket. Modifisert fra <http://svalbardkartet.npolar.no> sept. 2016.

NGU utarbeider geologiske kart som viser landskapsformer og løsmasser i enkelte områder på Svalbard. Fram til nå er det produsert kart for Bjørndalen-Vestpynten i skala 1:10 000 og for Todalen og øvre Gangdalen og Bødalen i skala 1:25 000. Foreløpige kart (GeoTiff format) over ytre Todalen, Bolterdalen-Foxdalen og Vindodden har også vært tilgjengelig. Kartene er detaljerte og viser bl.a. avsetningstyper og løsmasser, se Figur 4 og beskrivelse under hvert område.

Løsmassene i de fleste kartleggingsområdene er preget av stedlig forvitningsmateriale som er dannet ved fysisk/kjemisk nedbryting av berggrunnen. Det er også fluviale-, glasifluviale- samt morene avsetninger i områdene. Disse er stort sett konsentrert i dalene. I all hovedsak er skråningene dekket av masser fra ulike skredprosesser.



Figur 4. Kartutsnitt fra geologisk kart over Bjørndalen-Vestpynten, (ref. Rubensdotter mfl., 2015)

2.3 Klima

For å beskrive området klimatiske trekk er det brukt meteorologiske data innsamlet fra 1912 og frem til i dag. Værstasjon ble opprettet i 1964 og ligger nå ved Longyearbyen flyplass (28 m.o.h). I dag måles nedbør, temperatur, snø og vind ved stasjonen. Stasjonen er plassert på østsiden av flyplassen og ligger i et åpent område. Flyplassen er øst-vest vendt og området er sterkt påvirket av vind.

Universitetssenteret på Svalbard (UNIS) har værstasjon i Adventdalen. Der måles temperatur og vind. I 2001 etablerte UNIS også værstasjon på Gruvefjellet, som ligger rett ovenfor vegen mellom skolen-Nybyen. Denne stasjonen ble benyttet i forskningsprosjekt «Cryoslope». Vinddata fra denne stasjon er benyttet for å tolke de varierte vindforholdene i området, da den ikke er påvirket av topografi. Resultatene fra Cryoslope målingene fra Gruvefjellet viser at vinden som regel kommer fra sør, men med sterkest og lengst varig vind fra sørøst. Dette fører til at skavler bygges opp på de vestvendte fjelltoppene (Eckerstorfer m.fl., 2009).

Værdata fra stasjonen i Adventdalen og Gruvefjellet kan også benyttes for hytteområdene som ligger nær Longyearbyen. Likevel må det tas hensyn til at store, lokale forskjeller kan forekomme. Eksempelvis finnes det ikke noen værstasjon nært Vindodden, som er lokalisert ca. 25 km nordøst for Longyearbyen.

Vær og vind på Spitsbergen påvirkes av Atlanterhavsstrømmen som går nordover langs vestkysten (Serreze m.fl., 2015). Klimaet kan klassifiseres som tundraklima der høyeste gjennomsnittstemperatur på sommeren er $<6^{\circ}\text{C}$, se Figur 5. Longyearbyen er generelt sterkt preget av vind fra sørøst, men det er variasjon i de ulike områdene på grunn av topografi, is og åpent hav, se Figur 7 (ref. eklima.no, 2016).

Områdets unike snøklimate kan beskrives som «High Arctic maritime snow climate» basert på en kombinasjon av metrologiske forhold og stratigrafi av snølag (ref. Eckerstorfer & Christiansen, 2011).

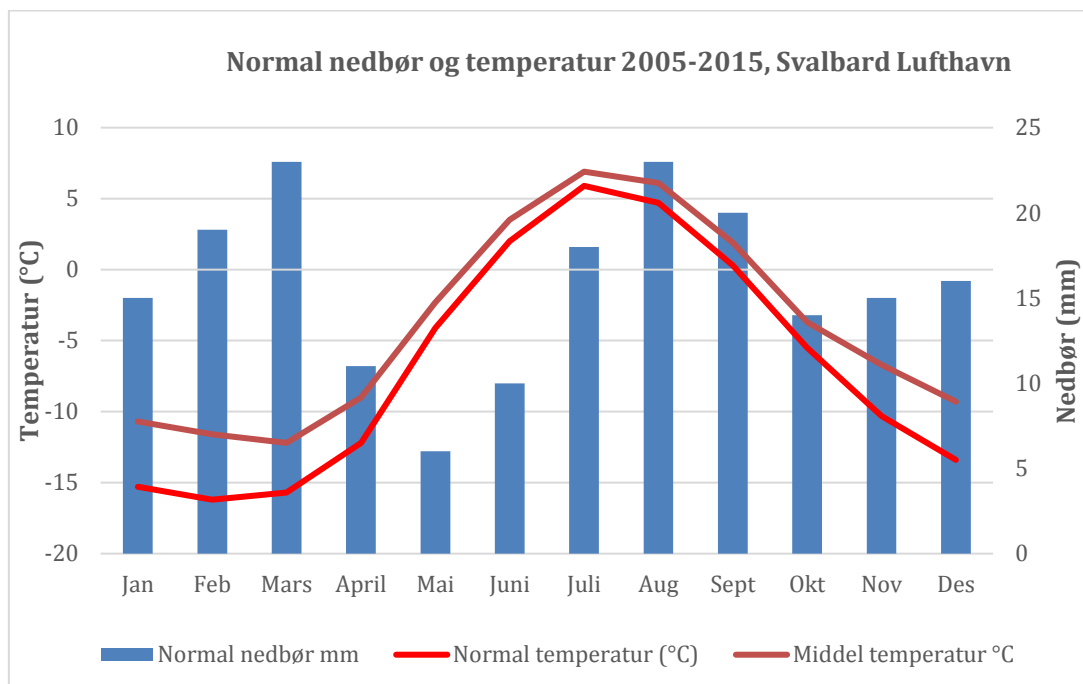
Ved Longyearbyen flyplass måles det små mengder nedbør, om lag 200 mm/i vannekvivalent per år, noe som er 2-3 ganger mindre enn ved andre værstasjoner i Spitsbergen (ref. Førland m.fl., 2011). Dersom man ser mer spesifikt på enkelte år, for eksempel 2010-2015, er det store variasjoner på nedbør og temperaturer ved Longyearbyen. Det kan også komme mye nedbør på kort tid, f.eks. som snø i desember 2015 (47,7mm) og som regn 8. november 2016 (41,7 mm) (Ref. eklima.no, 2016 og yr.no 2016).

De beregnede ekstremverdiene for nedbør viser mengden nedbør som kan forventes med ulike gjentaksintervall, se Figur 6. Målt mengde nedbør kan imidlertid være systematisk underestimert, da hovedmengden av nedbør kommer som snø under sterk vindpåvirkning. Dermed er reel snømengde vanskelig å få målt (ref. Eckerstorfer, m.fl., 2009). Dette gjelder også værstasjonen ved flyplassen, der det kan være stor under-catch på grunn av mye vind.

Dominerende vindretning på Svalbard er sør/sørøst. Også i vintermånedene er dominerende vindretning fra øst/sørøst, som dermed er den viktigste vindretningen for snøtransport, se Figur 7, Figur 8 og Figur 9. Det kan imidlertid ikke utelukkes at det kan komme nedbør som snø med andre vindretninger. Dette vil i tilfelle kunne gjøre at snøskredfaren øker i skrånninger der det normalt ikke er høy skredfare. Med endrede isforhold i havet vil også nedbørsførende vindretninger fra sør-sørvest kunne bli mer dominerende da havet i vest vil ha økt innflytelse.

Det ser ut som vind fra SV-V er dominerende nedbørsførende vindretning under nedbørsforhold med regn, som nå er blitt vanligere vinterstid. Økende frekvens av regn vil kunne føre til endrede skredforhold i skrånninger, der det ikke tidligere ikke har vært observert skred vil disse ved endrede forhold kunne bli skredutsat.

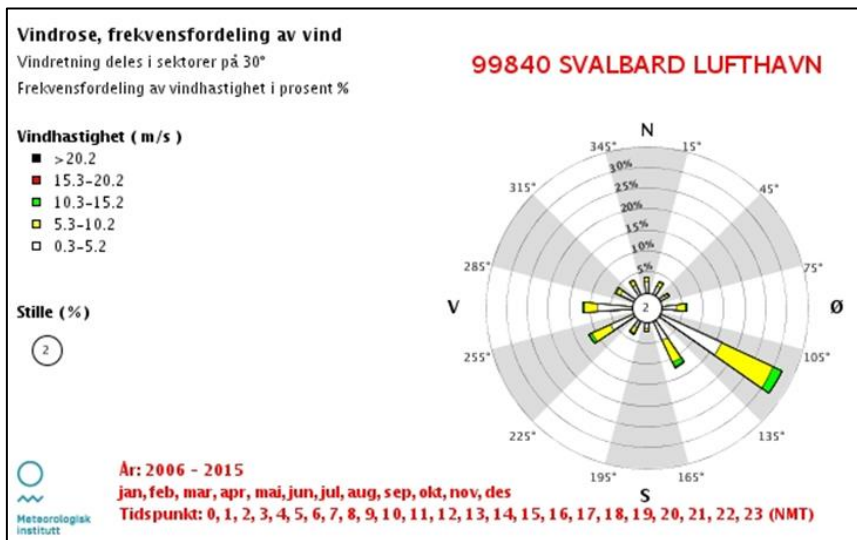
Generelt ville flere, lokale værstasjoner med digital tilkobling på Svalbard kunne gi økt kompetanse i forbindelse med lokale værforhold, skredfarekartlegging og varsling. Dette er spesielt viktig i disse tider, ettersom været på Svalbard er i endring.



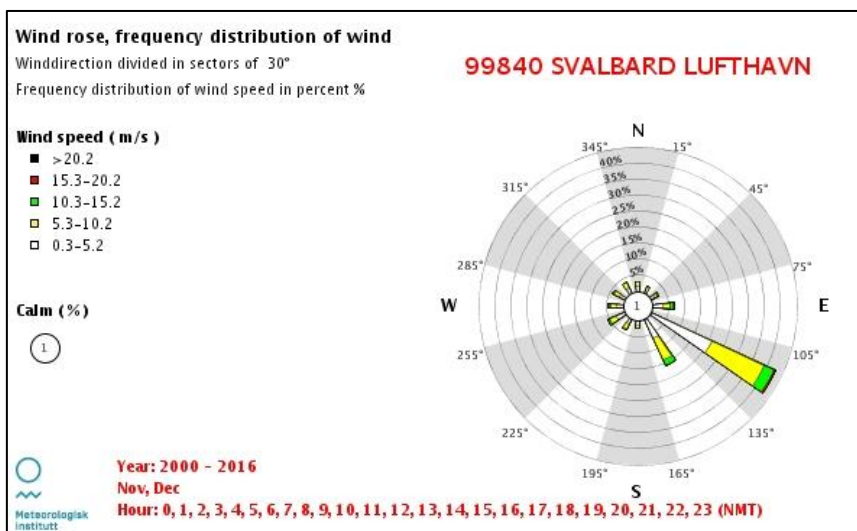
Figur 5: Månedsnormaler for nedbør og temp. ved Svalbard Lufthavn (www.eklima.no, 2016)

Returperiode	Sesong	Nedbørsperiode			
		1 døgn		3 døgn	
		Gumbel	NERC	Gumbel	NERC
100 år	År	35	36	53	53
	Vinter	28	25	44	40
	Vår	21	19	32	29
	Sommer	30	27	41	38
	Høst	23	23	35	35
1000 år	År	46	60	72	85
	Vinter	39	42	62	65
	Vår	29	32	44	49
	Sommer	42	45	57	62
	Høst	32	39	47	57

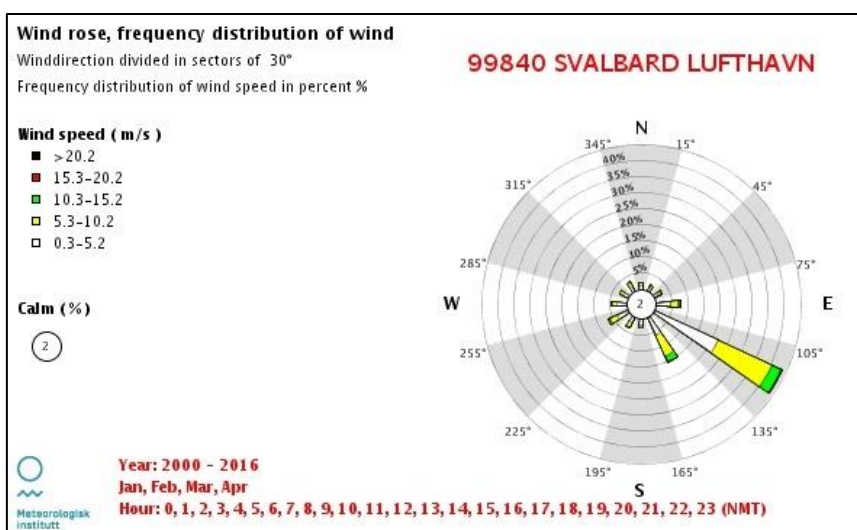
Figur 6: Ekstremnedbør for sesonger, verdier i mm – returperiode 1-døgns og 3-døgnsnedbør for Svalbard Lufthavn for hele stasjonens driftsperiode (1964-2015). Data er hentet fra www.eklima.no, 2016.



Figur 7: Frekvensfordeling av vind gjennom hele året for de siste ti år (www.eklima.no, 2016)



Figur 8: Hovedvindretning i november og desember, målt over en periode på 16 år (www.eklima.no, 2016).



Figur 9: Hovedvindretning i januar til april, målt over en periode på 16 år (www.eklima.no, 2016).

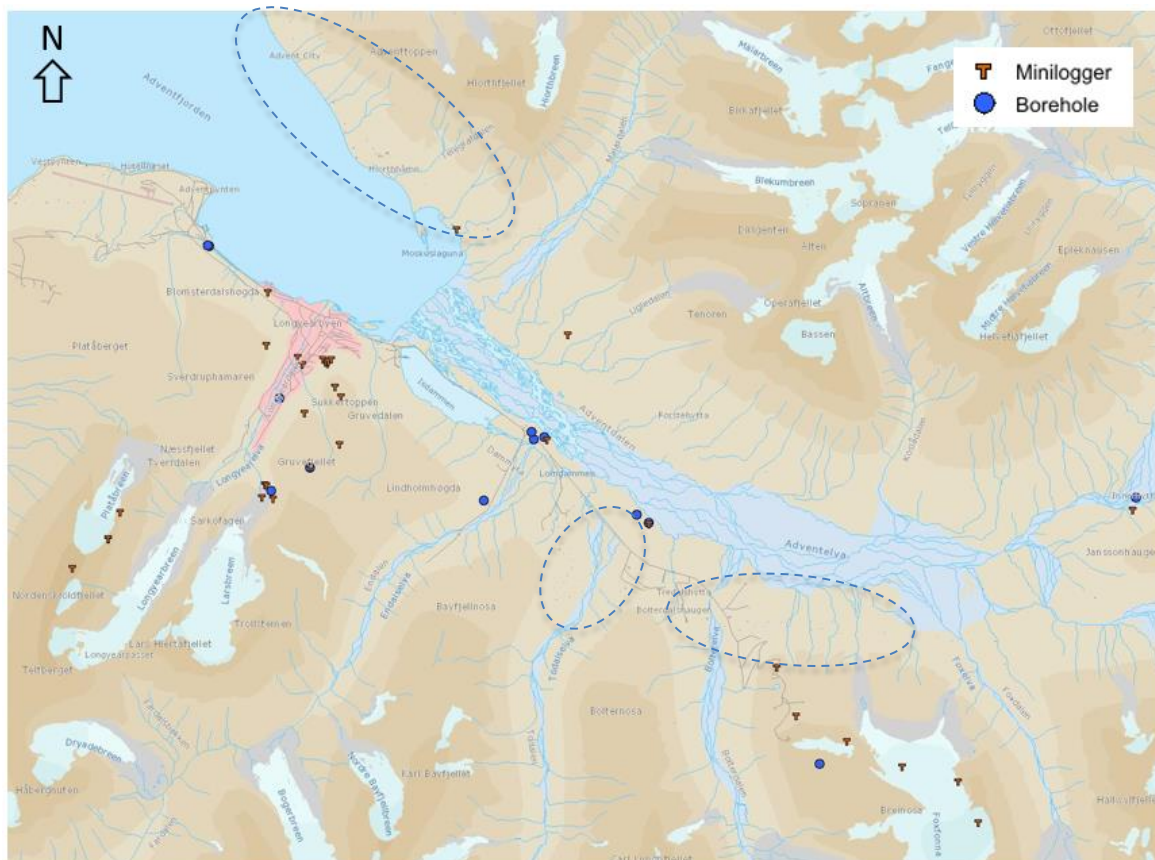
2.3.1 Permafrost

Det er permafrost i området, som betyr at bakken under det laget som tiner om sommeren, holder en temperatur på mindre enn null grader (0°C). Permafrost forekommer i fast berg og i løsmasser. Det laget som tiner om sommeren, omtales som det aktive laget. Tykkelsen på det aktive laget kan variere, og på Svalbard regnes det å variere fra 0,5 m til 3,0 m. Laget er tynnere i ikke-konsoliderte sedimenter og dypest i fast berg (ref. Dallman W.K., 2015). Multiconsults undersøkelser ved Frøhvelvet ved Longyearbyen i 2016, indikerte et aktivt lag på om lag 3,0 m mektighet.

Permafrostens temperatur måles i borehull i forskjellige landskapsformer i området rundt Longyearbyen. Data fra disse målingene er tilgjengelig i NORPERM, den norske permafrost database, http://geo.ngu.no/kart/permafrost_svalbard, hos Norges Geologisk Undersøkelse NGU, se Figur 10.

Målinger viser at permafrosten på Svalbard for tiden blir varmere, som respons på generelle lufttemperaturøkninger. I målinger utført av UNIS over 15 år, blir det aktive laget gradvis dypere. Økning i temperatur og dybden i det aktive laget fører til økende temperatur i permafrosten (Isaksen K. 2016). Det aktive lagets dybde og permafrostens temperatur vil bli påvirket av lokale forhold som løsmasstype, vanninnhold, vegetasjon og snøvarighet og -tykkelse. Sesongvariasjoner, som bl.a. mengde snø akkumulert på bakken og når på året snøen legger seg, vil også ha påvirkning. Mindre kompakte løsmasser har også en tendens til å transportere varm luft og «varmt» smeltevann dypere ned i terrenget og øke det aktive lagets dybde.

Temperaturøkning vil gi et dypere aktivt lag med mulighet for økt fare for løsmasseskred.



Figur 10: Oversikt over Adventdalen og punkter for måling av temperatur i bakken, utført i nærheten av enkelte kartleggingsområder. På figuren er noen av de aktuelle områdene omtrentlig avmerket. Modifisert ngu.no, 2016.

2.4 Klimaendringer på Svalbard

Forskning har vist at temperaturen på Svalbard har steget betydelig mer enn på fastlandet siden 1900-tallet. På Svalbard har gjennomsnittstemperaturen steget med 3° mot 1° på fastlandet. Temperaturen har steget mest om vinteren (ved Longyearbyen flyplass 3,5°). Sommertemperaturene har steget noe mindre. Dette er en trend som forventes å fortsette. (Ref. Førland m.fl. 2011 og Isaksen m.fl. 2016).

I samme tidsperiode har nedbørmengden økt med ca. 20-30 % (Vikhamar-Schuler m.fl. 2016). Denne økningen forventes å fortsette. Det forventes at det blir økt nedbør i form av regn, og at frekvensen av flommer i regnperioder vil øke. Bresmelting kan også øke flomføringen. Økt nedbør i form av snø vinterstid sammen med forventet økt stormaktivitet kan føre til økt skredaktivitet, se Bilde 1.

Det forventes mer ekstremvær bl.a. i form av kortvarige, intense hendelser med regn og mildvær om vinteren. De siste årene har det vært flere tilfeller med nedbørintensitet på over 10 % av års-nedbøren i løpet av 1-2 døgn. Faren for jordskred øker generelt med økende porevannstrykk i løsmassene som følge av økende vanninfiltrasjon. Mer enn 20 mm/døgn og 3 mm/time (ref. Larson 1982) medfører betydelig økt fare for jord- og flomskred. Regn vinterstid vil føre til isdannelse på bakken, og kan dessuten føre til islag og skarelag i snødekket. Det er funnet at tette islag og skarelag kan gi grunnlag for dannelse av svake lag i snødekket med begerkrystaller etter senere kuldeperioder. Se Bilde 2.

De årlige variasjonene på isforholdene rundt Svalbard påvirker klimaet på øya, bl.a. forventes det mindre sjøis (ref. Vikhamar-Schuler m.fl. 2016).

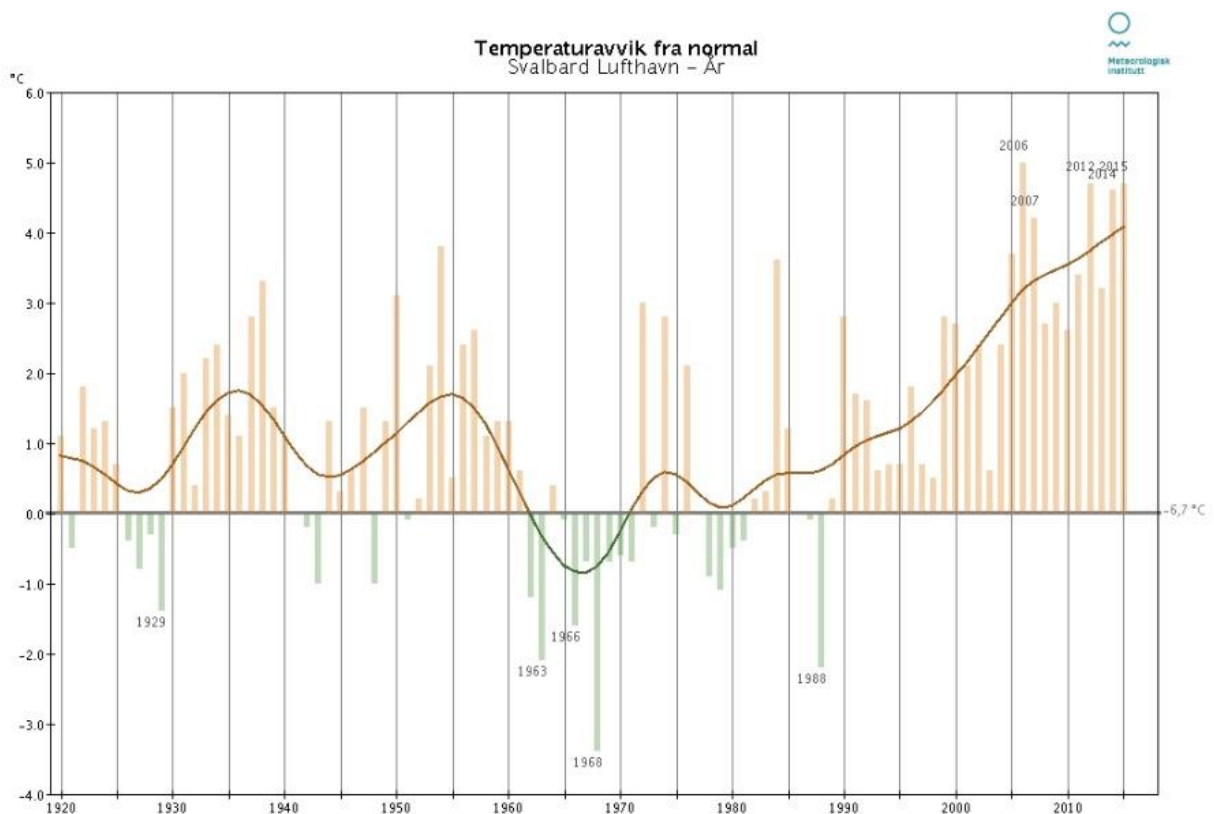
Figur 11 viser temperaturvariasjoner på Svalbard fra 1920 fram til i dag. Variasjonene har tidligere gått i om lag 10-års sykluser. (Ref. met.no, 2016)



Bilde 1: Viser deler av boligfeltet Lia som ble rammet av snøskred 19 desember 2015. Ref. Nordlys.no, 20. desember 2015.



Bilde 2: Fjellet Sukkertoppen med vind-skare dannet av vind. Ref. Svalbardposten.no, 26.04.2015



Figur 11: Graf som viser temperaturvariasjoner på Svalbard fra 1920 fram til i dag. Grafen viser at gjennomsnittstemperaturen på 2000-tallet er høyere enn tidligere. (ref. www.met.no, 2016).

Det er utarbeidet en helt fersk (april-mai 2017) rapport av SWIPA (Snow, Water, Ice and Permafrost in Arctic), som konkluderer at områder i Arktis endres raskere og på uventede måter. Informasjon om denne er å finne under www.amap.no/swipa. Material fra den rapporten er ikke inkludert i foreliggende rapport.

2.5 Skredaktivitet

Svalbard er et av de beste og mest tilgjengelige områdene i verden å studere spor etter tidligere skredaktivitet og aktive skredprosesser når det gjelder skredtyper i bratt terreng (stein-, snø-, sørpe-, jord- og flomskred). Omtrent alle skråninger viser prosesser som styres av skredaktivitet.

Det er vanskelig å si med sikkerhet hva som er den mest dominerende og mest frekvente skredtypen på Svalbard. Sørpeskred er en vanlig skredtype i Arktis, og også på Svalbard. Da disse skredene ofte eroderer ned i undergrunnen, frakter de med seg løst materiale som jord og stein. Dette fører til at skredavsetninger fra sørpeskred i utløpsområder kan forveksles med flomskred. Sørpeskred kan ha omfattende skadeomfang når de treffer infrastruktur som bebyggelse på grunn av høy densitet og lange utløp. Bilde 3 viser rester av en hytte tatt av sørpeskred i 2013.

Løsmasseskred som flom- og jordskred er også vanlige. Når løsmasser i skråninger blir vannmettede, kan det oppstå jordutglidninger og jordskred. Jord- og flomskred utløses som regel langs forsenkninger som leder vann. Se Bilde 4.

Flakskred og nedfall av skavler er dominerende tørrsnøtyper på Svalbard, se Bilde 5 og Bilde 6.

Generelt på Svalbard er det potensiell steinsprangfare i bergskråninger brattere enn 45°. De aktive frostforvitningsprosessene i området, kombinert med mekanisk svakt og sterkt oppsprukket berg, gjør at steinsprangfaren er meget stor i nærhet til eksponerte fjellskråninger.



Bilde 3: Til venstre i bildet restene av hytte som ble tatt av sørpeskred i 2013. Sett mot sør.



Bilde 4: Avsetning etter jord- flomskred sørvest for flyplassen ved Longyearbyen, sommer 2016.



Bilde 5: Restene av hytte i Bjørndalen som ble tatt av snøskred i 2015, Sett mot øst.



Bilde 6: Snøskred i Loneyardalen 2006. Foto J. Larsen.

3 Skredtyper

3.1 Beskrivelse av skredtyper i bratt terreng

Snøskred (tørre og våte snøskred) utløses vanligvis i terreng med mellom 30-50° helning. Vanlige naturlige utløsningsmekanismer er store nedbørsmengder, sterk vind eller plutselig temperaturvariasjoner. I områder der snøen blir sterkt påvirket av vind, både ved og etter akkumulering, kan det oppstå flakskred. Tørre løssnøskred utløses ofte i brattere helninger, og når snøen ikke er vindpåvirket. I områder der store snøskavler kan bygges opp, kan det også forekomme nedfall av skavler som kan utløse flakskred.

Våte snøskred kan starte som tørre snøskred høyt oppe i terrenget, og bli mer og mer våte når snøen blir fuktig på veg ned. Det har også forekommet at tørre snøskred har utviklet seg til sørpeskred i nedre del av skredbanen ved vannmettet snø i denne delen av banen.

Våte løssnøskred registreres ofte i bratte fjellskråninger om våren når solen har varmet opp snøen. Skred av denne typen løsner i overflaten av snødekke og stopper som regel i selve skråningen før den slakker ut. Denne snøskredtypen er som regel ikke dimensjonerende med tanke på utløpslengde.

Tørre snøskred av typen flakskred kan ha hastigheter opp mot 70 m/s og densitet på mellom 200 kg/m³ og 300 kg/m³. Skredene har utløpslengder som avhenger av skredvolumet, massenes fuktighetsforhold og underlaget det beveger seg på. Våte snøskred har oftest lavere hastighet og utløpslengder som er kortere. Densiteten i de våte skredene er imidlertid noe høyere på grunn av fuktigheten, og kan ofte ligge mellom 300 kg/m³ og 400 kg/m³.

På Svalbard kan snødekket generelt beskrives som kaldt og tynt, men det oppstår store variasjoner i snødybde avhengig av lokasjon (ref. Eckerstorfer, 2012). Eckerstorfer & Christiansen (2011) beskriver at snødekket i Longyearbyen ofte har flere svake lag. Vedvarende svak bunn med begerkrystaller dekket av vindpåvirket snø og islag, hvor dannelsen er sterkt påvirket av arktisk kystklima.

Sørpeskred er vannmettet snø som utløses naturlig ved at økt poretykk i snømassene reduserer stabiliteten og forårsaker brudd. Skredet løsner ofte i avrenningsområder som bekkedaler og forsenkninger der vann samles. Skredene kan starte i områder med helning mellom 5° og 25°. Ved liten helning kan hastigheten nærmest kalles kryp, men ved større helning, eller tiltagende helning nedover i terrenget, kan hastigheten øke betydelig. Hastigheten kan imidlertid ikke sammenliknes med tørre snøskred. Denne skredtypen forekommer også ved utløpet ved snødemte sjøer, ved skreddemte elver eller som følge av skredgenererte bølger (kan initieres av snøskred ned i et magasin) som fører store vannmengder mot et utløp som er helt eller delvis blokkert av fokksnø. Skredene kan også utløses i myrområder med vannmettet snø. Da er initialskredet gjerne i et bekkeløp som fører et mindre skred ut i myrområdet og påfører den vannmettede snøen på myra en ekstra belastning som gjør snødekket ustabil. Skredet beveger seg om en flyende masse av gjennomvåt snø (sørpe) som har vesentlig større densitet enn tørre snøskred. Sørpeskred følger oftest naturlige vannveger som bekkedaler, men kan bre seg ut over store områder nedstrøms utenfor utløpet av dalene som en viskøs masse. Skredhastigheten er oftest langt lavere enn ved tørre snøskred, men massene kan bevege seg mer tilfeldig i utløpsområdet, også perpendikulært på den naturlige bevegelsesretning i terrenget.

Skredtrykket fra sørpeskred kan bli relativt betydelig som følge av at skredene ofte fører jord og stein som eroderes i skredbanen, og kan gi en samlet densitet på godt over 1000 kg/m³. Selve snømassene har en densitet på mellom 700 kg/m³ og 800 kg/m³ avhengig av vanninnholdet.

Sørpeskred skjer oftest i perioder med kraftig regn og/eller intens snøsmelting ved brå temperaturøkninger. Rekkevidden av slike skred kan være stor også i relativt flatt terreng. På Svalbard er det sannsynlig at skred som starter som sørpeskred får en likhet med flomskred på grunn av massene som eroderes med i skredet.

«**Jord og flomskred** er raske utglidninger og bevegelse av vannmettede løsmasser i bratte skråninger som kan opptre utenfor definerte vannveger eller langs elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring».

«Utglidning er en langsom bevegelse av løsmasser langs et glideplan som kan være flatt eller skålformet, omtales ofte som grunne skred 0,5 m -2-3 m» ref. NVE faktaark 2013-01

Jordskred kan løsne i skråninger med løsmasser og helning større enn 25-30°, mens løsmasseskred med stort finstoffinnhold kan bli utløst i enda slakere terreng. Jordskred forekommer i bratte skråninger, utenfor definerte vannveger og oftest etter perioder med mye nedbør når poretrykket øker til et kritisk nivå med hensyn til skråningens stabilitet. Dette kan også skje ved hurtig snøsmelting eller når den øverste delen av jordlaget på en annen måte blir vannmettet. I områder hvor det er permafrost vil permafrosten vanligvis kunne fungere som en glideflate for jordlaget og skredene kan forekomme i relativt slakt terreng.

Flomskred er hurtige, flomlignende skred som opptrer langs bratte (25-45°) elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Flomskred starter vanligvis som jordskred i en skråning der poreovertrykk fører til ustabilitet, ofte etter langvarig regn eller intens snøsmelting i kombinasjon med nedbør i form av regn.

Massene som blir transportert kan komme fra erosjon av løsmasser langs og i elveløpet. Når skredet beveger seg nedover kan mer vann og sedimenter opptas og skredvolumet økes betraktelig. Massene avsettes i foten av skråningen som en vifte, men også som langsgående rygger/leveer på sidene av skredløpet. Dersom skredmassene har høyt vanninnhold og får påfyll av vannmettede løsmasser langs skredløpet, kan flomskred ha stor rekkevidde.

Flomskred kan også forekomme som følge av dambrudd i morene eller som følge av flomvassføring etter brudd i en bredemt sjø. Dette er et vanlig problem i høyfjellene som eksempelvis i Alpene, Kaukasus og Himalaya.

Steinsprang og **steinskred** brukes ofte om hverandre. Per definisjon består steinsprang av enkelte blokker av mindre volum (<100 m³). Steinskred består av større bergmasser (ca. 100-10 000 m³), der blokkene splittes nedover skråningen. Begge skredtypene forekommer i bratte, oppsprukne fjellpartier der terrenghelning er større enn 40-45°. Vanlige utløsningsmekanismer er fryse-tineprosesser eller høyt vanntrykk i sprekkene og erosjon av svakere bergarter i en struktur der det er veksling mellom harde og svake lag.

På grunn av mekanisk svakt berg og aktiv frostsprengning er ikke store **fjellskred** med steinmasser >10 000 m³ vurdert som aktuelt i dette arbeidet. Eventuelle partier av berg i denne størrelse, som kan være i bevegelse, blir omtalt under vurdering av steinskred og steinsprang.

3.2 Aktuelle skredtyper innenfor kartleggingsområdene

Kartleggingsområdene har ulik topografi, helning, orientering på skråningene og vindforhold. Det kan også være store variasjoner innenfor samme område. Dimensjonerende skredtype vil derfor variere fra område til område og kan variere internt i enkeltområdene.

Ved kartlegging av de forskjellige områdene er det registrert skredavsetninger fra i all hovedsak fire skredtyper. Dette er fra steinsprang, snøskred og jordskred/flomskred og sørpeskred. Se Figur 12.



Figur 12: Skredavsetninger på Svalbard. Ref. Landskapsformer og Løsmasser, Rubensdotter m.fl., 2015.

Det kan være utfordrende å skille mellom avsetninger fra sørpeskred og flomskred siden begge skredtypene inneholder mye vann. Ved tydelige flomskredavsetninger vil man dog ofte kunne se tydelige leveer, dvs. mindre rygger/avsetninger som bygges opp langs sidene av selve flombanen. Se Bilde 7.



Bilde 7: Sørpeskred på Haugen 1989 i Longyearbyen. Fra SNSK arkiv.

Aktuelle skredtyper i de vurderte områdene er:

Steinsprang/steinskred

Berggrunnen i kartleggingsområdene på Svalbard er dominert av mekaniske svake bergarter som sandstein og leirstein. Normalt er leirstein så svak at den over tid brytes ned når den blir eksponert for luft. Sandstein er noe sterkere og representerer ofte steile flater når den blir eksponert. Kraftig forvitring/is-sprengning kombinert med mekanisk svak bergart, gjør at berget i de steile flatene er kraftig oppsprukket.

Der eksponert sandstein har brattere helning enn om lag 45° , er det potensielt løснеområde for steinsprang, se Bilde 8. Skråninger i nedre del av fjellsiden, $< 40^\circ$ består ofte av stedege forvitningsblokker/ur. På grunn av at berget er tett oppsprukket og mekanisk svakt, forventes steinsprang i all hovedsak å bestå av mindre blokker, $< 1 \text{ m}^3$.



Bilde 8: Bergpartiene langs Platåfjellet er potensielle løснеområder for steinsprang, på veg ut i Bjørndalen. Sett mot sørøst.

Snøskred

Skavler dannes ofte i randsonen av platåberg der bratte fjellsider ligger i le for fremherskende vindretning. Skavlnefall kan løse ut flakskred i den bratte fjellsiden under.

Snødekket på Svalbard består ofte av lag avsatt under ulike vindforhold. På grunn av det kalde klima og det relativt tynne snødekket forekommer ofte svake lag med begerkrystaller i snødekket. Disse forekommer oftest nær bakken, men kan også utvikles under islag og tette skarelag i snødekket. (Ref. Eckerstorfer M., 2013). I snødekker med slike lag, er det ofte fare for flakskred, som er en av de vanligste snøskredtypene på Svalbard. Tynne snødekker med høye temperaturgradienter er ofte gunstige for oppbygging av svake lag.

Store snøskred med betydelig volum vil kunne utvikle et skredvindtrykk som går mye lengre enn skredets tette kjerne. Dette skredvindtrykket forekommer først og fremst der skredene går ut for stup, som medfører at hastigheten øker ut over det som forekommer i terreng med jevnt fall. Aktuelle skredbaner, har ikke et profil som fører til at skredvindkreftene blir store, og infrastruktur forventes derfor ikke å ta skade ut over utløpsområdet for skredets faste masser.

Jord- og flomskred

I enkelte av de aktuelle områdene er det større bekkedaler/raviner som drenerer store mengder vann, mens andre områder eller deler av skråningene ikke har definerte vannveger. I sistnevnte tilfeller er det mer utfordrende å definere fareområder for jord- og flomskred, da det ikke er noen faste vannveger. Økt vannmengde i terrenget øker generelt faren for vannmetting i det aktive laget, som følge av at grunnen under er frosset og ikke vil absorbere vann. Dette kan resultere i skred som opptrer som mer langsomme utglidninger av jordmasser. Denne problemstillingen gjelder for hele Svalbard, der hele det undersøkte området har permafrost.

Smelting av tinnestabile masser, samtidig som massene blir tilført vann ved kraftig snøsmelting eller regn, kan resultere i større utglidninger og defineres da som **jordskred**. Slike større utglidninger skjer oftest i skråninger med helning større enn 20° (skråningene kan også være slakere) og trenger ikke følge definerte vannløp. Disse utglidningene vil normalt ha begrenset utløp.

Større akkumuleringsområder for snø kan gi stor tilgang på smeltevann, og massene kan bli ustabile slik at det utvikles skred. Disse skredene starter som regel i perioder av året da det er størst vanninfiltrasjon fra smeltevann eller regn og i definerte områder. Skredene omtales da som **flomskred**. Avsetninger finnes flere steder ved munningen på raviner.

Sørpeskred

De største materielle skredskadene på Svalbard har tidligere vært forårsaket av sørpeskred. Det er først og fremst skredet i Vannledningsdalen som har ført til skade på bebyggelsen på Haugen. Bebyggelsen her er lokalisert på en skredvifte formet gjennom århundrer med flom, sørpe- og flomskred.

Lavtrykkssystemer med nedbør i form av regn og store variasjoner i lufttemperatur på Svalbard, har særlig utløst sørpeskred om våren, men også om vinteren (ref. Eckerstorfer M., 2013). Et varmere klima i Arktis har ført til flere tilfeller av varm luft også om vinteren. Dette kan føre til hyppigere sørpeskredaktivitet også i vinterhalvåret ved intens nedbør i form av regn kombinert med snøsmelting. Slike forhold fant sted på Svalbard i januar 2012.

Med et varmere klima antas de vannrelaterte skredtypene som sørpe-, jord- og flomskred å få høyere frekvens.

Det er også en tendens til at snøskred etter relativt korte perioder med ekstrem vær, i form av snø og sterk vind, blir mer frekvent som i desember 2015 og i februar 2017.

4 Tidligere vurderinger/kartlegginger som delvis er benyttet i vurderingen

Den foreliggende rapporten er i all hovedsak et resultat av en uavhengig kartlegging og vurderingsarbeid.

Multiconsult har i forbindelse med utarbeidelse av tidligere rapport (713416-RIGberg-001) levert til NVE i 2016, hatt tilgang på mye materiell som har vært utarbeidet av andre aktører i forbindelse med skredfarevurderinger i hovedsak rundt Longyearbyen. I forbindelse med denne foreliggende rapport som omhandler hytteområder (Bjørndalen, Revneset-Hjorthamn, Todalen, Bolterdalen-Foxdalen og Vindodden) er det ikke kjent for Multiconsult om tidligere rapporter vedrørende skredfarekartlegging.

Denne foreliggende rapporten bygger på en utvidet revisjon av rapport 713416-RIGberg-RAP-001 også omtalt som NVE rapport, 91, 2016. Det er derimot ikke tatt med beskrivelser eller annet fra områdene Bykaia-Vestpynten eller Longyearbyen fra den rapporten i denne. Det er innhentet informasjon fra lokalbefolkningen fra hvert av de aktuelle hytteområdene.

I forbindelse med et forskningsprosjekt holder Norges geologiske undersøkelser (NGU) på å kartlegge landskapsformer og løsmasser i flere av de aktuelle områdene. To av områdene er publisert i papirformat: Bjørndalen-Vestpynten som kartblad i skala 1:10 000, og Todalen, øvre Gangdalen og Bødalen som kartblad i skala 1:25 000. Øvrige områder som Longyearbyen, Foxdalen og Vindodden er under produksjon. Multiconsult har hatt anledning til å studere den utførte kartlegging gjennom GEO-refererte tiff-filer, som er rene bildefiler. NGUs kartlegging er en grundig kartlegging. Avsetningene er i stor grad i samsvar med den kartleggingen som Multiconsult har utført.

5 Metodikk for fastsettelse av faresoner

Arbeidet med fastsetting av faresonegrenser er en kompleks prosess og er utført gjennom flere steg. Viktige momenter, som er tatt med i vurderingen er historiske hendelser, feltregistreringer/observasjoner, registreringskart utarbeidet og brukt ved vurderinger for de ulike områdene, kart og foto analyser, klimaanalyser med innspill på lokale variasjoner og ikke minst erfaring og skjønn ut fra utførte feltregistreringer. Grunnlag er også listet i kap. 1.

For vurdering av skredfare, utbredelse av skred og ulike returperioder er det benyttet følgende grunnlagsmateriale og metoder:

- Terrengmodeller
- Ortofoto, flybilder og fotografier
- Geologiske forhold (berggrunn, løsmasser og geomorfologi)
- Terreng- og klimaforhold
- Informasjon om tidligere skredhendelser og tidligere utarbeidete løsmasse/landformskart fra NGU.
- Feltbefaring i terrenget til fots, bil, båt og helikopter.
- Registrerte observasjoner i felt, observasjoner på tidligere avsetninger, registreringskart og informasjon fra lokalbefolkning angående tidligere skredaktivitet.
- Programvare og beregninger for å beregne strømning og utbredelse/rekkevidde av skred.

5.1 Terrengmodeller

Det er benyttet digitale terrengmodeller (DTM) med ulik oppløsning. Oppløsning som er brukt er: 1,0 x 1,0 m, 2,5 x 2,5 m og 20 x 20 m. Terrengmodellen brukes som grunnlag for å lage helningskart, hillshade/skyggebilder samt som grunnlag for modellering med programvare RAMMS og RocFall.

Helningskart er med på å identifisere potensielle løснеområder for ulike skredtyper. Sannsynligheten for at snøskred løsner øker i terrenghelning mellom 30-50°, steinsprang der helningen er brattere enn ca. 45°, og jord- og flomskred i terrenghelninger mellom 25-45°. Skred av alle ovennevnte typer kan opptre ved lavere helning også.

5.2 Ortofoto, flybilder og fotografier

I forbindelse med forarbeider samt under og etter befaringer er flybilder/ortofoto nøye studert. Tidligere avsetninger, som er synlige på bilder, er avmerket på arbeidskart. Potensielle løснеområder for de ulike skredtypene er også studert. Bilder tatt på ulike tidspunkter av året samt historiske bilder er studert i detalj for å vurdere reelle akkumuleringsområder, overflatedrenering, skredavsetninger m.m. Det eksisterer store mengder historiske bilder fra de aktuelle områdene i og med at naturen rundt Svalbard ofte er avbildet i ulike sammenhenger. Ved å sammenligne bilder er det tydelig at snømengder i området har variert opp gjennom årene.

5.3 Topografi, geologi og terrengforhold

Topografi, lokal geologi, terreng- og grunnforhold har stor betydning for hvor skred kan oppstå, hvilken retning evt. skred beveger seg og hvor lang utløpsdistansen blir. Terrenghelning, type og forvitringsgrad av løsmasser og berg, terrengformer som forsenkninger eller terrasse- og ryggformasjoner kan påvirke både sannsynlighet, bevegelsesmønstre og rekkevidde for skred.

Flybilder, terrengmodeller, kartdata og observasjoner ved feltarbeid gir mye informasjon om tidligere skredaktivitet. Endringer i terrenget kan også tyde på skredfare. Skredbaner, forsenkninger, urer og vifter er eksempler på endringer i terrenget etter skred. Det råder en stor usikkerhet å bestemme når disse er dannet, mtp. om de også representerer fare under dagens klima og erosjonsforhold. Menneskelig inngrep kan også ha stor innvirkning på skredfare.

5.4 Klimaforhold

Klimaforhold vil i stor grad påvirke alle typer skred. F.eks. har dominerende vindforhold og nedbørsmengder betydning for akkumulasjon av snø samt utløsning av snøskred/sørpeskred. Særlig ekstremnedbør kan direkte påvirke utløsning av alle typer skred. Eksisterende data fra værstasjoner i området gir informasjon om temperatur og nedbør (gjennomsnitt/måneds- og døgnnedbør), samt vindretning. Lokale klimaforhold og forventede returperioder av ekstremvær, har også stor betydning for utløsning av skred. Se kap. 2.

Men dette er historiske data og vi vet lite om framtidig klimaendringer som kan være forventet som baserer seg på det «gamle klimaet» som, dessverre ikke er representativt i dag. Se også kap. 2.4.

5.5 Skredhistorikk

Informasjon om tidligere skredhendelser og skredavsetninger er viktig i arbeidet med skredfarevurderinger, da naturlig utløste skred ofte gjentar seg på steder der det har gått skred tidligere.

For fastlands-Norge er tidligere skredhendelser (snø-, stein-, jord- og flomskred) registrert i den nasjonale skred databasen til NVE (www.skrednett.no). For Svalbard finnes det pr. i dag etter vår kjennskap ikke en samlet oversikt over tidligere skredhendelser som strekker seg over en lengre periode. Det har fra i år 2017, blitt registrert enkelte skredhendelser i varsom.no.

I forbindelse med prosjektet «The CRYOSLOPE Svalbard Project» for Norklima ble det opprettet en database. Forskningsprosjektet pågikk i perioden 2007-2009, og startet bl.a. en systematisering av snøskredhendelser innenfor et område rundt Longyearbyen og Todalen. Det er registret 577 snøskred

av ulik størrelse i den aktuelle perioden. Data er tilgjengelig på nettsiden <http://www.skred-svalbard.no>, der snøskredhendelser i perioden 2002-2010 er lagret. Mange av de dokumenterte skredhendelser i de aktuelle områdene er hentet fra Cryoslopes database.

Det er i denne rapporten gjort kort oppsummering på dokumenterte nyere og eldre skredhendelser for de aktuelle områdene. Hendelser er omtalt under hvert område. Opplysningene er samlet inn ved å oppsøke miljøer og personer som har relevant informasjon.

Aktuell skredhistorikk er beskrevet nærmere for hvert delområde i kapittel 6, 7, 8, 9 og 10.

Så lenge det har vært menneskelig aktivitet på Svalbard, har det vært kjennskap til skred i ulike former. I forbindelse med gruvedrift i b.la. Gruve 2b var det vanlig at snøskavler langs gruvefjellet ovenfor gruveinngangen og taubanen ble sprengt ned. Den gamle dynamittbua kan fortsatt sees oppe på Gruvefjellet. Det ble også etablert enkle støttemurer som beskyttelse mot mindre skred og steinsprang.

Den omfattende kartleggingen som NGU/UNIS har pågående vedrørende landformer og løsmasser i enkelte av områdene er også en god indikasjon på områder med tidligere skredaktivitet. Kartleggingen tidfester imidlertid ikke avsetningene. På Svalbard er det generelt utført lite datering av skredhendelser. Dette skyldes i stor grad permafrosten som gjør utgravinger vanskelig og kompliserer datering av steinoverflater med kosmogene nuklider. Intensive forvitningsprosesser, spesielt frostforvitring, er også med på å svekke kvaliteten av kosmogen datering. Totalt sett er det derfor lite arbeid gjort på presis datering av skråningsprosesser på Svalbard over tusenårige tidsskalaer (ref. Rubensdotter, 2017).

På fastlandet er det ofte vanskeligere å finne synlige spor i terrenget etter tidligere skredhendelser. Terrenget kan også ha blitt endret av menneskelig inngrep, slik at tidligere tydelige skredavsetninger har blitt fjernet. Tidligere skredhendelser på Svalbard er derimot betydelig enklere å se spor etter, da området ikke har vegetasjon. Menneskelige inngrep har også bare blitt utført i begrenset skala.

På Svalbard er det kort historisk informasjon om skred, men tidligere avsetninger er til dels godt synlig i terrenget. Enkelte områder er sterkt påvirket av infrastruktur og der kan det være utfordrende å se tidligere avsetninger.

5.6 Feltarbeid/registreringskart

En av de viktigste oppgavene i arbeidet med skredfarevurderinger er å kartlegge de faktiske forholdene i et område og dette arbeidet må i all hovedsak gjøres på stedet. Informasjon innhentet via kart og flyfoto er også viktig. Lang lokal erfaring fra de aktuelle stedene er viktig for å kunne belyse de store årlige variasjonene i områdene. Lokalkunnskap er bl.a. benyttet for å vurdere menneskelig virksomhet/inngrep, nedbørsmønster, vindretninger, landskapsformer m.m.

I forkant av befaringen ble helnings- og hillshade-kart, flyfoto og tidligere kjente skred studert, sammen med tilgjengelige kart og geoTiff filer fra NGU, som viser landskapsformer og løsmasser.

Observasjon/registeringspunkter er loggført med hjelp av håndholdt GPS-Garmin 62s og feltdagbok for notat. Det ble tatt mange bilder og områdene ble også grundig studert med kikkert.

Ved feltkartleggingen har det vært spesielt viktig å registrere skredavsetninger, skredløp og potensielle reelle løsneområder. Videre har det vært viktig å kartlegge eksponert berg og løsmassetypene. I tillegg til registrering av observasjonene på kart er det gjennomført omfattende fotodokumentasjon. Registreringene er vedlagt i egne tabeller, se vedlegg C.

Potensielle løsneområder for de ulike skredtypene er avmerket i helningskart, se vedlegg B. Størrelsen på løsneområdene er estimert i felt med justeringer som følge av helning, bildestudier og

lokalkunnskap. De skredtypene som er dominerende er i hovedsak avmerket selv om det er spor av flere skredprosesser og avsetninger i området.

Dokumentasjon fra feltkartleggingen har også omfattet intervjuer og befaring med lokalbefolkning som har lang fartstid på Svalbard (± 40 år). Lokalbefolkningen har bidratt til å beskrive hendelser og verifisere potensielle skredområder.

For å vurdere materialets erosjonsømfintlighet ved vannmetting, ble det tatt prøver av løsmassene i skråningen ved flyplassen utenfor Longyearbyen. Prøven er rutineundersøkt på Multiconsults laboratorium i Tromsø og ble klassifisert som sandig grus.

5.7 Modeller for beregning av utløpslengder

Modellering og beregninger er benyttet som hjelpemiddel ved vurdering av utløpslengder og for å vurdere strømningsmønster. Det er benyttet flere ulike parametere for å få mest mulig realistiske modelleringer. Der det finnes dokumenterte skredhendelser, har simuleringer blitt kalibrert mot reelle observasjoner for å få mest mulig realistiske parametere. Parametere brukt i simuleringene er vist under hvert område.

For utvalgte modelleringsresultater, se vedlegg D.

5.7.1 RocFall 5.0

Programmet RocFall 5.0, utviklet av Rocscience Inc., er et statistisk analyseringsprogram der blant annet energi, hastighet og distribusjon av fallende stein blir kalkulert langs manuelt utvalgte profiler. Sammen med digitale høydedata (1 m - 2,5 m koter) er det utarbeidet detaljerte skråningsprofiler. Parametersettet brukt i modellering av steinsprang er kalibrert mot faktiske, kjente hendelser i området. RocFall simuleringene er kun utført i begrenset omfang, da steinsprang sjelden er den dimensjonerende skredtypen for aktuelle områder.

5.7.2 RAMMS

Det er utført simuleringer av snøskred, og for enkelte områder flomskred/sørpeskred, med programvaren RAMMS utviklet av SLF i Sveits. RAMMS er et dynamisk 2D/3D-modelleringsprogram der resultatene kan visualiseres i 3D. Modelleringen inkluderer sannsynlige strømningsveger og utløp, skredets hastighet, høyde og trykk. Høyde- og friksjonsparametere er tilpasset forholdene og fysiske egenskaper for skred på Svalbard. Programmet er tilpasset sveitsiske snøforhold, men det er gjort tilpasninger og kalibreringer opp mot faktiske hendelser på Svalbard.

Modellering av snøskred - RAMMS Avalanche

Ved modellering av snøskred er default-verdiene for friksjonsparametere μ og ξ benyttet, og automatisk justert etter høydegrensene. Høydegrensene som er benyttet i RAMMS er satt til 0 m for nedre høydegrense og 200 m for øvre høydegrense. Med dette menes at snøen vil ha ulike egenskaper over og under disse høydegrensene. I alle lokasjonene ble det modellert snøskred med returperioder på 10 år og 300 år. Størrelsesparametere for skredet blir definert automatisk («tiny», «small», «medium» eller «large»), avhengig av hvor mye snø som defineres å løse i hvert løseområde. 300 kg/m³ er benyttet som densitet på snø.

For øvrige parametere, se tabeller under hvert område.

Modellering av jord- og flomskred, samt sørpeskred - RAMMS Debris flow

Ved modellering av flomskred på Svalbard ble friksjonskoeffisientene justert for å tilsvare lokale forhold best mulig i de ulike lokasjonene. Kalibreringer er gjort iht. kjente/observerte hendelser ved Longyearbyen.

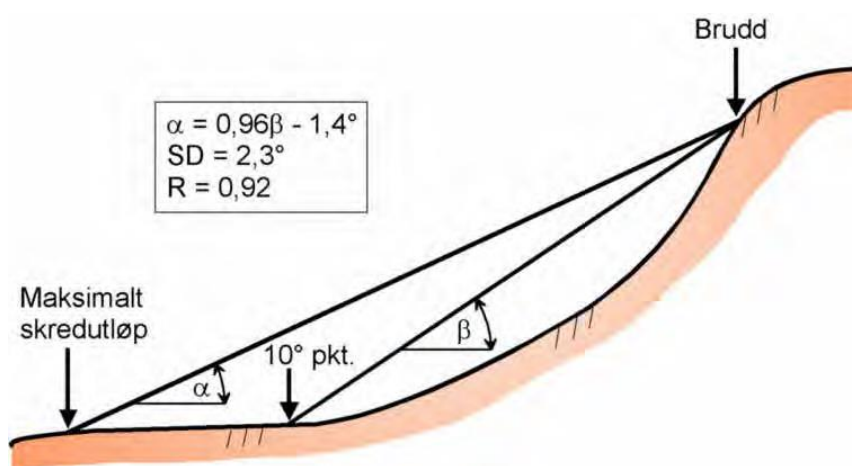
Mange av skredene som starter som sørpeskred drar med seg jordmasser og blir til et blandingskred, som ligner mer på et flomskred. Dette er også grunnen til at sørpeskred i dag er best simulert ved å bruke RAMMS debris flow (og ikke RAMMS avalanche).

Massene som kommer i bevegelse er ofte veldig grove på grunn av den dominerende bergarten sandstein som har høy friksjon. Med store mengder vann, blir friksjonen lavere. Densiteten til massene er satt til verdier mellom 1000-2000 kg/m³ avhengig av lokaliteten og type skred.

For øvrige parametere, se tabeller under hvert område.

5.7.3 α / β -modellen

På enkelte av skråningene er det utført simuleringer av snøskred i henhold til α/β -modellen, som er en statistisk/topografisk modell som tar utgangspunkt i fjellskråningens lengdeprofil. Ref. Lied og Bakkehøi, 1980. Se Figur 13.



Figur 13: Viser parametere i α/β -modellen (SD-standardavvik, R-korrelasjonskoeffisient). Ref. NVEs Kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner, 2011 og Lied og Bakkehøi, 1980.

Det er utført beregninger etter α/β -modellen i alle de aktuelle områdene. Profilene er valgt ut fra faktiske hendelser og gir et kompletterende grunnlag for å vurdere eventuelle skred i de områdene der skred antas å få størst konsekvens. Profilenes plasseringer og beregninger er vist i vedlegg D.

Det har i flere tilfeller vist seg at α/β -modellen, med ett standardavvik, stemmer godt med enkelte av de faktiske større skredhendelserne på Svalbard (ref. Larsen, 2016).

Alfa/beta modellen tar ikke hensyn til snødybde, snøens lagdeling/oppbygging eller underlaget faktorer som kan ha stor betydning for utløpslengden til snøskred.

5.8 Fastsettelse av faresoner

I henhold til dagens Byggteknisk forskrift, TEK 10, er det formulert 3 sikkerhetsklasser med ulik årlig sannsynlighet for skred (S1-1/100, S2-1/1000 og S3- 1/5000) der skredsannsynlighet er tallfestes med beregnet/antatt største nominelle sannsynlighet for skred. Alle de aktuelle skredtypene (stein-, snø-, sørpe-, jord- og flomskred) skal inngå. Sannsynlighetsgrensene som benyttes ved skred fra bratt terreng er betydelig mer konservative enn de som benyttes for naturfaretyper som flom og stormflo. Ved vurdering av disse faretyperne benyttes nominell årlig sannsynlighet på 1/20, 1/200 og 1/1000. (Ref. TEK 10, 2016).

På faresonekartene er den samlede skredfare avmerket for de ulike intervallene. Dimensjonerende skredtype for området er vist. Se vedlegg A.

Vurderingen av hvor sannsynlighetsgrensene går, er et krevende arbeid der mange momenter inngår. Den endelige vurderingen er en samlet vurdering av alt materiale men baserer seg også på skjønn og erfaring, med støtte av simuleringer.

Der det er synlige spor etter tidligere ferske skredhendelser blir kalibreringen av simuleringene mer eksakt, og det er bedre grunnlag for å vurdere utløp ved simuleringer. Dagens dataverktøy gir ikke eksakte svar på naturlige fenomener, men ved simuleringer vektlegges innsamlet materiell om forholdene på stedet for å få best mulig tilpasning mellom simulering og faktiske registreringer. Siden dataverktøyet normalt gir svært konservative resultater blir modellering derfor i hovedsak benyttet for å vurdere strømningsmønstre og hvordan terrenget vil kunne lede eventuelle skred.

En nominell årlig sannsynlighet på 1/100 hhv. 1/1000 omtales ofte som 100-års skred hhv. 1000-års skred. Ett tusenårsskred utelukker ikke at det kan komme et nytt skred med samme returperiode året etter (ref. TEK 10, 2016).

Vurdering av skredutløp i forhold til 1000-års skred og 5000-års skred er i stor grad basert på modellberegning, erfaring med skredutbredelse på bakgrunn av synlige antatte eldre avsetninger på stedet, flybilder og klimaanalyser. Områder med potensielle løснеområder som har lav sannsynlighet for skred, er tatt med i vurderingen som 1000-års skred og 5000-års skred. For 100-års skredene vil nøyaktigheten være større, da det her finnes mer detaljert informasjon bl.a. om faktiske skredhendelser og ferske avsetninger.

I områder der enkelte faresoner avslutter et stykke ut i havet, er det valgt å ikke tegne inn ytterligere faresoner med lavere sannsynlighet, da dette ikke ansees som hensiktsmessig i de områder dette gjelder.

Skredfarekartene vil være et godt grunnlag for vurdering i potensielle utbyggingssaker, selv med den beskrevne usikkerheten.

6 Bjørndalen

Området Vestpynten-Bjørndalen strekker seg fra vest for Longyearbyen flyplass og om lag 4,2 km inn i Bjørndalen. Området er nærområde til Longyearbyen og brukes i all hovedsak som hytteområde og rekreasjonsområde for befolkningen og tilreisende. Enkelte bor også fast i området. Området brukes aktivt for turisme.

6.1 Topografi og grunnforhold

Fra Vestpynten til Bjørndalen er terrenget i hovedsak karakterisert av en relativt flat strandflate som går over i en brattere fjellskråning (27°-60°) opp mot Platåfjellet (400 m.o.h). Platåfjellet er bygd opp av horisontale, sedimentære bergartslag. Varierende styrke i bergartslagene gir varierende skråningshelning med til dels steile stup der det er sterkere bergartslag og horisontalt platå på toppen.

De aktuelle skråningene langs vegen inn mot Bjørndalen er i hovedsak nordvestvendte. Fra om lag kote 25 består skråningen av urmasser, formet av forvitret bergartsmateriale. Ved om lag kote 175 er det et bånd av eksponert berg (sandsteinslag), se Bilde 9 og Bilde 10. Videre oppover ligger det finere forvitningsmateriale. Fra om lag kote 200 er det berg opp til toppen. Øverste del av berget og skråningskanten består av forvitningsblokker/-materiale.

Blokkene i ur-skråningene viser ulik forvitningsgrad. I området lengst nordøst består massene i skråningene generelt av sand og grus, mens materialet i overflaten av skråningene lenger vest består av blokk og stein > 0,1 m³. Også høyere opp i skråningen er det i hovedsak finere materiale mellom partier av berg, som skyldes at store steiner ruller lengre. Blokkene består i hovedsak av sandstein, med høy oppsprekking/forvitring, se Bilde 19. Jo lengre sør mot Bjørndalen man kommer, desto mer lyse sandsteinspartier finnes i øvre del av berget.

Fra vegen rundt Platåfjellet strekker Bjørndalen seg sørover som en bred U-dal, med Bjørndalselva i bunn.

I Bjørndalen er skråningsprofilene langs den vestvendte skråningen generelt slakere (27°-45°) og mer konkave enn det man ser langs vegen inn til Bjørndalen, se Bilde 10 og Bilde 11.

På vestsiden av Bjørndalen finnes det flere større og bratte partier med eksponert berg i skråningen, enn på østsiden. Det er flere markerte skredbaner langs hele vestsiden av Bjørndalen, se Bilde 13.

Det er ikke registrert noen større bekker eller elver i skråningene i de vurderte områdene, men det er flere områder med avsetninger etter tidligere vannrelaterte skredhendelser. I bunnen av Bjørndalen går det en stor elv, som viser meandering. Det er tydelige spor i terrenget som viser at elven har hatt et bredere og høyere elveløp tidligere.



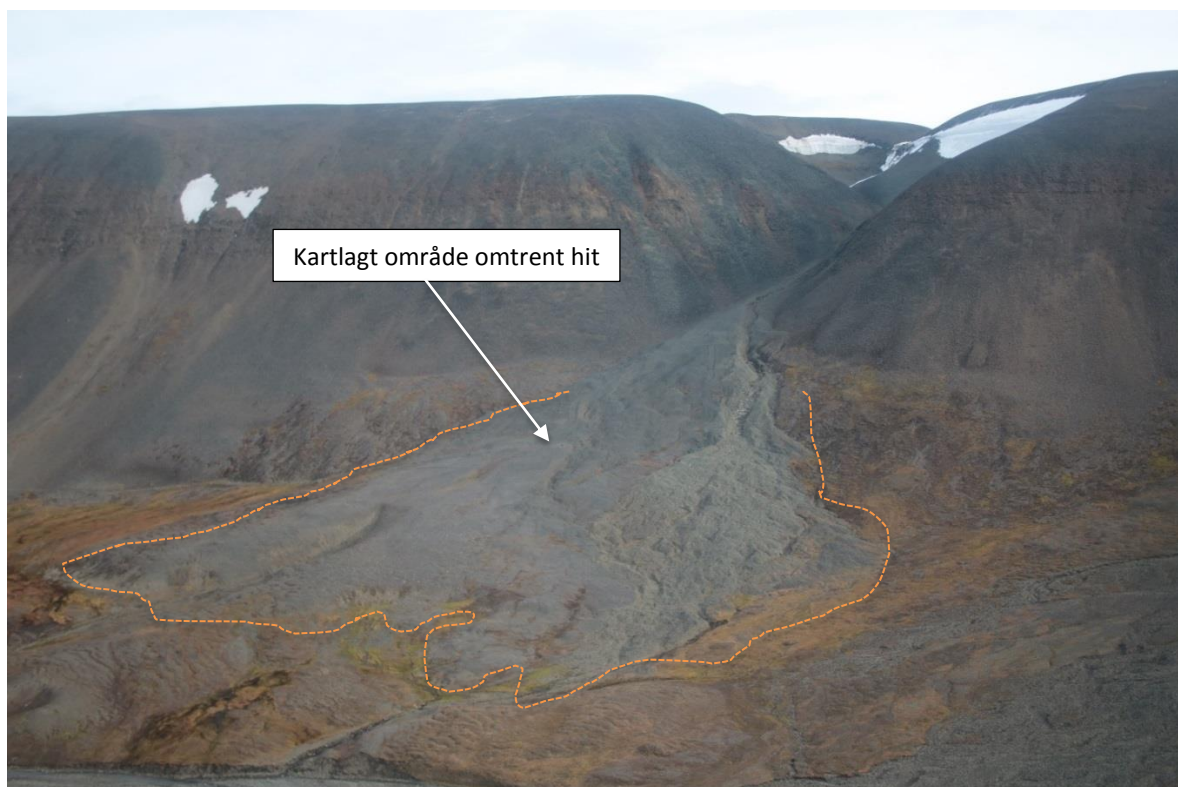
Bilde 9: Skråningen ovenfor Vestpynten sett mot øst. Flomskredbaner er synlige og avmerket i skråningen.



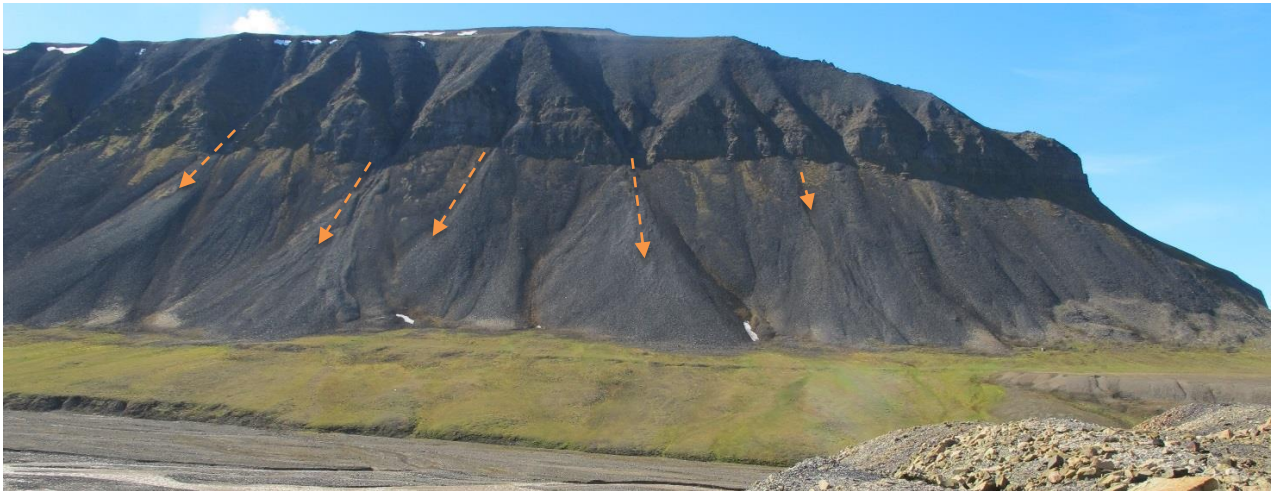
Bilde 10: Ved inngangen til Bjørndalen, sett nordøst langs vegen mot Vestpynten. Gruvetippen fremstår som en voll til høyre i bildet. Enkelte skredbaner er avmerket.



Bilde 11: De vestvendte skråningene i Bjørndalen, sett mot nord. Enkelte av skredavsetningene er avmerket.



Bilde 12: Ved den sørligste avgrensning av kartlagt område i Bjørndalen er det et større flom- og sørpeskredområde som er spesielt aktivt. Sett mot nord fra sørsiden av dalen.



Bilde 13: Vestsiden av Bjørndalen sett fra gruvetippen under Platåfjellet. Sett mot sørvest. Enkelte skredbaner er avmerket.

6.2 Skredhendelser

Det er registrert flere ulike skredhendelser langs strekningen Vestpynten-Bjørndalen. Enkelte av disse, slik som hendelsen i desember 2015, har ført til store materielle skader. Skredet i 2015 ødela hytte. Det er imidlertid ingen kjente hendelser som har ført til tap av liv.

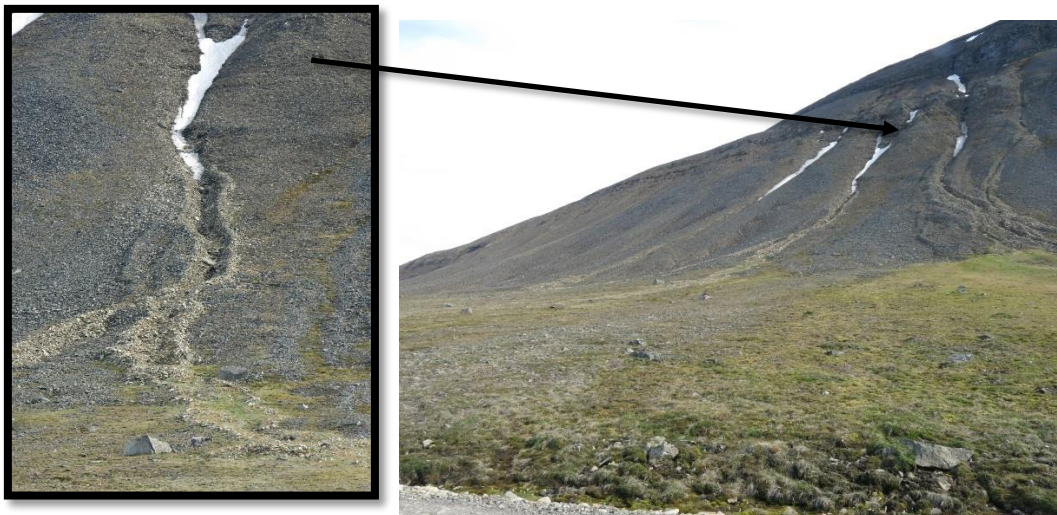
Det er både i Multiconsults befarrings/registreringsmaterieell og NGUs kartlegging av landformer og sedimenter i Bjørndalen-Vestpynten, godt dokumenterte tidligere skredavsetninger i hele det aktuelle området.

I området fra Vestpynten og sørover mot Bjørndalen, omtrent til der det står en mast, er skråningene utsatt for vannrelaterte skred. Sørpeskred har forekommet i skråningen rett sørvest for flyplassen. Flomskred er også kjent fra skråningen i forbindelse med kraftig nedbør og snøsmelting, se Bilde 14 og Figur 14.

Området fra masta og videre inn forbi den blå/grønne hytta som ligger på oversiden av vegen «Atle's», er preget av steinsprangaktivitet i tillegg til flomskred i forbindelse med kraftig nedbør, se Bilde 15. 29. I desember 2016, like bortfor hytta men i samme område ble det registrert flere mindre flakskred i skråningen og et som gikk over vegen. (Ref. Ingerø Olsen og Daldorf Torgersen, 2017). Se Bilde 16.

Den 29. desember 2016 løsnet det også et snøskred med utløp mot de nye hyttefundamentene plassert under gruvetippen ved inngangen til selve Bjørndalen. Snøskredet har med all sannsynlighet sin opprinnelse fra samme løsneområde og bane som skredet i desember 2015. Nå tok skredet en mer sørlig bane. Denne vurdering verifiseres av lokalkjent (T. Andersen, 2017) som har inspisert skredet og dets utløp.

Etter at vegen runder sørover inn i selve Bjørndalen endrer topografien seg og skråningene preges av snøskredaktivitet. Som tidligere nevnt, ødela et stort snøskred ei hytte rett sør for gruvetippen i desember 2015, se Bilde 17 og Bilde 18.



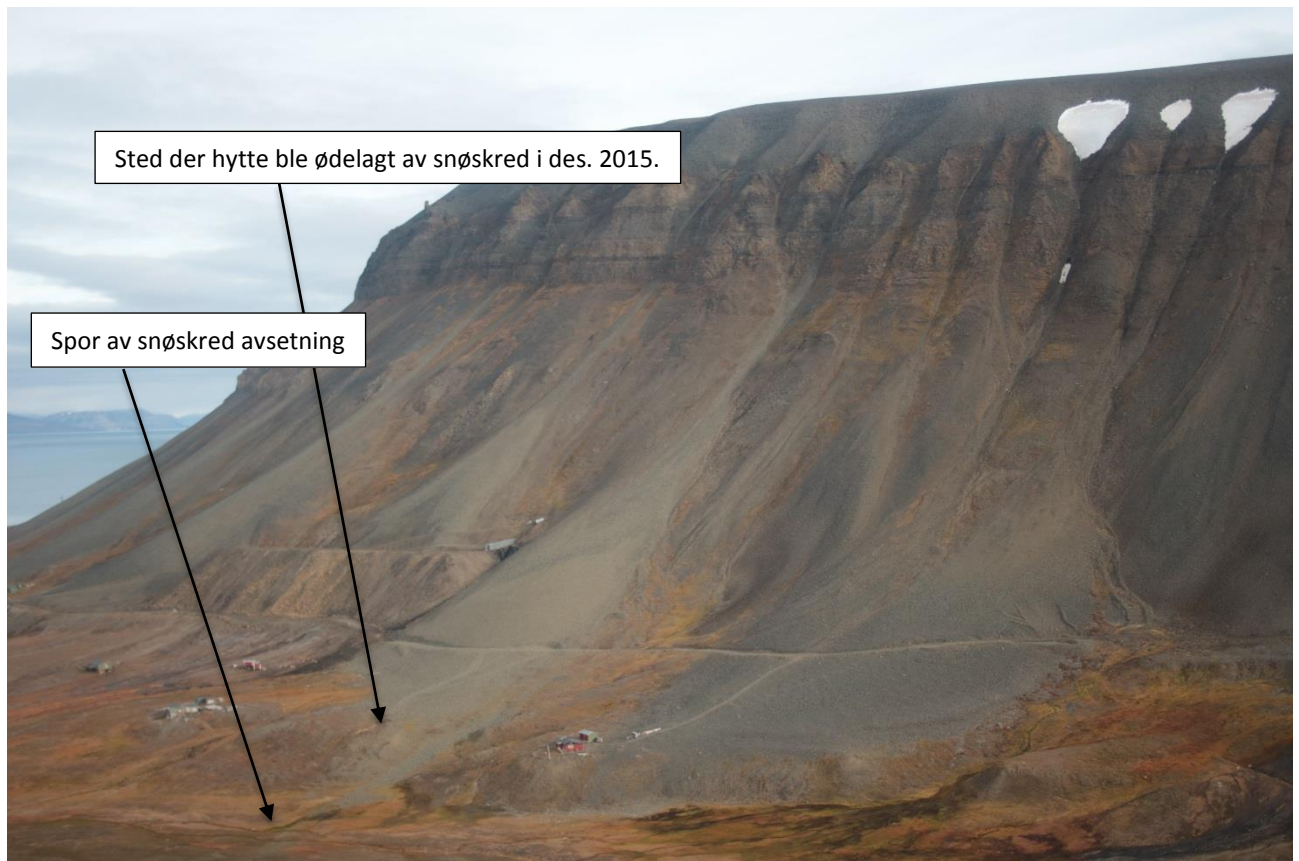
Bilde 14: Flomskredbaner ved Vestpynten. Sett mot øst.



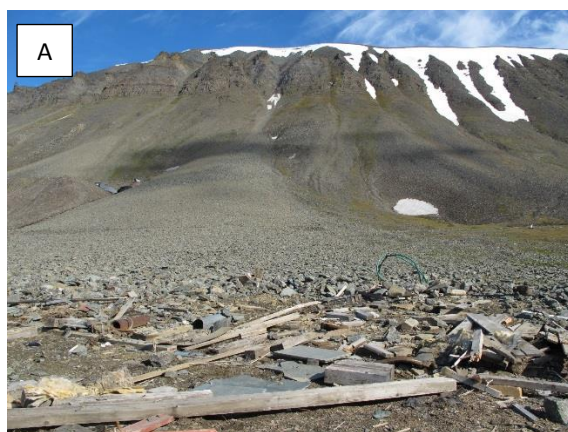
Bilde 15: Område utsatt for steinsprang. Store steinblokker har nådd til nedsiden av veien. Sett mot øst.



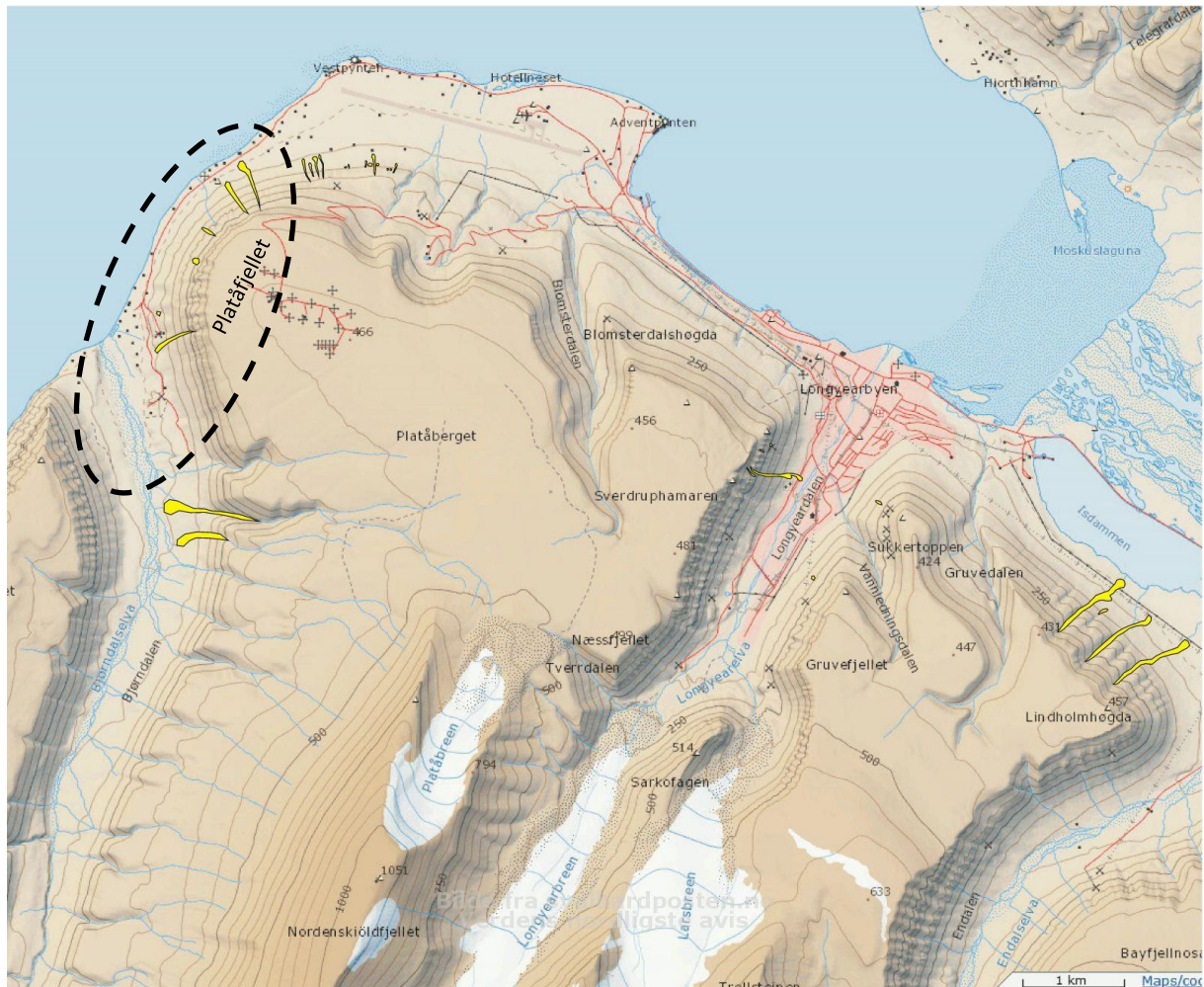
Bilde 16: Snøskred som gikk over veien like sør for masta på neset inn mot Bjørndalen. Desember 2016. Foto. Steve Daldorf Torgersen. Sett mot sørvest.



Bilde 17: Skråning som viser avsetninger etter snøskred, Bjørndalen. Sett mot nordøst.



Bilde 18: A) Rester av hytte som ble ødelagt des.2015. Sett mot øst. B) Sett fra samme sted som A, men mot vest. Skredet stoppet først når det nådde ned på elvesletta.



Figur 14: Kart som viser jord- og flomskredene som gikk midt i oktober 2016 (markert med gult). Området som inngår i denne vurdering er omtrentlig avmerket. Modifisert fra Unis.no/ Svalbardposten.no 21.10.2016.

6.3 Vurdering av skredfare

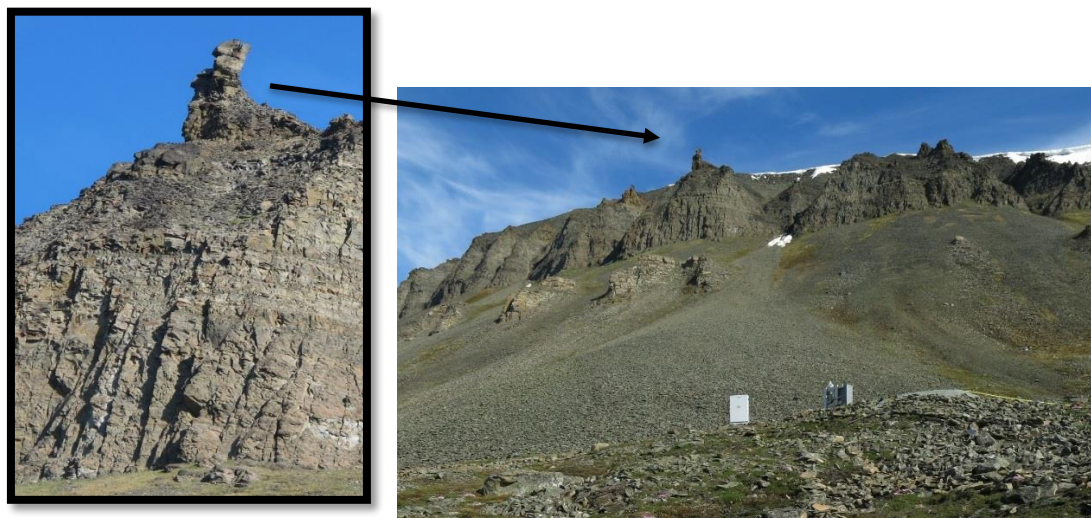
Jord- og flomskred

På strekningen Vestpynten-Bjørndalen varierer skredfare og type skred. I området lengst nordøst ved Vestpynten, er skredfare knyttet til vannrelaterte skred. I perioder med mye vann vil det kunne opptre jord- og flomskred langs markante skredbaner, men også i deler av skråninger med løsmasser som kan bli ustabile dersom de blir vannmettet. Løsmassene i denne nordøstre delen er mer finkornete enn ellers i skråningene. Dette gjør at massene i denne delen av skråningen oftere blir ustabile dersom de blir vannmettet. Helt nordvest i Bjørndalen kan snø akkumuleres i en mindre skavl. Når denne skavlen smelter eller annen hurtig vanntilførsel, kan det potensielt oppstå vannmetting av løsmasser i skråningen som medfører at de kan bli ustabile. Se Bilde 9 og Bilde 14.

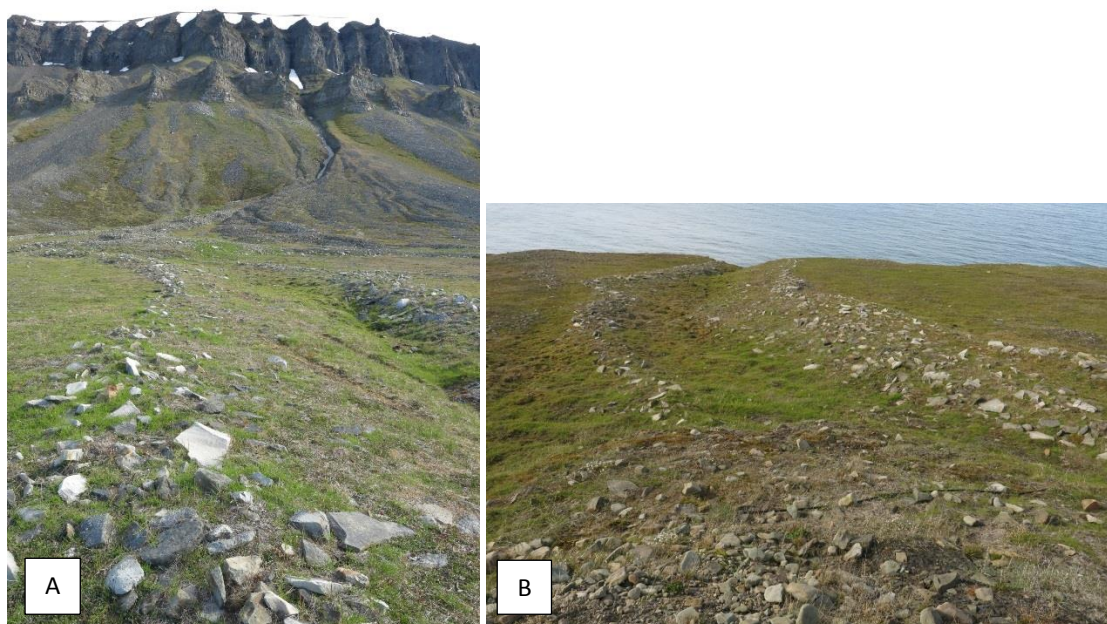
Steinsprang

Hele strekningen fram til inngangen mot Bjørndalen preges av fare for steinsprang. Eksponert berg viser stor grad av oppsprekking. Se Bilde 19. I enkelte områder er det også fare for flomskred. Det er tydelige spor i terrenget etter tidligere steinsprang og flomskred. I enkelte områder har det gått skred med utløp over vegen og ned i fjæra (ref. Larsen, 2017 og bildemateriell). Se Bilde 15 og Bilde 20.

Simuleringer i RocFall viser lignende mønster for utløpene av steinsprang registrert ved befaring. Se vedlegg D.



Bilde 19: Berget langs strekningen Vestpynten-Bjørndalen viser stor grad av forvitring og oppsprekking. Sett mot øst.



Bilde 20: Flomskred har nådd helt ned i fjæra. A) sett mot sør. B) Sett mot nord.

Snøskred

Der vegen runder Platåfjellet, åpner Bjørndalen seg i retning sørover og terrenget endres til en U-dal. Se Figur 14. I dette området er det snøskred som er dominerende skredtype. Skredet i desember 2015 som ødela hytta stoppet først når det kom ned på elvesletta. Se Bilde 17.

Den vestvendte skråningen ligger utsatt til for snøakkumulering fra øst- og sørøstlig vind, som er den fremherskende vindretningen. Store skavler og snøfonner bygges årlig opp langs platåkanten i løpet av vinteren og spesielt under enkelte stormperioder. Det er flere tydelige avsetninger fra tidligere skredhendelser i området og det er stor sannsynlighet for flere snøskred av forskjellig størrelse også i framtiden.

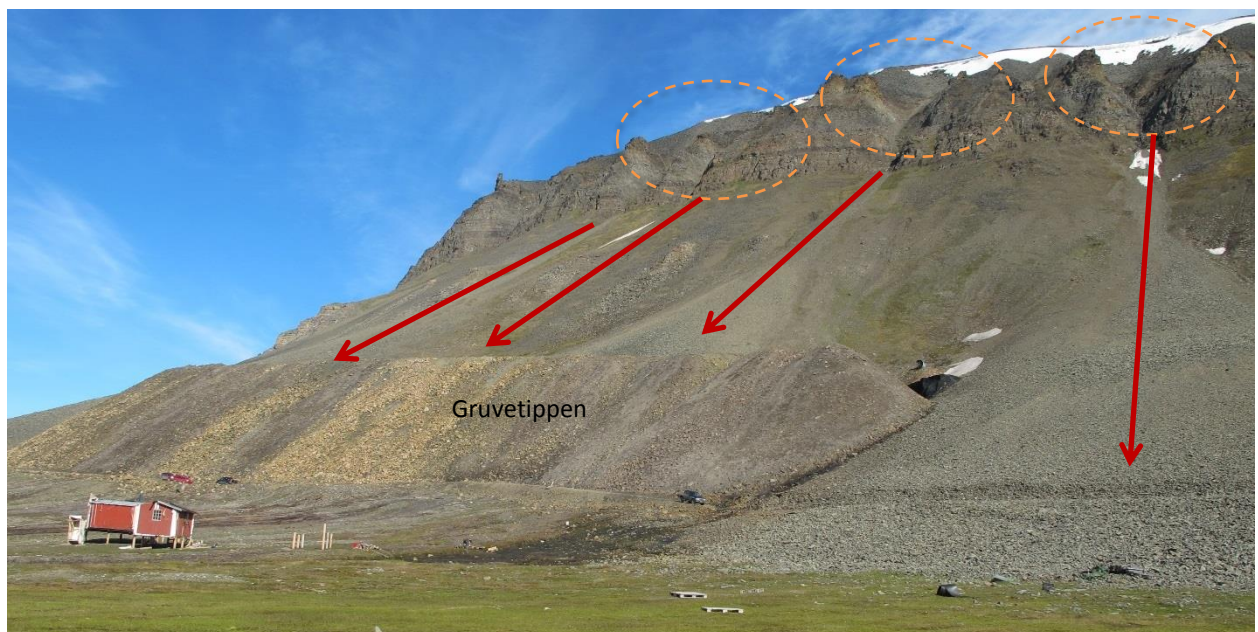
De østvendte skråningene på vestsiden av Bjørndalen, ligger utsatt til for akkumulering av snø med vindretninger fra vest og sørvest. Dette er ikke dominerende vindretninger for området, men en sekundær vindretning som ofte kan være nedbørførende. I perioder kan det akkumuleres snø også i disse skråningene. Det er markante snøskredavsetninger langs om lag hele denne skråningen, som indikerer at det har vært betydelig snøskredaktivitet også her. Det forventes imidlertid mindre snømengder på denne siden.

Langs denne østvendte skråningen er det valgt ut ett av flere potensielle løснеområder, hvor det er utført simuleringer og teoretiske beregninger. Disse simuleringene gir et representativt bilde av skredutbredelsen på denne siden av Bjørndalen. På nordsiden av brinken som vender mot havet er det vurdert at mindre snøskavl-brekk og nedfall kan forekomme. Slike hendelser antas dog å være mindre sannsynlig, men man kan ikke se bort fra det å da kan de ved ekstreme tilfeller kunne nå til eksisterende hytter.

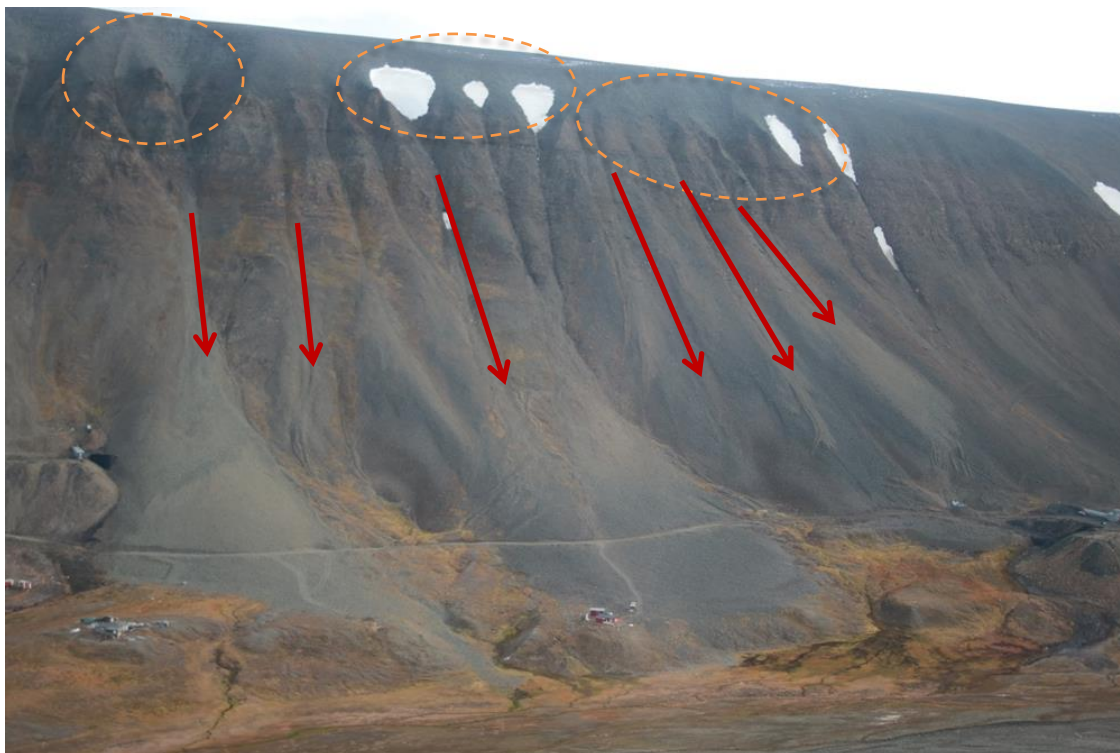
Simuleringer i RAMMS og teoretiske beregninger for snøskredutløp er verifisert gjennom enkelte registrerte utløp og strømningsbaner. Løsneområder, som er simulert, er kalibrert mot tidligere skredhendelser i området. Se vedlegg D.

Sørpeskred

I elvedalen lengst sør i det kartlagte området i Bjørndalen er det fare for sørpeskred. Det er også tydelige, store flomskredavsetninger i området. Dette området vurderes ikke nærmere da det åpenbart er et stort fareområde, se Bilde 12.



Bilde 21: Potensielle snøskredbaner, sett mot øst. Gruvetipp i front vil fungere som fangdam for mindre snøskred fra skråningen i spesifikk skredbane. Potensielle områder for skavlbrekk og etterfølgjende løснеområder/skredbaner for snøskred er avmerket med oransje.



Bilde 22: Skredbaner og potensielle løснеområder for snøskred er avmerket, Bjørndalen. Sett mot øst.



Bilde 23: Potensielle løснеområder for snøskred avmerket, i sørøstre del av Bjørndalen. Sett mot sørøst.

6.4 Modelleringsarbeid

Modelleringsverktøy er benyttet som hjelpemiddel ved vurdering av utløpslengder og for å vurdere strømningsmønstre i de ulike områdene. Modelleringene er basert på digitale terrengdata. I Bjørndalen er det hovedsakelig brukt 2,5 m x 2,5 m cellestørrelse i terrengmodellen. Modelleringsresultat er modelleringer og må derfor ses på som det. De vil imidlertid gi en pekepinn på

potensielle utløpslengder og strømningsmønster til skred. Hver enkel modellering blir vurdert separat, og ikke generalisert.

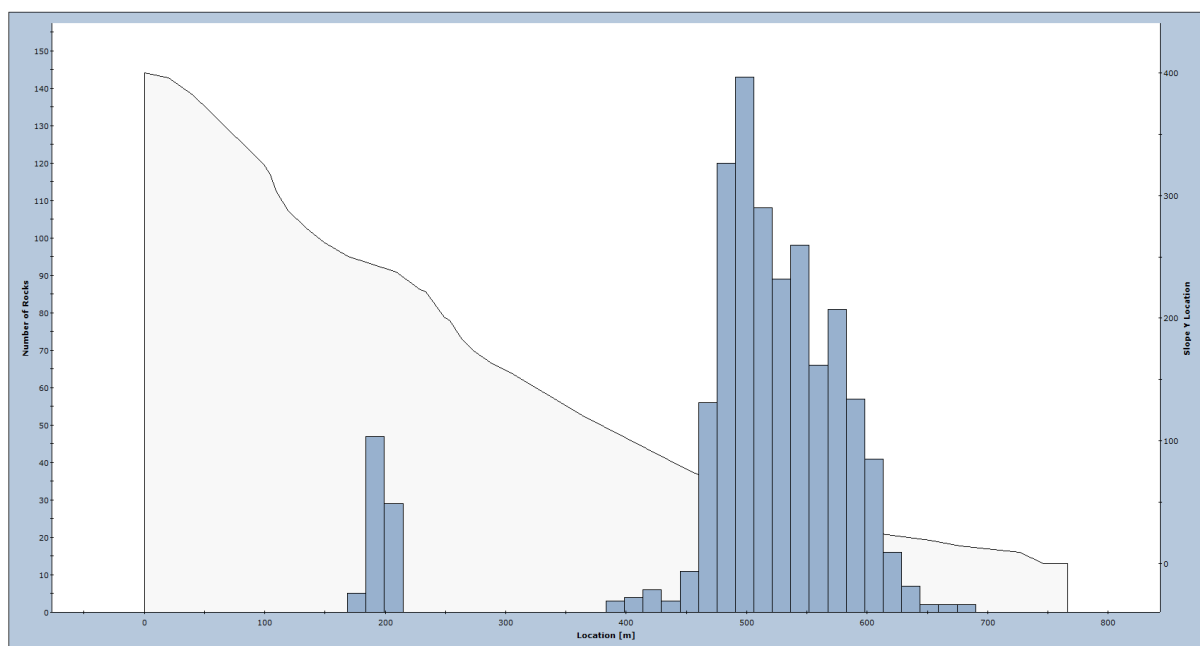
Det er benyttet ulike parametere for terrengets ruhet ved fjell, urer og løsmasser for å få mest mulig realistiske resultater i modelleringene. Der det har vært dokumenterte skredhendelser har det vært mulig å kalibrere parametere for ruhetsfaktorene på terrenget. Parametere som er brukt for simuleringer i vedlegg D, er vist nedenfor.

RocFall 5.0

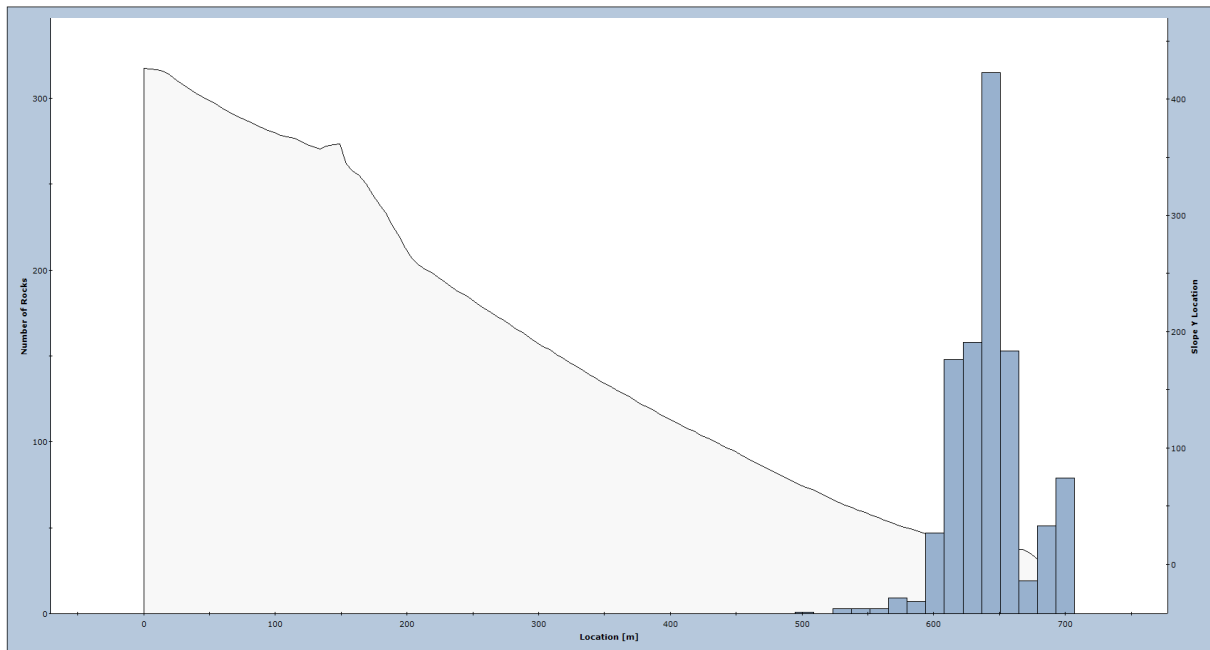
Tabell 1 viser parametere benyttet i modelleringen av steinsprang i Bjørndalen. Det ble brukt «rigid body» metoden og modellert 1000 tilfeller per utløst blokk. Størrelse og form på blokkene ble kalibrert mot feltobservasjonene av steinsprang i ulike lokaliteter (fra 0,5 m³ til ca. 1 m³). Blokkenes densitet er satt til mellom 2323 kg/m³ (sandstein) 2700 kg/m³ (kalkstein). Figur 15 og Figur 16 viser henholdsvis resultater ved simuleringer for profil I og III. Se også Vedlegg D, ved D_B_01.

Tabell 1. Inputparametere for ulike underlag/terrengtyper benyttet i steinsprangsimuleringer i Bjørndalen.

Underlag	Normal restitusjonskoeffisient (Rn)	Tangential restitusjonskoeffisient (Rt)	Dynamisk friksjon	Rullemotstand
Bergpartier	0.50	0.85	0.5	0.15
Talus	0.35	0.82	0.5	0.6
Grusveg	0.30	0.85	0.5	0.45



Figur 15: Resultater fra RocFall-profil I ved Bjørndalen, for lokasjon se vedlegg D_B_2. Modellert blokkstørrelse er 1 m³. Figuren viser distribusjonen av steinsprang langs det utvalgte profilet, hvor simulerte steinsprang stopper. Venstre y-akse viser antall steiner. Høyre y-akse viser høyde på skråningen i m. X-aksen viser horisontal avstand fra løsningsområdet i m.



Figur 16: Resultater fra RocFall-profil III ved Bjørndalen, for lokasjon se vedlegg D_B_2. Modellert blokkstørrelse er 1 m^3 . Figuren viser distribusjonen av steinsprang langs det utvalgte profilet, hvor simulerte steinsprang stopper. Venstre y-akse viser antall steiner. Høyre y-akse viser høyde på skråningen i m. X-aksen viser horisontal avstand fra løснеområdet i m.

RAMMS

I Bjørndalen er det ikke utført simuleringer for jord-, flom-, eller sørpeskred. Det området som potensielt ligger utsatt til for sørpeskred, er det som ligger nærmest flyplassen. Potensielle løснеområder og skredbaner er tilsvarende det som er beskrevet for områdene lenger nord i Multiconsults rapport 713416-RIGberg-RAP-001 fra desember 2016. De samme simuleringene og vurderingene ligger derfor også til grunn for denne kartleggingen. I dette området utgjør flomskred sekundær fare, og er derfor ikke simulert nærmere. Jord-, flom- og sørpeskred fra elvedalen lengst sør i Bjørndalen er heller ikke simulert, da åpenbart er et område med stor skredaktivitet og derfor ikke egner seg for bebyggelse eller annen infrastruktur.

Modellering av snøskred - RAMMS Avalanche

Løснеområdene er valgt på bakgrunn av tidligere hendelser, helning i terrenget (over 30°) og nærhet til infrastruktur som hytter. Det antas dermed at områdene som er definert, utgjør de største mulige løснеområdene og er representative for området. Det er sjeldent at hele løśnieområdet løsner under en reell hendelse. Størrelsen på løøgneområdet i m^2 , vil derfor kunne være noe større enn det som reelt løsner. Sett i lys av skredbanen, som generelt er 200-400 m lang, antas en viss meddrivingseffekt. Denne meddrivingseffekten er ikke tallfestet, men siden løøgneområdene generelt sett er noe større enn det som antas å være reelt, vurderes det til at meddrivingseffekten blir kompensert i simuleringene.

Akkumulering av snø på Svalbard kan variere mye, avhengig av eksponering i forhold til dominerende vindretning. På grunn av at snøakkumulering er dominert av vindtransport er det vanskelig å estimere reelle snømengder i de ulike skråningene kun basert på nedbørstatistikk. Svalbard er svært utsatt for vind, og snøen som faller blir erodert vekk i vindutsatte områder som platåer og fjellpartier på lo side eller parallelt med fremherskende vindretning. Hvor mye snø som blir liggende i de enkelte skråninger er avhengig av terrengformen og terrengets eksposisjon i forhold til fremherskende vindretning. De områdene som først og fremst samler snø, er renner/søkk og lehang under platåer. I dette prosjektet er ulike verdier for bruddkanthøyde benyttet avhengig av hvordan vinden er antatt/registerert å påvirke

snøakkumulering i de ulike terrengformene. Effekten av skavlbrudd er tatt i betraktning når det er estimert bruddhøyde der det kan være aktuelt. Simuleringer som er lagt ved er med gjentakintervall for 300 års scenario.

Tabell 2: Viser parameterne benyttet i simuleringene av snøskred vist i vedlegg D. Areal på løsneområdene på kartet er gitt i rekkefølge fra vest til øst/sør til nord.

Lokasjon	Bruddkanthøyde (m) ved utløsningsområdet	Areal løsneområder (m ²)
Løsneområde 1	1.5	40450
Løsneområde 2	1.5	4200 + 3000 + 7075
Løsneområde 3	1.5	12250
Løsneområde 4	1.5	6925
Løsneområde 5	0.5	20325
Løsneområde 6	0.5	6360

Løsneområde 1-4 ligger alle på øst siden av Bjørndalen og er områder som ligger i le for vind fra øst og sørøst, som er dominerende vindretninger på Svalbard. Her dannes hvert år snøskavler langs platåkanten og snø kan akkumuleres raskt. Områdene utgjør potensielle løsneområder med større snødybder.

Løsneområde 1 er det sørligste løsneområdet på østsiden av Bjørndalen. Dette området er valgt fordi det er et større le-område med typisk konkav utløpsområde som er gunstig med hensyn til lange skred utløp.

Løsneområde 2 er et løsneområde som ligger rett ovenfor ei hytte. Dette området har hyppig skavloppbygging og smale renner som representerer typiske skredbaner.

Løsneområde 3 ligger rett ovenfor en tidligere hytte som ble tatt av skred i des. 2015. Området består av en litt bred og en smalere renne rett under platået.

Løsneområde 4 ligner på løsneområde 3, men er noe mindre, og det er ikke observert like store skavldannelser som i område 2. I tillegg er det omtrent ved kote 50 en gruvetipp, som vil fungere som en fangvoll for snøskred. I følge observasjoner av tippet og simuleringene, vil tippet fungere godt som skredsikring ved mindre skred, så som 100 års skred.

Løsneområde 5 er et av flere potensielle løsneområder på vestsiden av Bjørndalen. Skråningen har flere markante traktformer rett under platået på Fuglefjellet. Det utvalgte løsneområdet er et av de mest markerte akkumuleringsområdene med registrert langt utløp på avsetningene. Langs hele denne skråningen er det flere tilsvarende områder, men dette er valgt som representativt for skredene i denne fjellsiden. Det kan akkumuleres vindtransportert snø fra både sør, vest og nord. Dette er imidlertid ikke dominerende vindretninger i området.

I **Løsneområde 6** er det valgt ut enkelte potensielle løsneområder, som er representative for flere lignende områder langs skråningen helt nord i Bjørndalen. Rett nord for et av områdene gikk det et mindre snøskred i desember 2016.

α & β beregning av snøskredutløp

Det er utført beregninger etter α/β -modellen på teoretiske snøskredutløp i området, se også kap. 5. Det er valgt å lage profiler i alle områder der det er simulert snøskred med RAMMS. Det er i tillegg utført α/β -beregning langs ett profil i skråningen i den nordlige delen i det aktuelle området. I nærheten av det sistnevnte profilen er det så seint som i desember 2016, registrert et mindre

flaskred. Profilene ble valgt ut fra den tidligere beskrevne faktiske skredhendelsen for å gi et kompletterende grunnlag for vurderingsarbeidet i området.

Beregningene som er utført stemmer godt med den beskrevne skredhendelsen og erfaringer fra beregninger tidligere på Svalbard. Se vedlegg D.

α/β -beregningene langs profilen lengst i sør i viser dog kortere utløp enn simuleringer i RAMMS. Dette kan man erfare der skråningsprofilene har en terrengprofil med bratt løsnemråde over et relativt slakt utløpsområde (iblant kalt hockey-stick profil).

6.5 Faresoner

Ved fastsettelse av faresoner er det tatt hensyn til både kjente skred og skredhendelser det er tydelige spor/avsetninger av i terrenget.

Det er utført simuleringer og beregninger på utløp for skredtyper som snøskred og steinsprang. Disse er kalibrert med kjente skredhendelser i området. Det er utført modellering med ulike gjentaksintervall og ulike snødybde for å få vurdert de ulike skredsannsynlighetene.

I enkelte områder kan flere skredtyper være aktuelle og det er den samlede skredfaren som fastsetter sannsynligheten. For hver faresone i et aktuelt område, er dimensjonerende skredtype avmerket. Dersom det kun er ett symbol er denne skredtypen dimensjonerende. Se vedlegg A.

I kartleggingsområdet lengst sør, ved den store elvedalen lengst inne i Bjørndalen, er det vurdert at sørpeskred kan representere stor fare. Ellers kan mindre sørpeskred forekomme i enkelte av de mindre kløftene i skråningene i perioder med ekstrem snøsmelting eller når snødekket blir vannmettet av regn. Disse vil opptre i samme områder som potensielle flomskred.

I området ved Vestpynten er det jord- og flomskred som er dimensjonerende skredtype. I området langs vegen ut til Bjørndalen er alle skredtyper (stein-, jord-, flom- og snøskred) aktuelle. Selve Bjørndalen har i all hovedsak snøskred som dimensjonerende skredtype. Dimensjonerende skredtype for hvert område er avmerket på faresonekartene. Se vedlegg A.

7 Revneset-Hjorthamn

Revneset-Hjorthamn er et ca. 9 km langt området på nordsiden av Adventfjorden. Se Bilde 24.

Ved Hjorthamn og Advent City ble det tidlig på 1900-tallet etablert gruvedrift som var periodisk i drift fram til 1940. I dag brukes enkelte bygg som fritidshus.

Det aktuelle undersøkelsesområdet er i all hovedsak sørvendt. Området er generelt tørt, med noen definerte bekker/elver og bekkeløp/elveløp. Terrenget i lavere del er bevokst av lyng og annen Svalbardflora.



Bilde 24: Området Revneset-Hjorthamn, sett mot nord.

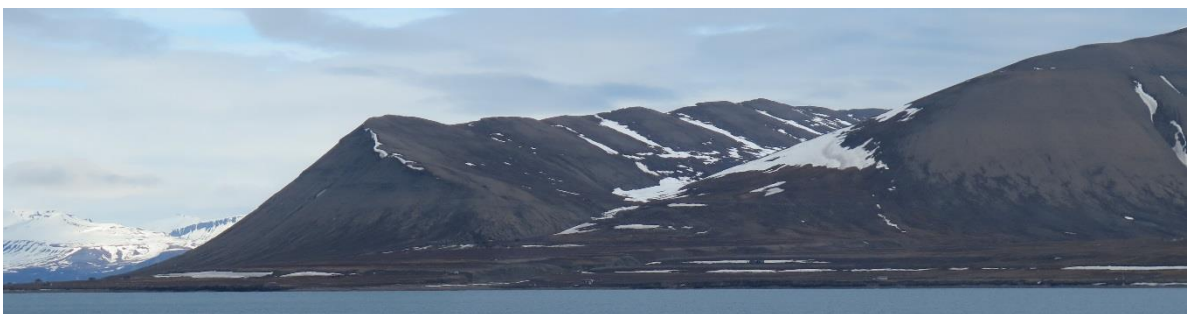
7.1 Topografi og grunnforhold

Terrenget er fra nordvest dominert av formasjonene Forkastningsfjellet (306 moh), Adventtoppen (786 moh) og Hjortfjellet (926 moh) helt i sørøst. Mellom formasjonene i nord ligger Hanaskogdalen med Hanaskogelva. Helt sørøst for kartleggingsområdet ligger Mälardalen, hvor flere mindre, sesongavhengige elver og bekker kommer ned fra den østvendte skråningen fra Hjortfjellet. Undersøkelsesområdet blir beskrevet i tre ulike deler definert ut fra topografien og skråningsprofilene mellom hav og fjell, beskrevet fra nord til sør som Revneset, Advent City og Hjorthamn.

Revneset

Terrenget ved Revneset stiger bratt fra havet mot Forkastningsfjellet. Det er en steil skrent fra dagens strandlinje opp til kote 2. Ved toppen på skrenten går terrenget over til en vestvendt skråning med helning som varierer mellom 10° og 27°. Ovenfor kote 60 er helningen generelt >27°. Helt øverst har skråningen en helning på over 45°. Øverst i skråningen er det eksponert berg. Lengre sør mot Hanaskogdalen er terrenget betydelig slakere, med helning generelt under 10°, opp til foten av fjellet. Se Bilde 25, Bilde 26 og vedlegg B.

Hanaskogelva har vannføring om lag hele året og et veldefinert elveløp. Elveskråninger er steile og utsatt for forvitring og erosjon. Under de kaldeste vintermånedene går vannføringen ned og elveløpet er gjensnødd og frossen.



Bilde 25. Revneset, sett mot nord.



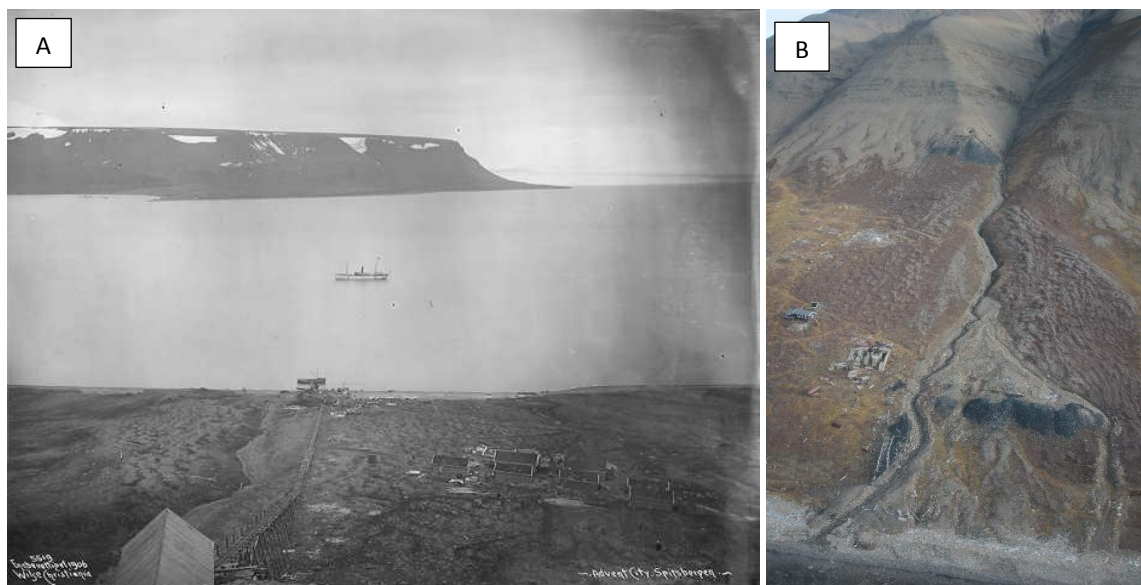
Bilde 26: Revneset med snødekke, ref. <https://no.wikipedia>, 2017.

Advent City

Ca. 1 km sørøst for Hanaskogelva, blir det igjen kort avstand mellom strandlinjen og fjellfoten slik at Adventtoppen reiser seg steilt opp nesten rett fra havet, se Bilde 27. Ved Advent City, var det gruvedrift mellom 1905 og 1908. I dag er det kun ruiner igjen og relativt ferske flomskredavsetninger mellom ruinene. Videre sørøstover er det < 200 m med slakt terreng strandskrenten til fjellskråningen med helning brattere enn 27°. Det er flere større og mindre bekkeraviner med ferske flomskredavsetninger i området. Om lag 1 km nordvest for Hjorthamn blir det igjen større avstand (ca. 250 m) mellom strandlinjen og fjellfoten med helning mer enn 10°. Se Bilde 28, Bilde 29 og vedlegg B.



Bilde 27. Advent City med Adventtoppen til høyre i bilde. Sett mot nord.



Bilde 28. A) Viser et bilde fra 1908 tatt mot sørvest fra inngangen til Advent City gruva. Ref. PicClick CA, 2017. B) Viser samme område i 2016 men sett mot nordøst.

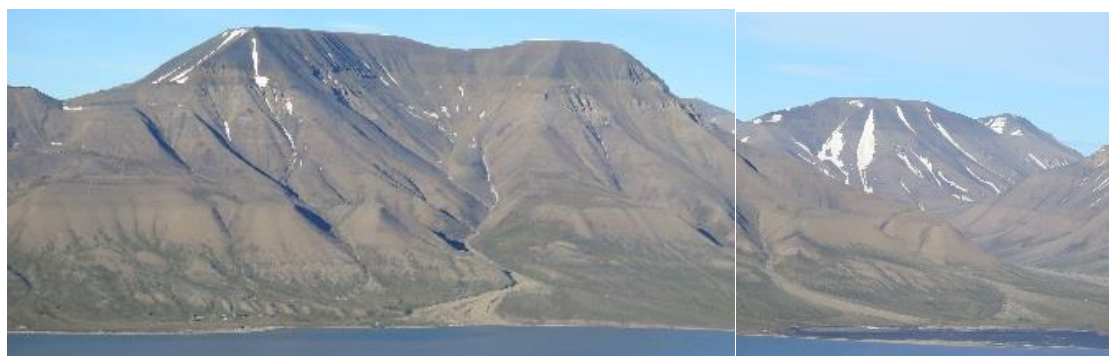
Hjorthamn

Området ligger ved foten på Hjortfjellet og har vært bebyggt som et aktivt gruveområde siden 1917, med bl.a. flere hus og utlastingskai. Flere av byggene står fortsatt og brukes i dag som hytter. Den nederste delen av bebyggelsen ligger på den gammel strandflaten. Nord og sør for der hoved delen av bebyggelsen er plassert har det over tid bygd seg opp store markante elveavsetninger.

Det er tilnærmet flatt om lag 200 m fra strandkanten og opp til hovedklyngen med hus. I overkant av husene er det en markant brink med gj.snittlig helning på 20°. Ved toppen på brinken ligger et større platå ved ca. kote 35. På dette platå ligger den høyest-liggende bebyggelsen som er i bruk i området. Videre opp i skråningen, er det flere markante traktformasjoner i fjellet. Flere av disse representerer bekker med sesong basert vannføring.

Hjortfjellet er et av de mest avbildede fjellene på Svalbard med sitt karakteristiske utseende. Se Bilde 29 og Bilde 30.

Befaring til området ble gjennomført mens det var frost og terrenget framstod som tørt. Det er imidlertid flere områder med klare tegn på mye flomskredsaktivitet i skråninger med finere løsmasser og langs eksisterende raviner og bekkeløp.

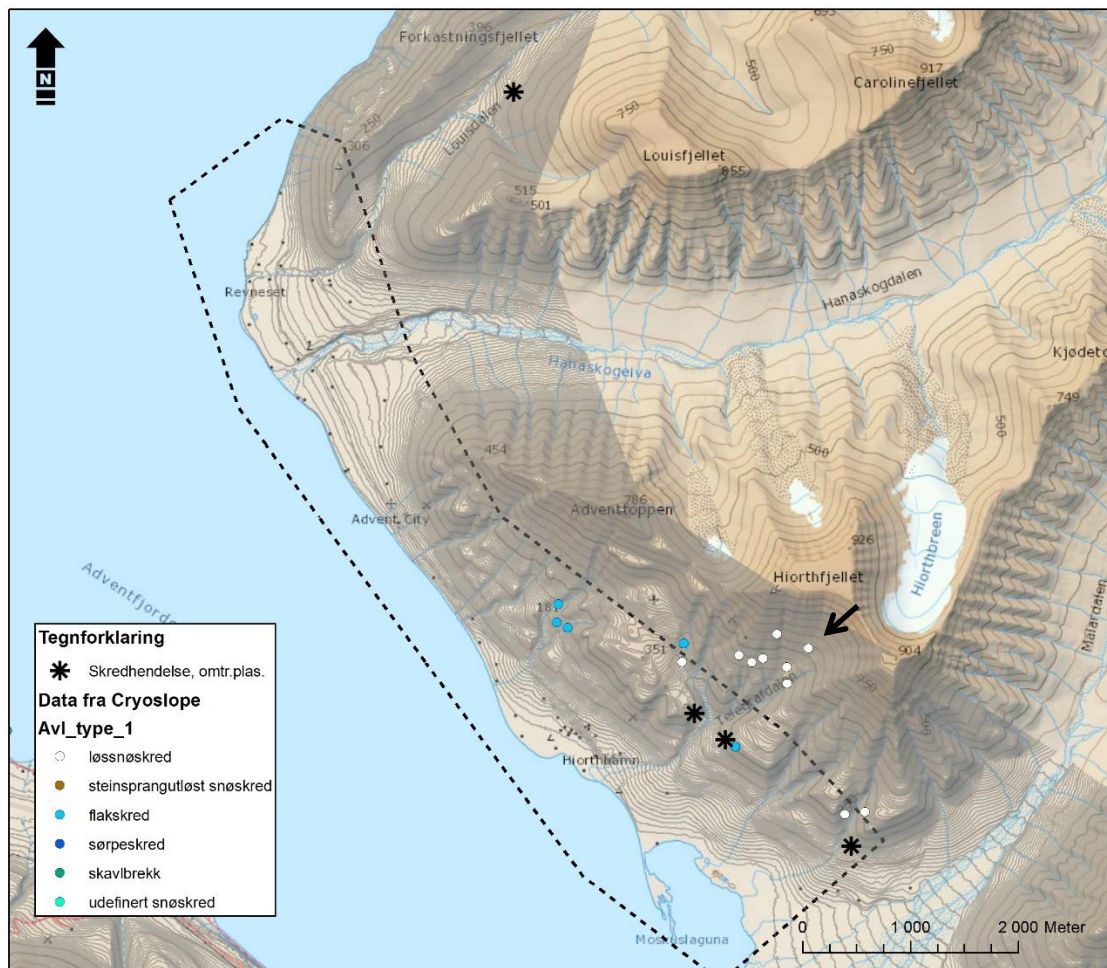


Bilde 29. Hjortfjellet med Hjorthamn til venstre i bildet, Mälardalen helt til høyre i bildet. Sett mot nord.

7.2 Skredhendelser

I databasen for prosjektet Cryoslope er det registrert flere skredhendelser i området ved Hjorthfjellet. I 2017 er det også registrert flere skredhendelser i *varsom.no*. Det er benyttet personlige erfaringer til å evaluere skredfaren i området i tillegg til at flere hytteeiere er intervjuet ang. tidligere hendelser.

Et av de siste registrerte skredene er fra den 26. februar 2017. Det var et flakskred i den sørvestvendte skråningen ved Telegrafdalen under Hjorthfjellet. I Cryoslopes database ble det i 2010 registrert skred i samme flanke. Disse registreringene indikerer stor skredaktivitet i området. Se Figur 17.



Figur 17. Kart som viser registrerte skredhendelser i området Revneset-Hjorthamn. Svart pil angir omtrent lokasjon for hendelsen vist på Bilde 31.

Det er i hovedsak vannrelaterte skred og skredbaner som forandres mest i området ifølge informasjon fra lokalkjente (ref. Hekne, 2017). I følge registreringer i *varsom.no* i 2017 har det gått flere mindre snøskred i flere skråninger i de sørligste delene av kartleggingsområdet, med orientering både Ø-SØ, V og SØ.

Flere steder i skråningene er det avsetninger fra både eldre og yngre vannrelaterte skredhendelser og mindre jordutglidninger. Se Bilde 32.

Databasen Cryoslope, *varsom.no*, befaringsobservasjoner for denne rapporten og studium av flyfoto gir god dokumentasjon av skredaktivitet i det aktuelle området. NGU/UNIS har ingen pågående kartlegging av løsmasser eller landformer i dette området. Se Figur 17, Bilde 30, Bilde 31 og Bilde 32.

Mange av skredhendelsene som har skjedd ved Hjorthfjellet, har vært utløst eller fjernutløst av menneskelig aktivitet. Se Bilde 31.



Bilde 30. A og B) Skred Hjortfjellet 26/2-2017. Foto Frede Lamo, fra varsom.no, feb. 2017.



Bilde 31. Snøskred i gryta på Hjortfjellet, utløst av menneskelig aktivitet mars 2009 Ref.VG nett 15.3.2009



Bilde 32. Sommer 2016, jordutglidning i slakt terreng pga. vannmetning. Sett mot sør helt i sørøstre kant av vurdert område. Foto J. Rognmo 2016

I Skråningene ovenfor Hjorthamn er det registrert betydelig mer skredaktivitet enn i områdene lengre ut mot Revneset. Kjentfolk opplyser også at de ikke er kjent med nevneverdig skredaktivitet ut mot de ytre delene av Revneset (ref. Ringheim, 2017).

7.3 Vurdering av skredfare

Snøskred

Det er flere potensielle utløpsområder for snøskred i området Revneset-Hjorthamn. Snøakkumuleringsområder som dalsenkninger, kløfter, bekkedaler og raviner kan ved ugunstige vindretninger akkumulere vindtransportert snø. Enkelte skråninger kan også, ved kraftig nedbør og ugunstig vindretning, få tykke snølag. Snøen som ikke blir liggende i le for vinden, blir normalt transportert bort. Generelt er det derfor lite snø som blir liggende i vindeksponerte skråninger. Tynne snødekker kan imidlertid også få ustabil oppbygging i form av godt utviklede begerkrystaller i

bunnsjiktet. Dersom det utvikles slike sjikt, kan det bli skred i områder som normalt ikke opplever skredaktivitet.

De markante grytene og kløftene, med tilhørende forsenkninger, i de høyere liggende områder i Hjortfjellets østre del, akkumulerer normalt store mengder snø. Det er kjent at det fra disse formasjonene årlig går snøskred av ulik størrelse, både naturlige og utløst av menneskelig aktivitet, se Bilde 31. De høyereliggende formasjonene som har potensielle løsneområder er ikke undersøkt nærmere, da utløpene på skred fra de områdene ikke vurderes å nå ned til dagens bebyggelse. Skred vil følge tydelige og kjente skredbaner og med kjent utløp.

I denne vurderingen er det i hovedsak sett på løsneområder og skredfare som har potensiale til å nå nedenfor kote 100 og der det er bebyggelse i dag.

Skråninger der det normalt ikke akkumuleres snø, men der helningen er over 30°, kan i perioder med ekstremvær og ugunstige nedbørsførende vindretninger være potensielle løsneområder for snøskred. Områder hvor dette kan utgjøre fare for eksisterende hytter eller annen aktivitet, er vurdert som potensielle fareområder.

Om våren, ved intens solinnstråling og varme temperaturer, har det vært observert mindre våtsnøskred. Disse fungerer som en form for løssnøskred, men har sjelden lange utløp.

Det poengteres at skråningene med den sørvendte eksponeringen for sol, gir et lokalklima som fører til at snøen tiner tidlig. Snøen sublimeres (ser ut som den fordamper) fra skråningene også når temperaturen er under frysepunkt. Dette fenomen er relativt tydelig i hele dette området.

Simuleringer i RAMMS og teoretiske beregninger av snøskredutløp verifiserer enkelte utløp og strømningsbaner i området der det også finnes dokumenterte hendelser. Flere av beregningene gir imidlertid et mer konservativt resultat. Dette kan forklares med at terrenget modellen som er benyttet er grov og at simuleringene beskriver ekstreme hendelser. Se vedlegg D.

Sørpeskred

Sørpeskred er en aktuell skredtype på flere av stedene på Svalbard og forekommer i både mindre og større bekkedaler og raviner. Sørpeskredhendelser er imidlertid ikke rapportert i de aktuelle områdene.

I skråninger med dreneringsløp, slik som elve- og bekkedaler og grunne forsenkninger, kan vann samles i snødekket og vil da representere løsneområder for sørpeskred. Hvis ikke vann i snøen drenerer raskt nok i perioder med mye regn/snøsmelting kan snømassene bli ustabile og sørpeskred utvikles. Dette kan skje i områder med mindre helning enn for andre typer snøskred (kan opptre helt ned i helninger på 5°).

De større bekkedalene som går SV-NØ representerer potensielt løsneområder for sørpeskred. Fjellsidene i undersøkelsesområdet er relativt bratte, men det er relativt kort avstand mellom toppen på fjellene og strandlinjen. Akkumuleringsområder der snø kan bli vannmettet er dermed relativt begrenset. Sør- og vestvendte skråninger vil imidlertid bli eksponert for intenst sollys slik at snøen forsvinner tidlig og bekker kommer fram tidlig. Det gjør at bekkene tidlig klarer å transportere bort vannmasser.

Sørpeskred kan ha lange utløp og strømningsmønster som kan sammenlignes med flomskred. I det aktuelle området vurderes det at eventuelle framtidige sørpeskred vil følge definerte skredbaner som også er knyttet til flomskredløp.

Jord- og flomskred

De sørvendte skråningene i Revneset-Hjorthamn området er generelt tørre. De nedre delene av skråningene består generelt av finere forvittringsmateriale med Svalbardvegetasjon. Vegetasjonen vil bidra til å binde løsmassene.

Permafrost på Svalbard gjør at smeltevann ikke infiltreres i grunnen, men må renne bort som overflatevann. Skråningene har flere definerte raviner og bekkeløp hvor det meste av vannet blir kanalisert.

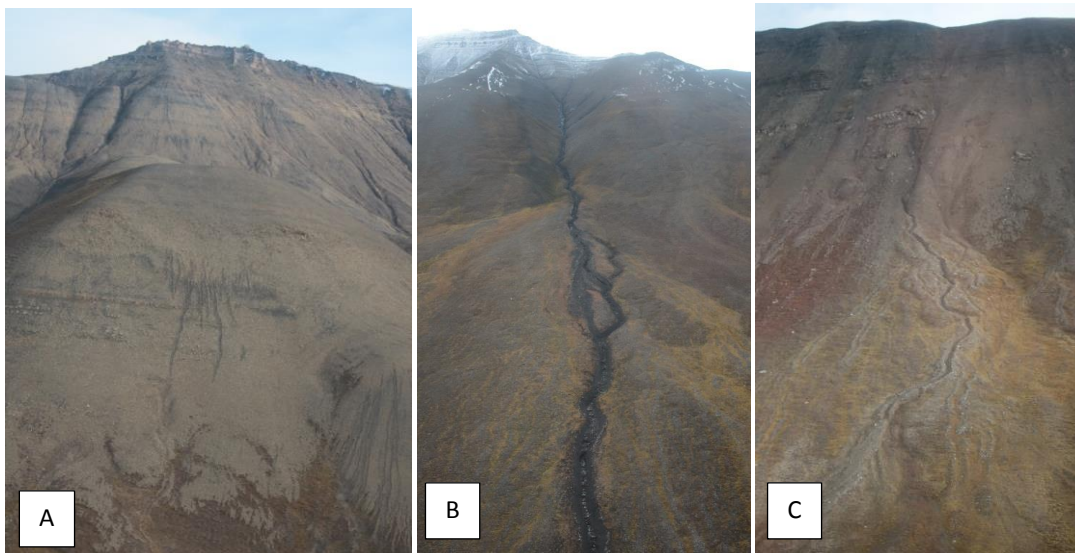
Smelting av tine-ustabile masser, samtidig som massene blir tilført vann ved kraftig snøsmelting eller regn, kan resultere i utglidninger og defineres da som jordskred. Slike større utglidninger skjer oftest i skråninger med helning større enn 20° (skråningene kan også være slakere) og trenger ikke følge definerte vannløp. Se Bilde 32.

Skred kan starte i perioder av året da det er stor vanninfiltrasjon fra smeltevann eller regn. Skredene omtales da som flomskred. I området er det flere flom- og elveløp med tilhørende flom- og elveavsetninger i bunn av elveløpene. Se Bilde 33.

Tilsvarende aktivitet kan forventes i fremtiden.

I de undersøkte skråningene er mye av skredfaren knyttet til vannrelatert skred. I perioder med mye vann er faren stor for at det vil opptre jord- og flomskred langs markante skredbaner. I alle skråninger med tine-ustabile løsmasser kan det oppstå utglidninger i tinefasen, men disse vil normalt ha begrenset omfang. De kan likevel føre til lokale ødeleggelser der infrastruktur ligger utsatt til under bratte skrenter. Kombinert med ekstra tilførsel av smeltevann eller regn, kan tine-ustabile masser i tinefasen resultere i jord- og flomskred.

Den dimensjonerende skredtypen i flere av skråningene langs strekningen Revneset-Hjorthamn er jord- og flomskred.



Bilde 33. A) Viser overflate utglidning sett mot nordøst B) og C) Viser definerte skredbaner med flomskredavsetninger, sett mot øst.

Steinsprang

På strekningen Revneset-Hjorthamn er det enkelte partier med eksponert berg. Disse partiene er generelt kraftig oppsprukket og høyt oppe i skråningen. Steinsprang fra partiene med eksponert berg vil stoppe i skråningene før de når det kartlagte området.

Topografien lengst nord på Revneset er annerledes ved at fjellene er lavere (ca. 300 m.o.h). Her kan stein som løsner fra de nedre partier med eksponert berg nå lengre ned. Det er registrert tydelige steinsprangavsetninger i området. Siden berget er kraftig oppsprukket og det er aktiv forvitring i berget, er sannsynligheten for nye blokkfall stor fra alle fremstikkende bergpartier som har helning over 45° og ligger ovenfor kote 170.

Stein som løsner lengst nord på Revneset vil generelt være små fragmenter og få kort utløp siden berget her er kraftig oppsprukket. Flybildestudier, tolkning av tidligere avsetninger og simuleringer i RocFall tilsier at steinsprang hovedsakelig stopper før kote 30. Steinsprang er den dimensjonerende skredtypen for faresone med sannsynlighet 1/100 på Revneset. For de øvrige faresonene vil flomskred være dimensjonerende. Se vedlegg A.



Bilde 34. Viser området mot hytte på Revneset der det potensielt kan være fare for steinsprang. Sett mot øst.

7.4 Modelleringsarbeid

Modellering og simuleringsverktøy er benyttet som hjelpemiddel ved vurdering av utløpslengder og for å vurdere strømningsmønster langs ulike skredbaner. I datasettet for Revneset-Hjorthamn er det benyttet terrengmodell med oppløsning 2,5 m x 2,5 m.

Modelleringsresultatene er en grov strømningsmodell, men vil likevel gi en pekepinn på utløpslengde og strømningsmønstre. Simulering av små snøskred er ofte vanskelige å få kalibrert siden programmet er utviklet for større skred under Sveitsiske forhold (ref. personlig kommunikasjon med L. Stoffel, 2017).

Parameterne i modellene har blitt kalibrert ved å simulere skred der det er dokumenterte skredhendelser med definerte utløp. Dette for å få mest mulig realistiske simulering i de øvrige områdene.

Se vedlegg D.

RocFall 5.0

RockFall simuleringer på Revneset er utført langs et utvalgt profil ved eksisterende hytte, der potensielle løsneområder for steinsprang ble observert. På bakgrunn av kartlegging og simuleringer er ikke steinsprangfare vurdert å være dimensjonerende skredtype i områdene.

RAMMS**Modellering av flom-, sørpe- og jordskred- RAMMS debris flow**

Det er utført modellering av flomskred i 8 aktuelle områder. Skredene som opptrer i markante baner eller forsenkninger antas å starte ved at vannmettede, ustabile løsmasser løsner i et punkt før ytterligere masser blir revet med underveis i utløpet. Disse skredene opptrer som flomskred langs definerte løp og blir avsatt ofte som langsgående rygger eller skred-leveer.

Uten ekstra vannmetningen, som oppstår i definerte skredbaner, utvikles kun mindre utglidninger og jordskred som ikke har så lange utløp som flomskred.

Ved spesielle forhold kan sørpeskred potensielt utløses langs strekningen Revneset-Hjorthamn. Slike sørpeskred vurderes å opptre på samme lokasjoner som flomskred. Derfor er det ikke utført noen sørpeskredsimuleringer i området, ettersom flomskredsimuleringene også vil gi nødvendig informasjon om strømningsmønsteret for sørpeskred.

Parameterer som er brukt ved simulering av skredene er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Viser parameterne benyttet ved simuleringene av jord- flomskred. Vist i vedlegg D.

Løsneområde	Dry-Coulomb type friction μ ()	Viscous-turbulent friction ξ (m/s ²)	Dybde (m) ved utløsningsområdet	Areal løsneområder (m ²)
1	0.08	400	0,8	2520
2	0,08	400	0,8	2292+3910
3	0,08	400	0,5	13325+13317
4	0,08	400	0.5	730
5	0,08	400	0,8	677
6	0,08	400	0,5	3690
7	0,08	400	0,5	26522
8	0,08	400	0,8	3200+5600

Løsneområde 1

Område definert utfra markant bekkeravine der løsmasser kan løsne ved stor vannføring.

Løsneområde 2

To markante raviner som går sammen til et løp, markant avsetning.

Løsneområde 3

To potensielle løsneområder avmerket et stykke oppe, løpene går sammen til ett stor. Det er en markant elveavsetning i bunn med hytte på. Området er utsatt for flomskredaktivitet.

Løsneområde 4

Mindre skredbane med vannføring deler av sesongen, potensielt løsneområde. Valgt mtp. potensiell strømning mot eksisterende hytte.

Løsneområde 5

Mindre ravine som sesongvis kan være utsatt for flomfare, beliggenhet ovenfor flere hytter ved Hjorthamn.

Løsneområde 6

Mindre ravine, valgt mtp. strømning mot hytte i skråningen under.

Løsneområde 7

Markant større ravine med aktivt flomløp, hytte står på avsetninger.

Løsneområde 8

Området består av to markante raviner der flomskred kan oppstå og potensielt ha utløp mot eksisterende hytter. Det ene området ligger nord for området Advent City. Det andre løsneområdet er ravinen som kommer ned rett ved ruinene etter gruvevirksomheten.

Modellering av snøskred - RAMMS Avalanche

Modelleringsverktøyet har enkelte begrensninger, spesielt ved simulering av små snøskred. De relativt små størrelsene på skredene er utfordrende å få kalibrert i modellen. Det er derfor valgt å vise modelleringer som er utført med returperioder for 10 år.

Det er valgt 11 potensielle løsneområder for snøskred som er modellert. Områdene er valgt på bakgrunn av tidligere hendelser, spor av tidligere skred, områder med over 30° helning der det potensielt kan akkumuleres større mengde snø og nærhet til hytter og kjente scootertraseer. Det antas dermed at områdene utgjør de største mulige løsneområdene og er representative for området. Det er usannsynlig at hele det definerte løsneområdet løsner under en reell hendelse. Størrelser på løsneområdet i m², vil derfor være noe større enn det som reelt løsner. Det antas en viss medrivningseffekt, dersom skred løsner. Denne medrivningseffekten er ikke tallfestet, men siden løsneområdene generelt sett er noe større enn det som er reelt, vurderes det til at medrivningseffekten blir kompensert ved simuleringene.

Akkumulering av snø på Svalbard kan variere mye, avhengig av skråningseksponering i forhold til vindretning når det er nedbør og perioden etter. De områdene som først og fremst samler snø er renner/søkk og lehang under platåer. Det er fokusert på områder hvor det ved ekstremtilfeller kan løsne snø og utløses snøskred. Det er flere av de simulerte områdene som har lite sannsynlighet for stor snøakkumulering på grunn av at vind fjerner snøen fra skråningene. I det aktuelle området er ikke skavlbrekk et faremoment som øker snøskredfare, derfor er det ikke tatt ekstra hensyn til dette ved estimering av snømengde ved simuleringene.

Tabell 4: Informasjon benyttet i simuleringene av snøskred vist i vedlegg D. Areal på løsneområdene på kartet er også gitt i tabell.

Løsneområde	Dybde (m) på løsneområdet	Areal løsneområder (m ²)
1-4	0.25	5420+4782+6472+13950
5	0.5	3655
6	0.5	7040
7-9	0.25	6607+2482+12380
10-11	0.5	9735+5777

Løsneområde 1-4

Områder valgt pga. at det ligger hytter her som potensielt kan bli påvirket av eventuelle skred. Variert snøakkumulering i disse områdene. Område 2 og 3 vurderes som mer realistiske områder.

Løsneområde 5

Område der det har gått flere snøskred bl.a. i feb.2017.

Løsneområde 6

Flanke som har liten sannsynlighet for stor snøakkumulering pga. vind som eroderer, simulert for å visualisere ekstreme hendelser.

Løsneområde 7-9

Skråningsflanker der det vurderes lite sannsynlig med stor snøakkumulering, men simulert for å se på strømningsmønster mot hytter ved evt. ekstremhendelser.

Løsneområde 10-11

Potensielle nordvestvendte akkumuleringsområder for større snømengder, med skredbaner som leder ned mot hytter.

 α/β -beregning av snøskredutløp

Det er utført beregninger etter α/β -modellen på teoretiske snøskredutløp i området. Det er valgt å lage profiler og utføre beregninger i alle de områdene der det er simulert snøskred i RAMMS. Beregningene som er utført med α/β -modellen stemmer delvis med simuleringer i RAMMS, men flere av beregningene viser lengre potensielle utløp enn RAMMS simuleringene.

α/β -beregninger er utført i bl.a. skråningen der det er kjent at flere skred har løsnet (ved scooterløypa opp til Linken). Beregninger med α/β -modellen viser imidlertid at skred potensielt kan nå mye lengre enn det som er observert i denne skråningen. Dette har sannsynligvis sammenheng med størrelsen på simulert skred å gjøre.

Skredutløp etter α/β -modellen er i hovedsak basert på data fra store skred på Vestlandet i fastlands-Norge, og middelveidien i datagrunnlaget ligger antagelig med noe lavere vinkel om man hadde kartlagt kun tørre flakskred i et kontinentalt klima. Dette kan verifiseres fra tørre flakskred i bl. a. Jotunheimen og Finnmark. Store, tørre flakskred på Svalbard vil sannsynligvis ha lengre midlere utløpsdistanse enn middelveidien i modellen, derfor er det naturlig å bruke standardavvik som kompensasjon for manglende data. Hvis løsneområdene er store og skredvolumet anses å bli stort, er det ved vurdering av skredfare for bebyggelse naturlig å legge inn ett eller to standardavvik på middelveidien. Særlig for lange utløp er det tidligere funnet profiler som har bratt bakskråning ovenfor 10 graders punktet og et langt utløpsområde (ref. J. Larsen, 2017).

7.5 Faresoner

Ved fastsettelse av faresoner er det tatt hensyn til både kjente skredhendelser og tydelige avsetninger i terrenget. Det er utført teoretiske simuleringer og beregninger på utløp for skredtyper som snø, flom- og jordskred og steinsprang. Det er ikke vurdert å være fare for store sørpeskred i det aktuelle området. Dersom det i framtiden oppstår forhold som tilsier økt sørpeskredaktivitet i området, vil det være i eksisterende flomskredbaner, og sørpeskred antas å ha tilnærmet samme utløp som flomskredene i disse banene. Våte snøskred kan iblant bli omtalt som sørpeskred. Dette er ikke helt riktig da de har kortere utløp og ikke består av like mye vann, og derfor omtalt som snøskred.

Beregningene utført med α/β -modellen stemmer delvis med simuleringer i RAMMS, men flere av beregningen viser lengre potensielle utløp enn RAMMS simuleringene. Beregninger langs profilene og simuleringer er en teoretisk tilnærming som gir et teoretisk mulig bilde av virkeligheten. Fastsetting av faresoner er basert på skjønn der simuleringene bare er et tilleggsverktøy, som ikke gir eksakte resultater. Hver beregning og hvert modelleringsresultat er vurdert individuelt.

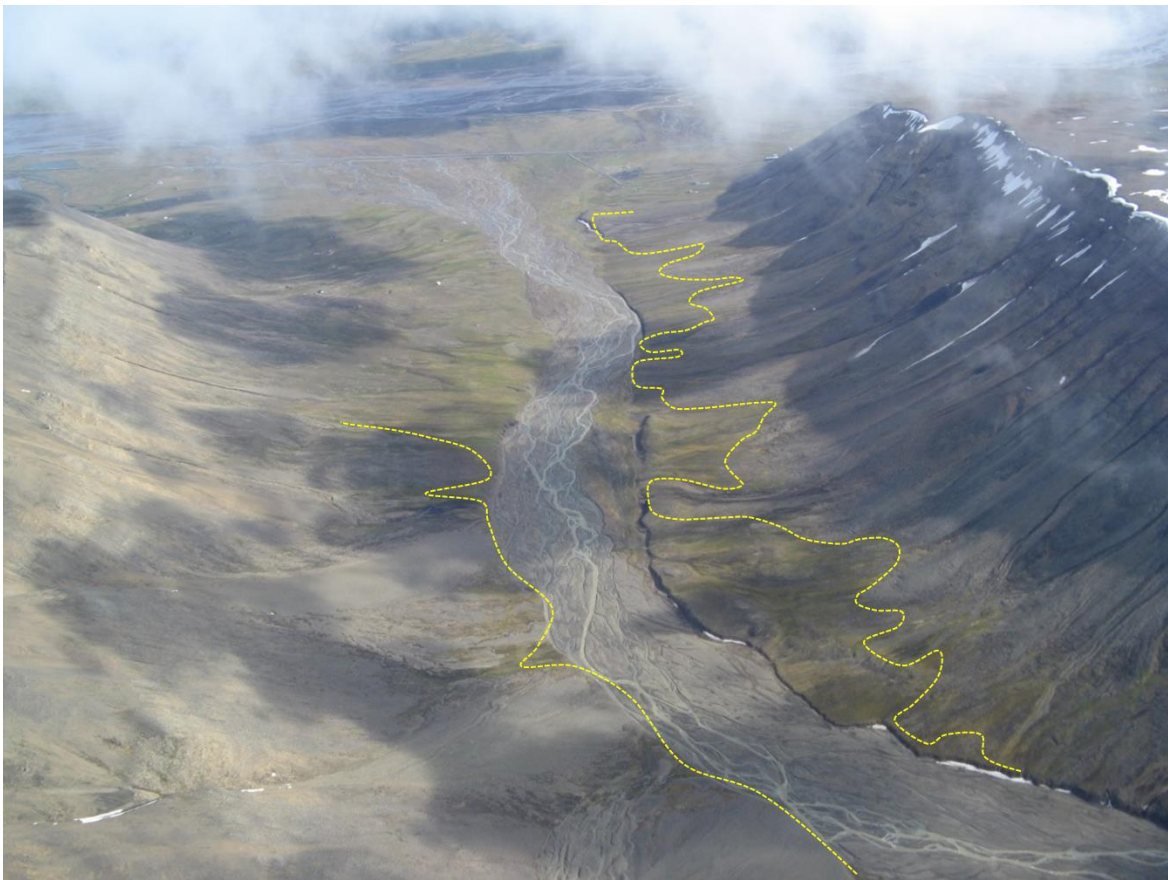
I hvert tilfelle og med nøyaktighet ned til 50 m i terrenget, er det sett på alt innsamlet materiale som bl.a. faktiske avsetninger, historikk vedrørende skred, erfaringer fra lokalbefolkning, beregninger, simuleringer og meteorologiske forhold. Utfra dette er det utført en kvalifisert vurdering der utførendes erfaringer ligger til grunn for diskusjoner og vurdering av det innsamlete materialet for fastsettelse av faresoner.

I området Revneset-Hjorthamn er det i hovedsak jord- og flomskred som er dimensjonerende skredtype. Helt nord på Revneset er det for høyere sannsynlighet (1/100), steinsprang som er dimensjonerende. Se vedlegg A.

8 Todalen

8.1 Topografi og grunnforhold

Todalen er en U-dal med bred elveslette, se Bilde 35. Dalåpningen i nord er noe bredere og NØ-SV orientert, mens lenger inn mot sør bøyer dalen seg til mer N-S retning. Todalselva renner i midten av dalen, og slutter seg til Adventelva i nord. Begge dalsidene av Todalen har spor etter aktive skredprosesser. Det er observert flere skredavsetninger (snø-, stein-, jord- og flomskred) der snøskred og jord-/flomskred er mest dominerende. Skråningene strekker seg opp til ca. 400-500 m.o.h. før det flater ut på toppen av Bayfjellnosa (Karl Bayfjellet) i vest og Bolternosa (Carl Lundfjellet) i øst. Skråningene består i hovedsak av forvitret sandstein. Eksisterende bebyggelse er konsentrert i nordlige deler av kartleggingsområdet ved dalåpningen.



Bilde 35. Kartleggingsområdet Todalen sett fra luft. Bildet viser den vestlige, mer avrundete og generelt noe slakere skråningen til venstre, samt den østlige, brattere skråningen til høyre. Aktive skredbaner og -avsetninger er synlige på begge sider av dalen (de mest aktive delene av noen av disse er markert med stiplede linjer). Bilde tatt av Anders Skoglund, Norsk Polarinstitut.

I den sørlige delen av dalen er det på vestsiden noen store og brede bekkeraviner med vifteformasjoner ned til elven (Bilde 43). Fjellsiden videre nordover er karakterisert av mindre raviner og traktformasjoner (27° - 35°) med delvis brattere bergskrenter (50° - 90°) øverst i skråningen. Helningen på vestsiden av dalen er generelt $\leq 45^{\circ}$. I nord, nærmere Adventdalen, er den øverste delen av skråningen mer avrundet uten brattere bergskrenter. Skråningen i dette området er mer jevn, utenom noen få markante raviner. Her består massene i skråningen av grovere løsmasser og forvitret steinmateriale. Lengst nord er det noe finere materiale i den nordøstvendte skråningen, se Bilde 36.



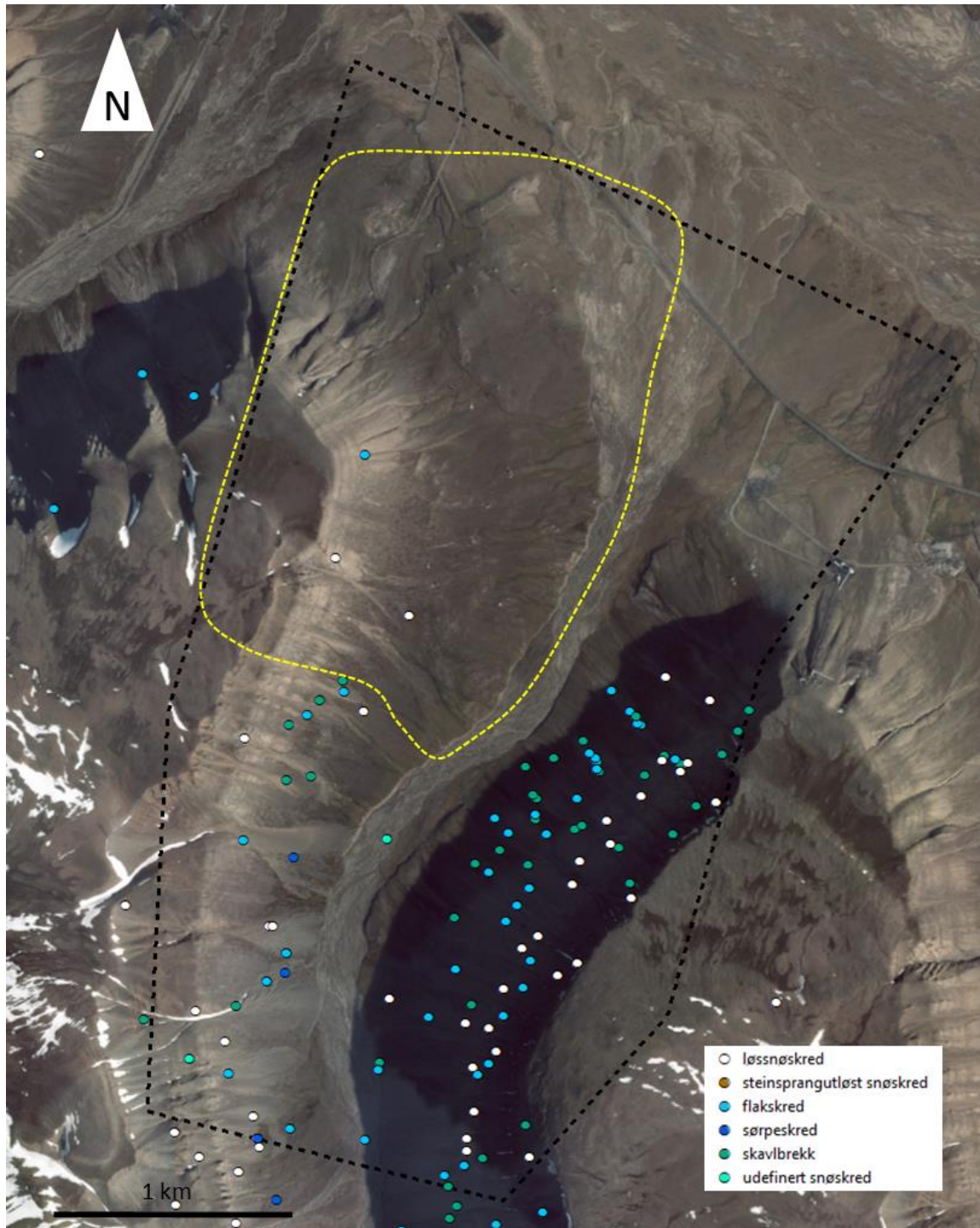
Bilde 36. Nordvest i kartleggingsområdet under Bayfjellnosa, sett mot sørvest. Noen av skredbanene (både jord- og flomskred og snøskred) er markert med piler.

Hele den øverste delen av skråningen (ca. kote 370-450) på østsiden av kartleggingsområdet er bratt ($>50^\circ$) med en markant og bratt kneik fra fjelltoppen og ned mot dalen. I gjennomsnitt er skråningsprofilen $\leq 45^\circ$, i likhet med vestsiden av dalen. Det finnes flere brattere partier også i nedre deler av skråningen i øst. Lengst sør, på østsiden, er skråningen dominert av mange mindre raviner. Lenger nord blir disse bratte ravinene dypere og markante, gjerne med en traktformasjon øverst.

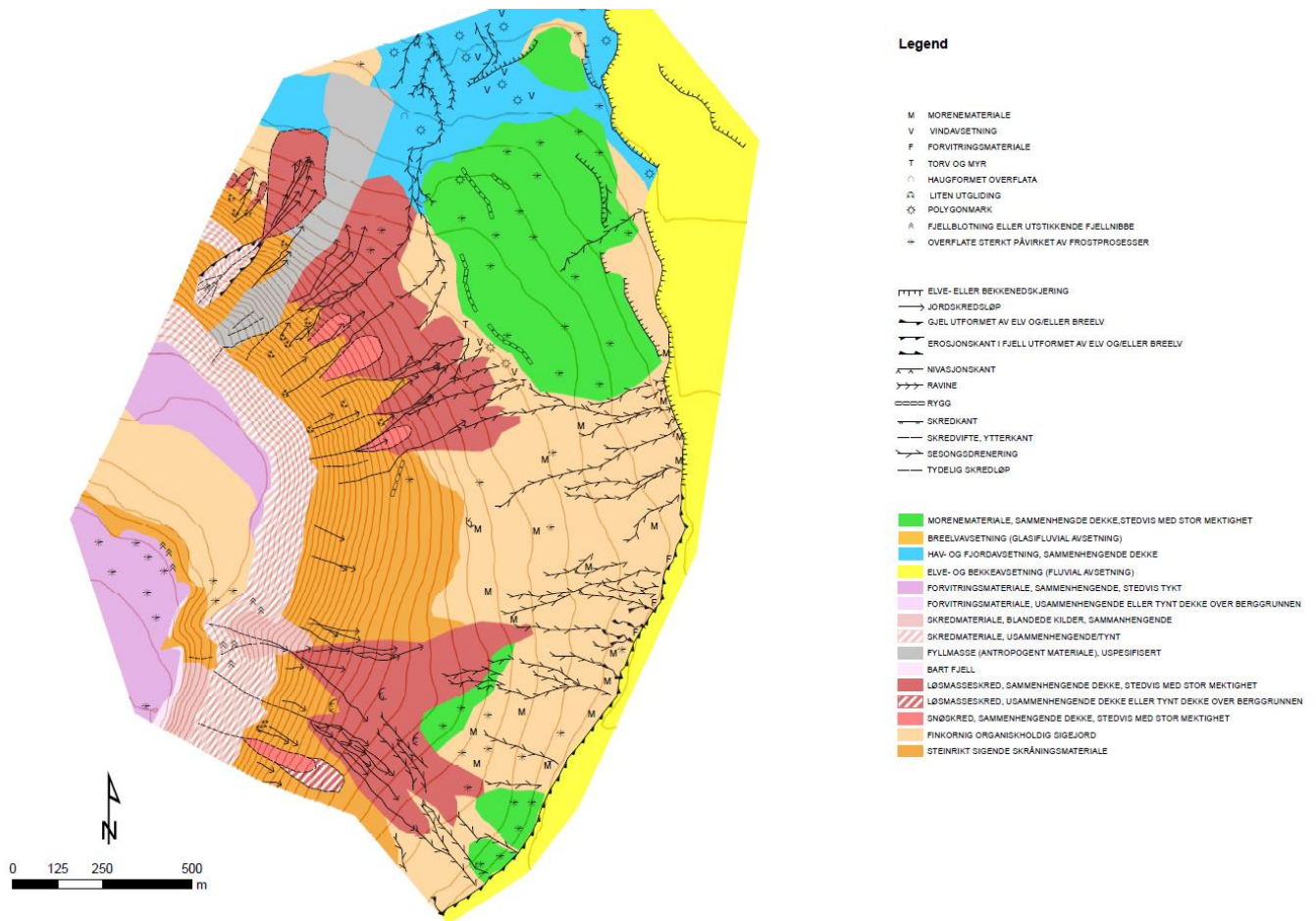
8.2 Skredhendelser

Figur 18 viser registrerte skredhendelser fra 2007-2009 basert på Cryoslope-databasen. Disse inkluderer ulike typer naturlig utløste snørelaterte skred (flakskred, løssnøskred, sørpeskred samt skavlbrekk). Figur 18 gir en oversikt over de mest aktive skredbaner for snørelaterte skred, der den østlige skråningen har jevnt flere registrerte snøskredhendelser med lange utløp enn i vest. Noen av punktene markerer løснеområdene.

NGU/UNIS har utført detaljert kvartærgeologisk kartlegging i deler av Todalen (Rubensdotter, 2015), se Figur 19. Kartene viser tydelig gamle jord- og flomskredavsetninger i nordvestlige deler av kartleggingsområdet samt flere skredbaner. Disse avsetningene ble registrert ved befaringen, i tillegg til flere tilsvarende avsetninger i resten av kartleggingsområdet.



Figur 18. Snørelaterte skredhendelser registrert i Cryoslope-databasen i kartleggingsområdet Todalen. Gul stiplede linje viser lokasjonen til det kvartærgeologiske kartet i Figur 19.



Figur 19. Foreløpig detaljert kvartærgeologisk kart fra Ytre Todalen (for lokasjon, se omrisset område i Figur 18), fra Rubensdotter, 2015 NGU/UNIS. Kartet viser blant annet kartlagte skredavsetninger og jordskredbaner i nordvestlige deler av kartleggingsområdet.

8.3 Vurdering av skredfare

Snøskred

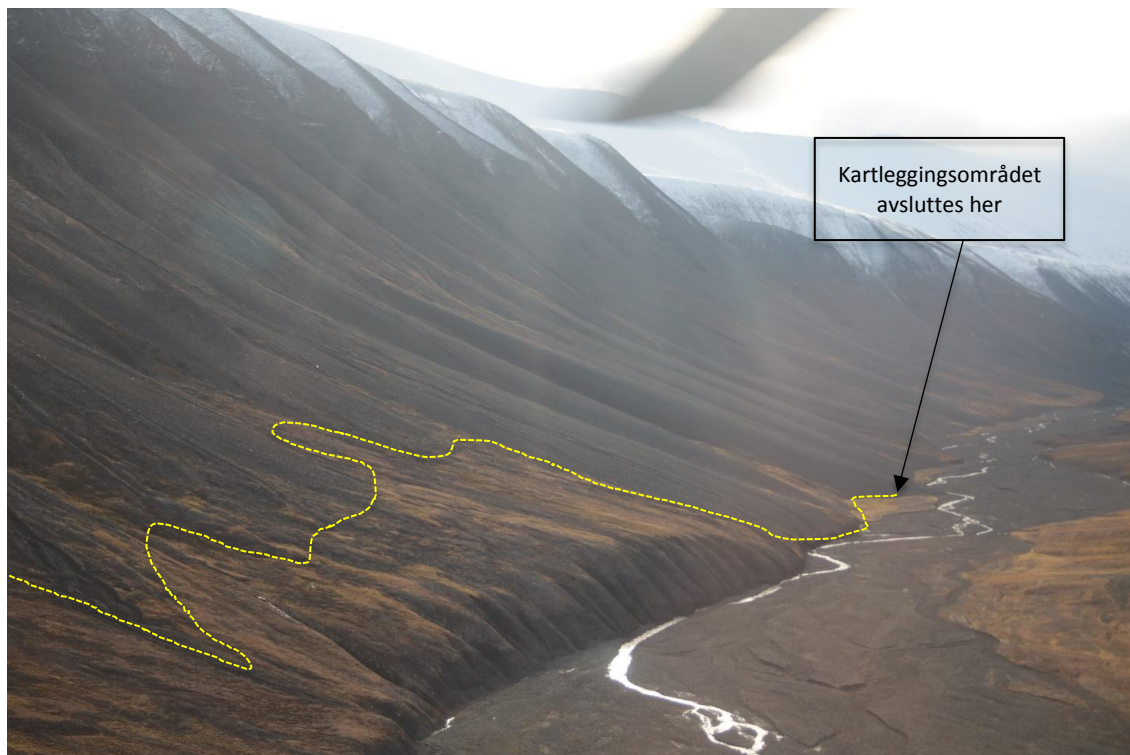
Snøskred er dominerende skredtype i den østlige skråningen ved Bolternosa. Her er det registrert flere snøskredavsetninger tett på hverandre. Skredregistreringer fra Cryoslope viser at flere tidligere skred har gått nesten ned til elven (se Bilde 37-Bilde 40). Typisk utløsningsmekanisme for snøskred her er skavlbrekk som utløser flakskred. Skavldannelse skjer mer hyppig på østlige siden av dalen på grunn av dominerende vindretninger fra sør/sørøst, noe som også gjør at store snømengder stort sett akkumuleres i skråningen som heller mot vest/nordvest. Akkumulering av snø i den østlige skråningen gir også større sannsynlighet for at snøskred eroderer i snømassene i skredbanen og dermed blir større enn det opprinnelig utløste skredet.

Den eksisterende bebyggelsen ved Gruve 6, på nordøstsiden av dalen, vurderes å ligge relativt trygt med tanke på snøskred. De aktive snøskredbanene ligger sør for hyttene ved Gruve 6. Skråningen rett ovenfor hyttene er likevel bratt nok til at snøskred kan løsne (rundt 30°). Denne skråningen danner en slags bred, avrundet skulder mellom to større raviner (ravinen vest for Gruve 6 og den nordligste ravinen i selve dalen) og har lavere høyde enn de omkringliggende skråningene. Snøakkumulasjon skjer først og fremst i ravinene. Det er kun observert overfladiske erosjonsspor (vannerosjon) i denne skråningen, men ingen typiske snøskredavsetninger med lengre utløp, som man finner lenger sør. Snøskred vurderes å være en nokså lite aktiv skredtype i dette området, men kan ikke utelukkes. Eventuelle større snøskred vil ifølge α/β -beregningene kunne nå hyttene. Se Vedlegg D_T_03.

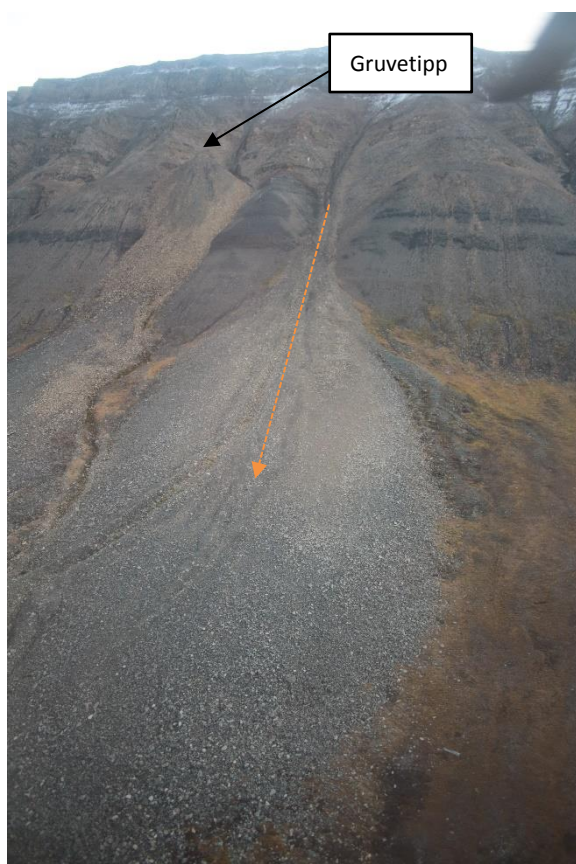
Skråningen på vestsiden av dalen har færre registreringer av snøskred enn på østsiden. En naturlig forklaring er at snøen oftest blir transportert vekk med den sørlige/sørøstlige vinden. Skavldannelse og akkumulering av snø i skråningen i vest er fremdeles tilstede, det viser både registrerte snøskredavsetninger og skredhendelser, men som en mindre dominerende skredtype. I tillegg vil skavlene og akkumulering av snø i skråningene som oftest være mindre på vest- og nordvestsiden av Todalen og derfor er størrelsen av snøskred oftest mindre. Det er større aktivitet av snøskred lengre sør i den østvendte skråningen i dalen. Her er det flere mindre søkk og raviner, som kan fange snø ved vind fra sør og vest. De fleste snøskred i denne skråningen stanser ved foten av skråningens brattere del. Den nordligste delen av den østvendte skråningen har en avrundet og jevn geomorfologi og dermed få plasser som vil fange vindtransportert snø med mindre det blåser fra vest/sørvest.

Det er observert få snøskredavsetninger i nordvestlige deler av kartleggingsområdet i Todalen. Snøskredavsetningene stopper stort sett nært skråningsfoten i god avstand fra eksisterende bebyggelse. De nærmeste hyttene ved skråningen både i nordvest og nordøst, kan potensielt ligge utsatt til også for snøskred, men det vurderes større sannsynlighet for at jord- og flomskred rammer hyttene enn at det vil gå snøskred med lang utløp. Se modelleringsresultater i vedlegg D_T_01.

Snøskred vurderes som mest aktive skredtype på østsiden av Todalen. Snøskred vil være dimensjonerende skredtype stort sett i hele den østlige delen på faresonekartet, se vedlegg A_T_01 og 02.



Bilde 37. Sørligste delen av den vestvendte skråningen i kartleggingsområdet, sett mot sør. Ferske skredavsetninger er markert med gul stiplet linje.



Bilde 38. En større skredvifte sør for luftehullet med tippen som tilhører tunnelene ved Gruve 6 (den nordlige tippen på østsiden av Todalen), med spor av snø-, jord- og flomskred. Bildet er tatt mot øst.



Bilde 39. Deler av den østlige skråningen i Todalen, der det er hyppig skavldannelse øverst i skråningen. Snøskred og jord- og flomskredavsetninger krysser hverandre. Noen av skredbanene er markert.



Bilde 40. Bilder tatt mot øst i Todalen. A: Typisk traktformasjon med aktiv jord- og flomskredproduksjon. B: Sør for bilde A ligger to mindre «tvillinger», traktformasjoner der snøskred er en mer aktiv prosess.



Bilde 41. Aktive skredbaner (jord- og flom/snøskred) ligger rett sør for eksisterende hytter i nordøstlige deler av kartleggingsområdet. To hytter ligger nedenfor en bratt skråning der det ikke er like store og synlige skredavsetninger.

Sørpeskred

Sørpeskred er en aktuell problemstilling i vestlige deler av kartleggingsområdet Todalen. Her er det noen større bekkeraviner med slak helning i bunnen, der større mengder av både snø og smeltevann kan akkumuleres (Bilde 43). Potensielle utløsningsmekanismer anses å være mildvær med økt snøsmelting og evt. regnvær, da snøen som ligger i disse depresjonene kan bli vannmettet.

De mest aktive sørpeskredområdene ligger lengst sørvest (se Bilde 43). I disse ravinene er det registrert sørpeskredhendelser og observasjoner i felt tyder på at skredaktiviteten er høy. Store skredvifter, som sannsynligvis er avsatt av både snø-, sørpeskred og jord- og flomskredaktivitet, strekker seg helt ned til elven.

Det er en større bekkeravine ovenfor de indre hyttene på vestsiden av Todalen. Her er det flere hytter, som er bygget på en gammel skredvifte. Skredaktiviteten virker å være høyest i de brattere deler av skråningen, der både jord- og flomskred og sørpeskred, evt. snøskred med høy sannsynlighet kan nå de øvre hyttene som ligger nær skråningsfoten. Bevegelsesmønstre for sørpeskred i RAMMS viser at skredmassene kan bre seg utover og lenger ned på den gamle viften mot flere hytter. Eventuelle større skred (sørpeskred og jord- og flomskred) vurderes også å kunne ramme hyttene, som står lenger nede på viften, men sannsynligheten er noe lavere.

Ellers vurderes skråningene i Todalen generelt til å være for bratte til å akkumulere vann i snømassene, som gir grunnlag for utløsning av sørpeskred med lange utløp.

Jord- og flomskred

Spor etter jord- og flomskred er observert i store deler av kartleggingsområdet. Flomskredtunger og -vifter dominerer særlig på vestsiden av kartleggingsområdet, der disse avsetningene strekker seg lenger ned i dalbunnen enn andre skredavsetninger (se Bilde 35 og Bilde 43). Disse avsetningene har også bakgrunn i andre typer skred.

I den vestvendte skråningen ligger jord- og flomskredavsetninger gjerne på snøskredavsetninger, og har delvis lengre utløp enn snøskred. Snøskredregistreringer fra Cryoslope viser at snømassene ofte kan ha nådd like langt eller lenger enn flomskred i denne delen av dalen, uten at de har etterlatt like synlige spor i terrenget.

Forvittringsgrad og kornstørrelse varierer i ulike deler av skråningene i Todalen. Finkornete masser finnes som regel i trakt-/ravineformasjonene, mens øvrige deler av skråningene består av grovere forvittringsmasser. Friksjonen i sand, og sandstein, er vanligvis høy, og dermed forventes massene i skråningene der det ikke er observert vannerosjon eller finere masser å være nokså stabile. Dette er også grunnen til at de eksisterende ravinene der forvittringsprosessen, vannerosjon og skredprosessen er aktive, har høyere sannsynlighet for jord- og flomskred enn øvrige deler av skråningene.

Potensielle løsneområder er observert i skråningene der helningen er mellom 35-45° (fra kote 200-250 og opp), og dominert av forholdsvis fine masser. Potensielle løsneområder inkluderer også lavere terrenghelninger ved tidligere skredbaner og/eller depresjoner knyttet til ravineformasjonene. Det kan ikke utelukkes at det går jordskred og utglidninger i øvrige deler av skråningene utenfor observerte jord- og flomskredvifter og -skredbaner. På grunn av den høye friksjonen i massene kan det likevel forventes kortere utløp i disse områdene og eventuelle skred vil trolig miste energien fort når de treffer slakere terreng ($\leq 10^\circ$).

Eksisterende bebyggelse i nordøstlige deler av dalen ligger nedenfor en slik skråning der det kun er observert mindre overfladiske erosjonsspor. Jordskred og utglidninger fra denne forholdsvis bratte skråningen kan ikke utelukkes, særlig når massene i skråningen kan inneholde en del finere

kornstørrelser fra skiferlagene som er avsatt mellom sandstein. Løsneområdene vil i så fall være ved noen små brattere partier der helningen $>40^\circ$. Imidlertid vil eventuelle jordskred her med stor sannsynlighet stoppe/miste energien nærmere skråningsfoten. Hyttene i dette området ligger >100 m fra brattere deler av skråningen. Den sørligste hytten ligger tett ved en mer aktiv jord- og flomskred/snøskredbane, noe som øker sannsynligheten for at denne hytten kan bli rammet.

Spor av jord- og flomskred er registrert også ved hyttene i nordvest. Her er massene i skråningen noe finere enn lenger sør. Flere av hyttene ligger på eldre skredvifter og kan dermed være utsatt for nye skred, se eksempel på Bilde 42. Aktive skredbaner og avsetninger er observert nærmere skråningsfoten, og noen flomskredtunger strekker seg rett bak en hytte. Modellering av jord- og flomskred i RAMMS antyder også at hyttene som står nærmest den nordøstvendte skråningen kan bli rammet, se vedlegg D_T_01.



Bilde 42. Eksempel på ei hytte som står på en gammel skredvifte (markert med gule stiplede linjer) i nordvestlige deler av kartleggingsområdet.



Bilde 43. To store skredvifter som strekker seg helt til elven på vestsiden i sørlige del av Todalen. A: En stor flatere bekkeravine, der sørpeskred og jord- og flomskred er aktive prosesser. B: En mindre og bratt ravine med aktiv skredvifte, som er dominert av snø-/sørpe- og jord- og flomskred.

Steinsprang

Steinsprang kan utløses fra bergskrenter særlig på østsiden av Todalen. Løsneområdene er fra steilere bergpartier øverst i fjellsidene lenger sør i dalen og eksisterende hytter/bebyggelse ligger ikke utsatt for steinsprang. Steinsprang i Todalen stopper ofte i de brattere deler av skråningene, eller rett i underkant av skråningsfoten. Det er kun observert få enkelte blokker ($\leq 1 \text{ m}^3$) som ligger i lenger avstand fra skråningsfoten. Disse blokkene ligger blandet inn i annet materiale på skredvifter og er mest sannsynlig transportert dit av snøskred (evt. andre skredprosesser). Blokkene gjenspeiler derfor ikke reelt steinsprangaktivitet i dalen.

Steinsprang vurderes å ha kortere utløp i Todalen enn snøskred, jord- og flomskred eller sørpeskred. I tillegg ligger de aktuelle løsneområdene for steinsprang i samme områder som andre skredtyper, som er vurdert å være mer aktuelle og sannsynlige prosesser med tanke på skadepotensiale.

8.4 Modelleringsarbeid

Simuleringsverktøy er benyttet som supplerende hjelpemiddel ved vurdering av utløpslengder og for å vurdere strømningsmønstre i de ulike områdene. Hver enkel modellering blir vurdert for seg. Det vil alltid være en viss usikkerhet knyttet til modelleringene, som er en forenkling av virkeligheten. Modelleringene er basert på digitale terrengdata. Grunnlaget for modelleringsarbeidene i Todalen er en terrengmodell på 2,5 m x 2,5 m oppløsning.

I Todalen ble det utført modellering i RAMMS for både snøskred, jord- og flomskred samt sørpeskred. I tillegg ble det utført α/β -beregninger langs utvalgte profiler. Siden steinsprang ikke er verken dominerende eller dimensjonerende skredtype i Todalen, ble det ikke simulert steinsprang i RocFall.

For informasjon om parameterbruk og løsneområdene i RAMMS-modellingene, se Tabell 5 og Tabell 6.

Modellering av flom-, sørpe- og jordskred med RAMMS debris flow

Det er utført modellering av jord- og flomskred, samt sørpeskred i RAMMS debris flow. I de områdene der det er sørpeskredfare kan det også forekomme jord- og flomskred, eller blanding av disse skredtypene.

Tabell 5. Parametere benyttet i modelleringen i RAMMS. Resultatene er vist i vedlegg D_T_1-3 for flomskred (løsneområdene 4-15) og sørpeskred (1-3) i Totalen.

Løsneområde	Dry-Coulomb type friction μ ()	Viscous-turbulent friction ξ (m/s ²)	Dybde (m) ved utløsningsområdet	Areal løsneområder (m ²)
Løsneområde 1-3	0.05	800	0.8	7110 + 11658 + 5877
Løsneområde 4-7	0.05	400	0.5	6034 + 4044 + 6868 + 5992
Løsneområde 8-14	0.08	400	0.5	3184 + 2908 + 2387 + 3106 + 2358 + 6266 + 2686
Løsneområde 15	0.05	400	0.5	21245

Løsneområde 1-3 er valgt for modellering av strømningsmønstre for sørpeskred. Disse områdene har både registrerte sørpeskred og ferske skredavsetninger. Løsneområdene er valgt ut fra helningskart, ved lave terrenghelninger i lesidene av ravinene der akkumulerte snømasser kan bli vannmettet.

Løsneområde 4-7 representerer løsneområder for hyppige mindre jord- og flomskred i nordvestlige deler av kartleggingsområdet.

Løsneområde 8-14 er løsneområder i den nordvestlige delen av kartleggingsområdet, og inkluderer potensielle løsneområder for skred som truer bebyggelse.

Løsneområde 15 ligger på østsiden av dalen og representerer en typisk jord- og flomskredbane på denne siden av dalen, med utløp ned til elvesletten. Denne aktive skredbanen ligger tett ved eksisterende bebyggelse.

Modellering av snøskred med RAMMS Avalanche

Modelleringen er konsentrert der eksisterende bebyggelse ligger og evt. der tydelige spor av skred mangler, men der potensiale for utløsning av skred likevel eksisterer. I tillegg er deler av modelleringen ved eksisterende skredbaner kjørt for kalibrering av modellen.

Vedlegg D viser resultater fra modellering med 300-års scenario.

Tabell 6. Informasjon om løsneområdene for modellerte snøskred i RAMMS, vist i kart D_T_1 og 3.

Løsneområde	Dybde (m) ved utløsningsområdet	Areal løsneområder(m ²)
Løsneområde 1-4	0.7	26965 + 10148 + 6280 + 8315
Løsneområde 5-6	1.5	12550 + 20780

Løsneområde 1 er en avrundet flanke på vestsiden av dalen. Her er det lite synlige skredavsetninger, men noen hytter står nokså nært skråningen. Det er lite sannsynlig at hele flanken løsner i en hendelse.

Løsneområde 2-3 er to søkk på den nordvestlige siden av dalen, der det kan akkumuleres snø med vind fra sør/sørvest. De registrerte snøskredavsetningene stopper før bebyggelsen, men det kan også forekomme snøskred med lengre utløp.

Løsneområde 4 er et potensielt løsneområde for snøskred ovenfor hyttene på østsiden av dalen.

Løsneområde 5-6 representerer typiske gryteformasjoner, som finnes særlig på østsiden av Todalen. I slike formasjoner kan det akkumuleres store mengder snø ved de dominerende vindene fra sør-sørvest.

α/β -beregning av snøskredutløp

Det er gjort α/β -beregninger langs fire utvalgte profiler i Todalen. α/β -beregninger er laget særlig med tanke på områder der det mangler skredavsetninger, men potensielle løsneområder for snøskred eksisterer.

8.5 Faresoner

Ved fastsettelse av faresoner er det tatt hensyn til både kjente skredhendelser og skredbaner med tydelige spor/avsetninger i terrenget. Veldig mange steder i Todalen overlapper ulike skredavsetninger hverandre, noe som gjør det vanskelig å definere hvilken skredtype som er dimensjonerende i ulike deler av skråningene.

De fleste skråningene i Todalen har tydelige, ferske skredavsetninger (snøskred, sørpeskred, jord- og flomskred), som ofte strekker seg ned til Todalselva. Flere steder finnes det potensielle løsneområder for ulike typer skred, men tydelige skredavsetninger mangler. Disse områdene har for det meste eldre avsetninger (både sikre og usikre skredavsetninger) som forteller om prosesser som har vært aktive tidligere. Det kan ikke utelukkes skred med sjeldnere gjentakintervall i disse områdene.

Faresonene er laget med bakgrunn i en samlet vurdering av de ulike skredtypene, med markering av den skredtypen som evt. er dimensjonerende for den enkelte faresonen i området. Dimensjonerende skredtype ved 1/100 vil også være dimensjonerende på 1/1000 og 1/5000 i den aktuelle delen av skråningen, dersom det ikke er gitt et eget tegn for faresonene for lavere årlige nominelle sannsynligheter.

Basert på registrerte avsetninger og skredhendelser er snøskred dimensjonerende skredtype for årlig nominell sannsynlighet 1/100 i store deler av skråningene både i øst- og vestsiden av Todalen. Unntaket er ved de større ravinene på vestsiden, der sørpeskred vil ha størst skadepotensiale. Skredavsetninger og modelleringsresultater indikerer at flomskred og sørpeskred har lengst utløp der disse er aktuelle skredtyper. Dermed er også sannsynligheten for at flom- og sørpeskred vil nå lenger i disse områdene større enn at det ville gå snøskred med like lang utløp. Jord- og flomskred er stort sett dimensjonerende ved 1/1000 og 1/5000-grensen i Todalen.

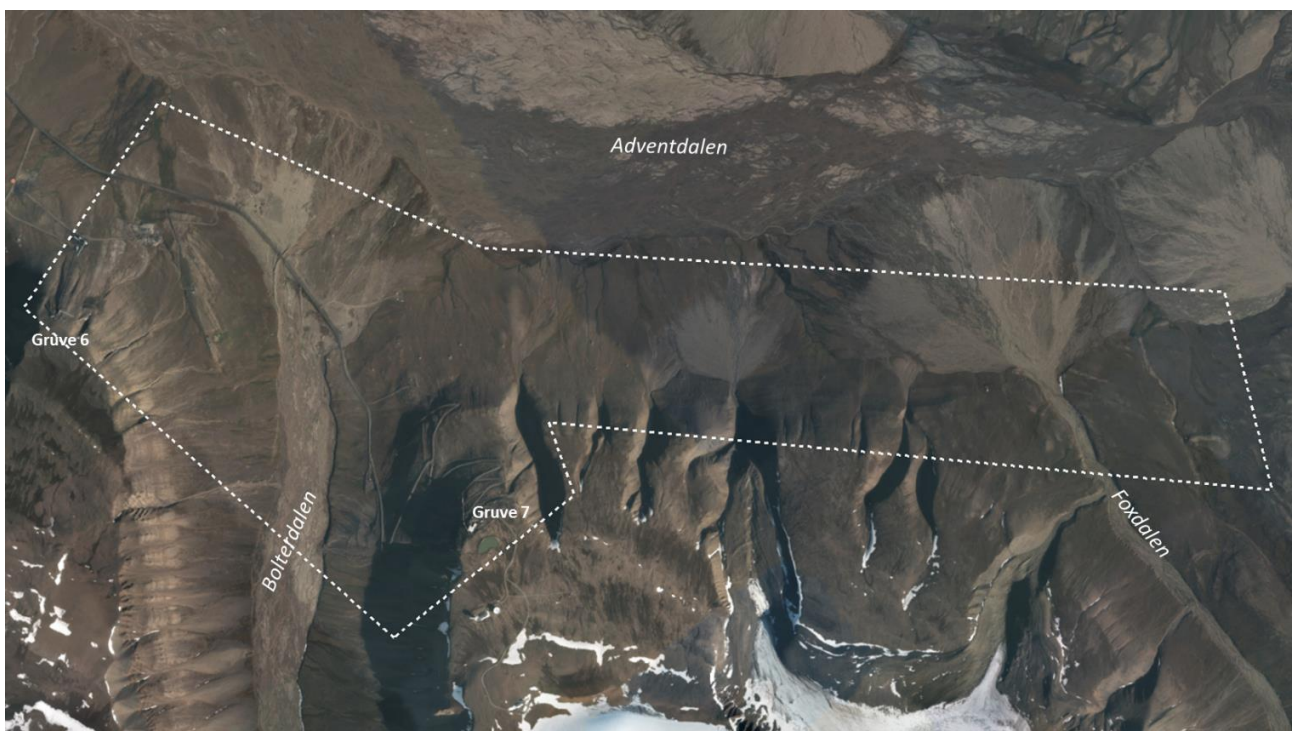
Se fremstilling av faresonene for Todalen i vedlegg A_T_01 og A_T_02.

9 Bolterdalen-Foxdalen

9.1 Topografi og grunnforhold

Kartleggingsområdet dekker området i Adventdalen fra Gruve 6 og nedre del av Bolterdalen frem til utløpet av Foxdalen. Oversikt over kartleggingsområde er vist i Figur 20. Bolterdalen og Foxdalen er orientert N-S, mens den aktuelle delen av Adventdalen er orientert Ø-V. Store elvesletter dekker en betydelig del av området. I skråningene er det mektige lag av finkornige løsmasser. Fluviale erosjonsprosesser har skapt mange tydelige bekkedaler i skråningen og tydelige avsetninger i dalbunnen ved utløpet av bekkedalene.

De aktuelle skråningene strekker seg opp til ca. 400 m.o.h. i den delen av kartleggingsområdet som ligger ved Bolterdalen (Gruve 6). Lenger ut mot Foxdalen (skråningene som heller mot nord i Adventdalen) er høyden noe lavere i de bratte skråningsdelene (opp til kote 250).

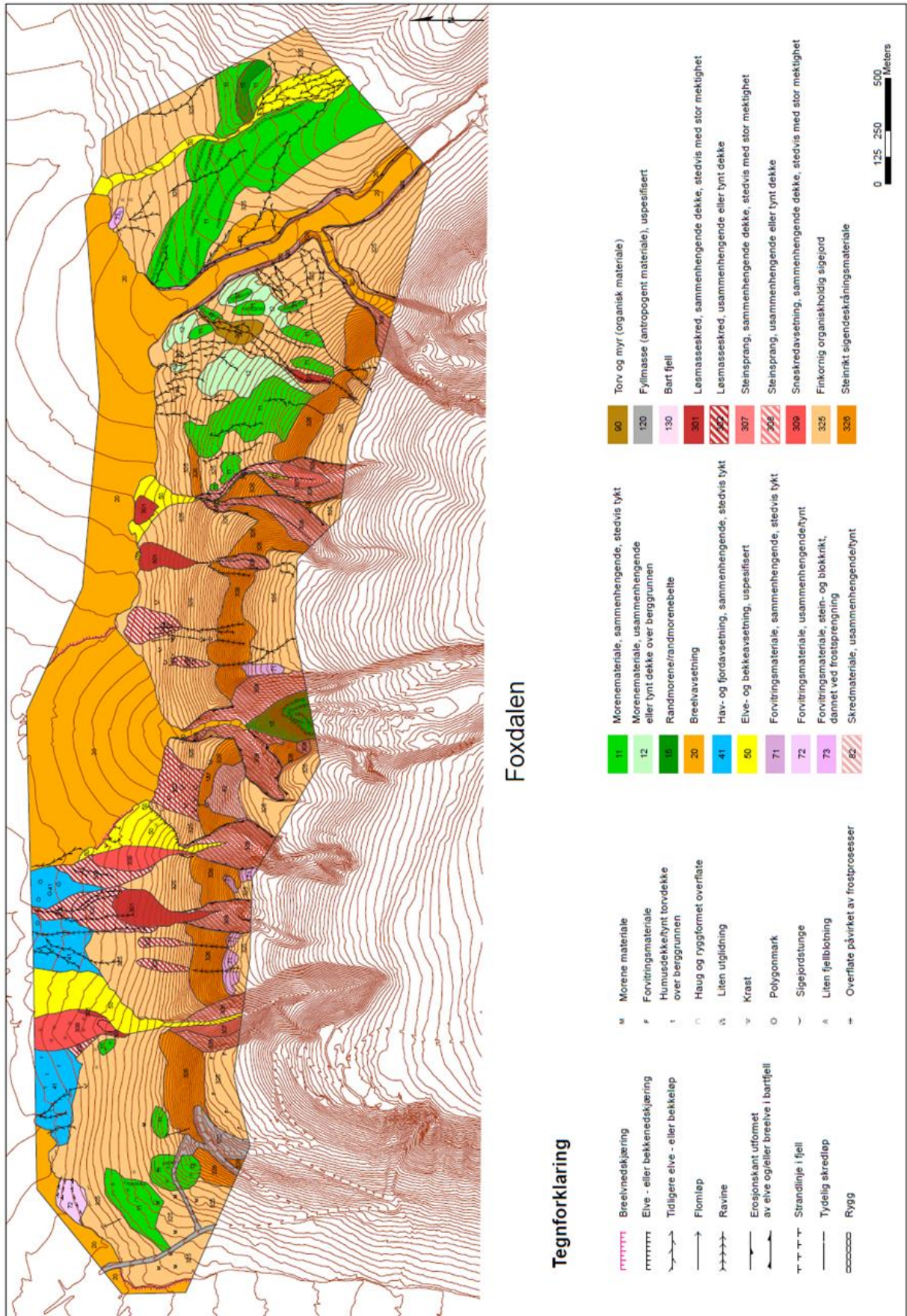


Figur 20: Flybilde for oversikt over kartleggingsområdet Bolterdalen-Foxdalen (markert med stiplet linje).

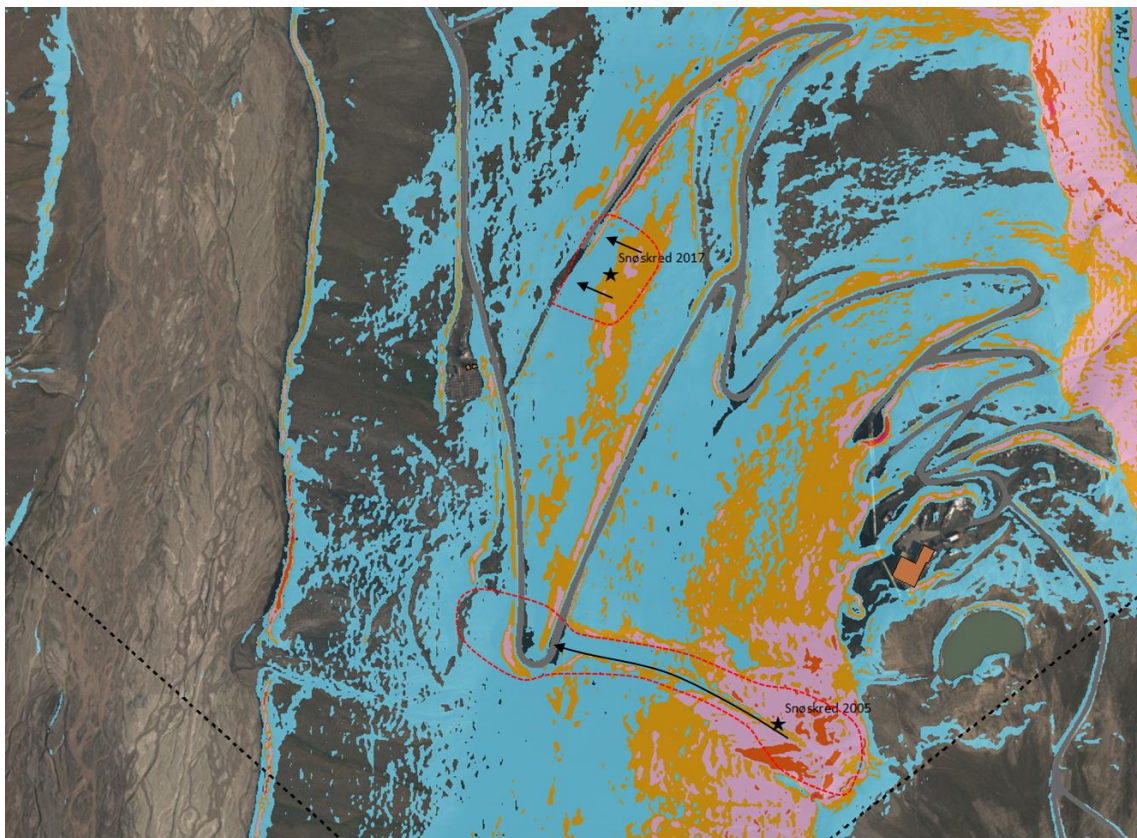
9.2 Skredhendelser

Vegen mot Gruve 7 er lagt om etter gjentatte skredhendelser, som kuttet adkomst til Gruve 7. Den 5. desember 2005 forsvant om lag 200 m av vegrekkverket i et snøskred. Et nytt snøskred den 22. februar 2017 løsnet i et brattere område midt mellom vegene, se Figur 22.

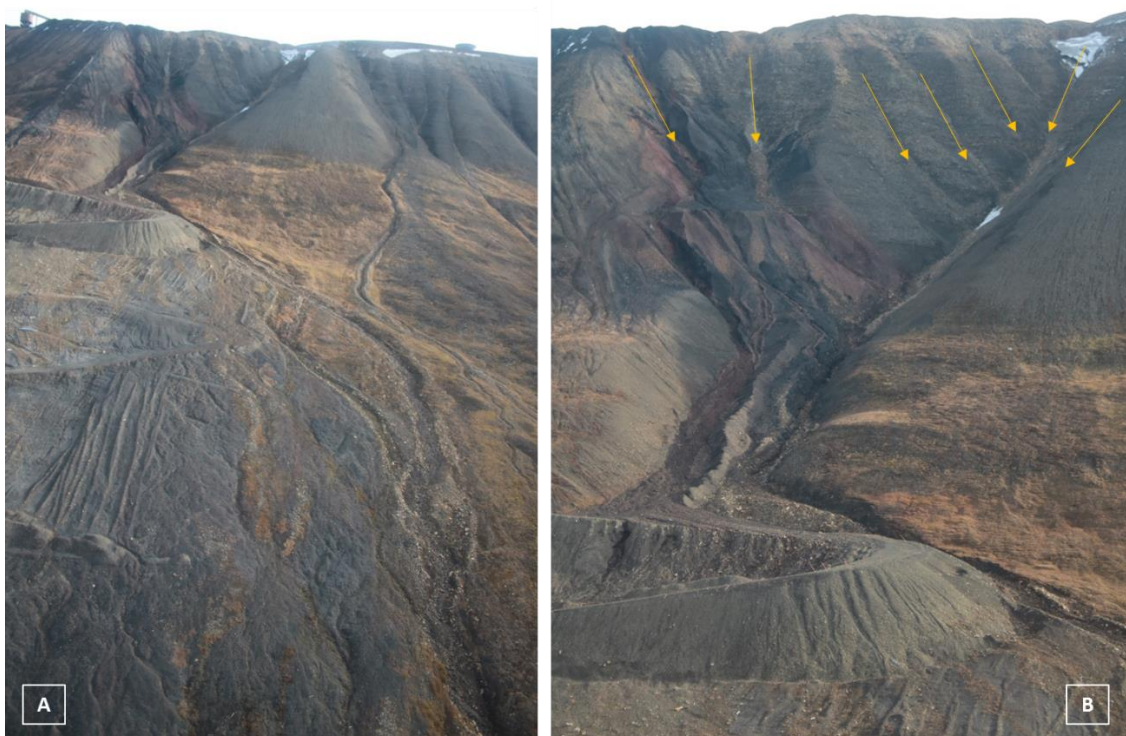
NGU/UNIS har utført detaljert kvartærgeologisk kartlegging i deler av Foxdalen (Rubensdotter, 2015), se Figur 21. Kartet viser flere løsmasseskredavsetninger, i tillegg til noen snøskredavsetninger. Ved befaringen ble flere potensielle løsneområder og skredavsetninger identifisert. Løsmasseskred er den vanligste skredtypen i de aktuelle skråningene. Avsetninger fra snø- og sørpeskred ble også registrert ved befaringen, men kartleggingen indikerer generelt få snørelaterte skredavsetninger i kartleggingsområdet.



Figur 21. Kvartærgeologisk kart for Bolterdalen-Foxdalen fra NGU/UNIS (Rubensdotter, 2015).



Figur 22. Eksempler på registrerte snøskredhendelser ved vegen til Gruve 7.



Bilde 44. Største skredbanene ved vegen til Gruve 7. A: Jord- og flomskredbaner/sørpe-/snøskredbaner ovenfor svingen ved gamle vegen, med utløp ned til Bolterdalselva. B: Den største ravinen (samme som til venstre i bilde A). I øvre deler av skråningen kan det akkumuleres store mengder snø/snøskavler som kan føre til flakskred. Vindtransportert snø akkumuleres også i selve ravinen, som ved evt. mildvær/snøsmelting kan løsne som sørpeskred. I tillegg er jord- og flomskred sannsynlig på grunn av bratt helning og fine masser i skråningen.

9.3 Vurdering av skredfare

Snøskred

Snøskredavsetninger ble hovedsakelig registrert i skråningene lengst nord i Bolterdalen. Lenger øst langs Adventdalen er det få snøskredavsetninger og disse er knyttet til markerte bekkedaler. Skredene har skjedd der det geomorfologisk sett er optimale forhold for både akkumulering og utløsning av snøskred (helning mellom 30-45°). Mangel på store snøskredavsetninger forteller imidlertid at det er mindre snøskredaktivitet i disse nordvendte skråningene. En grunn til dette kan være de lokale vindforhold der det ofte blåser langs Adventdalen, og dermed eroderer snømassene fra skråningene. Øvre deler av disse skråningene er også noe mer avrundet enn skråningene mot de øvrige sidedalene til Adventdalen. Dette gjør at det vil være mindre skavldannelse langs toppene.

Løsneområdene til registrerte snøskredavsetninger i Adventdalen er fra bratte lesider i bekkedalene hvor snø vil akkumuleres (se Figur 21). Avsetningene viser generelt veldig lange utløp i forhold til skredbanenes helning. Dette kan tyde på at skredene har vært mer sørpeskredlignende og at skred har løst som følge av at mye smeltevann eller regnvann har mett store snømengder i bekkedalen.

I skråningen vest/sørvest for Gruve 7 er det registrert både potensielle utløsningsområder for snøskred og snøskredavsetninger. Noen av disse løsneområdene har også potensiale for sørpeskred lenger nede langs skredbanene (se Bilde 44). Det nedre slyngpartiet i den gamle delen av vegen mot Gruve 7 vurderes som svært skredutsatt. Deler av den nye vegen kan også bli rammet av snøskred dersom snø akkumuleres i den nordvestvendte delen av skråningen. Generelt er det imidlertid andre skredtyper som er mer dominerende langs den nye vegen til Gruve 7.

Ovenfor hyttefeltet i dalen under Gruve 6 er det registrert snøskredavsetninger. Avsetningene viser at de fleste skredene stopper når helningen blir mindre enn 10°. Den markerte vinden langs Adventdalen vil påvirke skråningen også her. Dominerende vindretning gjør at det også er mindre sannsynlighet for akkumulering av store mengder snø ved Bolterdalen og dermed vil området være lite utsatt for større skred. Eksisterende bebyggelse er ikke vurdert å ligge utsatt til for snøskred. Det er en mulighet for at snøskred fra bekkedalen vest for Gruve 6 kan berøre deler av det gamle anlegget.

Sørpeskred

Alle de store bekkedalene i området er potensielle løsneområder for sørpeskred siden vindtransportert snø vil akkumuleres i bekkedalene. Dersom det er mye snø i bekkedalene kan det under snøsmelting eller i forbindelse med mye regn, utløses sørpeskred.

I dette området er tre hytter bygget på eksisterende skredavsetninger og ligger derfor utsatt til for eventuelle nye sørpeskred. Langs de samme bekkedalene kan det forekomme flomskred, evt. blandingskred.

Jord- og flomskred

Løsmassene i skråningene har generelt så høyt finstoffinnhold at de er tine-ustabile. Det vil si at i massene er ustabile i tinefasen som har sammenheng med at massene får høyt vanninnhold når islinsene i massen tiner. I kombinasjon med ekstra smeltevann og erosjon i bekkedalene, vil det lett utvikles jord- og flomskred. Denne skredtypen er dominerende innenfor hele kartleggingsområdet Bolterdalen-Foxdalen. Det er flere store og markante bekkedaler med tydelige tegn på aktiv erosjon og hyppig flomskredaktivitet. I tillegg er det flere mindre bekkedaler, særlig ovenfor hyttefeltet ved Bolterdalen, hvorfra skredavsetninger indikerer skred med lange utløp (se Bilde 44).

Hyttene og hundegården ligger på en høyde/rygg som vil gjøre at skredmassene ledes bort fra denne bebyggelsen.

Registrerte skredavsetninger og forventet ny erosjon i bekkedalene ved Gruve 6 viser at graven kan være utsatt for jord- og flomskred, se modelleringsresultater i vedlegg D_BF_01.

Drenering langs vegen til Gruve 7 har i perioder mangelfull kapasitet og kan i kombinasjon med mye vann i skråningen føre til jord- og flomskred mot hundegården som ligger ved foten på Gruve 7 fjellet (Bilde 49). Lav dreneringskapasitet langs vegen og de tine-ustabile massene gjør at det er økt jord- og flomskredfare i området.

Erosjon som følge av flom langs Bolterdalselva/Adventelva kan påvirke hyttene som står nær elvebredden. Dette er imidlertid ikke vurdert nærmere i denne rapporten.

De nordvendte skråningene mellom Bolterdalen og Foxdalen består i hovedsak av tine-ustabile masser. I tillegg til de store flomskredavsetningene knyttet til de største bekkedalene, er det observert flere jord- og flomskredavsetninger i øvrige deler av skråningen. Der vannstrømmene i bekkedalene har vært særlig konsentrert, har skredavsetningene blitt ført langt ut i dalbunnen.

Det er observert flere potensielle løsneområder for jordutglidninger i skråninger med tine-ustabile masser og helninger mellom 35-45°, se eksempel på Bilde 46. Slike utglidninger vurderes å være sannsynlige i hele den nordvendte skråningen mellom Bolterdalen og Foxdalen og vil forekomme når de tine-ustabile massene blir vannmettet. Gamle løsmasseskredavsetninger antyder at skred kan ha lange utløp. Se Bilde 47 samt neste kapittel angående faresoner og modellering av skredutløp.

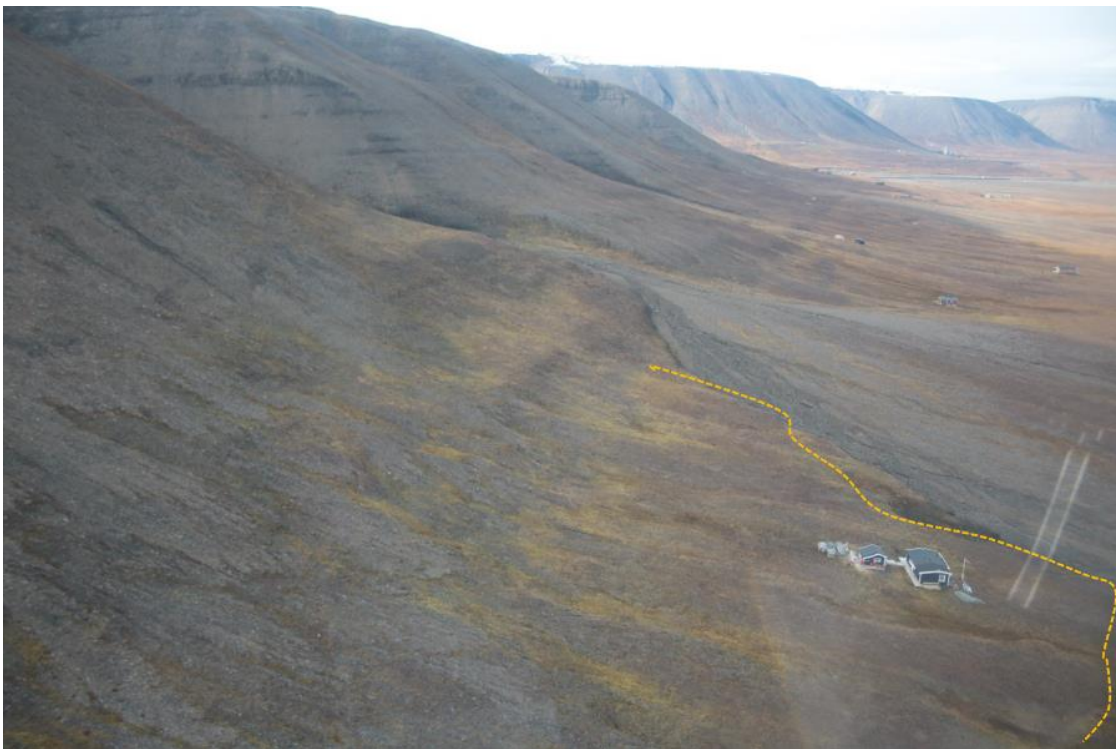
Lenger øst, ved begynnelsen av Foxdalen, er terrenget slakere og terrassert (for det meste <math><10^\circ</math>). Avstanden mellom hyttene og de bratte skråningene med potensielle løsneområder er lengre. Hyttene på vestsiden av Foxdalselva står i tillegg på noen mindre høyder i terrenget. Høydeforskjellen mellom hyttene og det omkringliggende terrenget vil øke sannsynligheten for at de fleste skred, selv med lang utløp, ikke vil nå hyttene, men følge depresjonene i terrenget. Det er heller ikke registrert avsetninger fra tidligere løsmasseskred, eller andre typer skred, ved hyttene.



Bilde 45. En hytte som ligger midt i en jord- og flomskredbane. Se også modelleringsresultater i vedlegg D.



Bilde 46. Flere nylige jordutglidninger og sprekker i den nordvendte skråningen. Bilde 47 viser deler av samme skråningen, og hytten som ligger nedenfor.



Bilde 47. Finere masser og fare for utglidninger/jordskred finnes i hele skråningen mellom Bolterdalen og Foxdalen. Bildet viser et eksempel på en hytte som står på gamle skredavsetninger (gul stippet linje). Den store elvevifta ovenfor hytta kan ha erodert en del av disse avsetningene.



Bilde 48. To aktive jord- og flomskredbaner øst for Gruve 6, ovenfor hyttefeltet. På bilde A ses en ledevoll som er bygd for å øke sikkerheten mot hyttene nedenfor. Denne vurderes å ha liten effekt ved eventuelle nye skred.



Bilde 49. Generelt i skråningen mot Gruve 7 er det økt sannsynlighet for løsmasseskred. A: Hundegården kan potensielt stå utsatt for jord- og flomskred som kan løsne fra skråningen mellom vegene. B: Det ble observert mye drenerings- og erosjonsspor i fine løsmasser i skråningen.

Steinsprang og steinskred

Skråningene i kartleggingsområdet har generelt avrundet form og er dekket av finkornede løsmasser (tine-ustabile masser). Det er ikke registrert partier med eksponert berg som kan representere potensielle løsneområder for steinsprang og steinskred. Det er heller ikke observert skredavsetninger etter steinsprang og steinskred i det aktuelle kartleggingsområdet.

9.4 Modelleringsarbeid

Modellering og simuleringsverktøy er benyttet som hjelpemiddel ved vurdering av utløpslengder og for å vurdere strømningsmønster langs ulike skredbaner.

Grunnlaget for modelleringsarbeidene i Bolterdalen-Foxdalen er en terrengmodell på 2,5 m x 2,5 m oppløsning.

RAMMS modelleringer ble utført for jord- og flomskred i de fleste potensielle utløsningsområdene. I tillegg ble sørpeskred og snøskred modellert ved utvalgte lokaliteter der disse skredtypene vurderes å være mest aktuelle. I tillegg er det utført α/β –beregninger i utvalgte områder.

Steinsprang ble ikke modellert på grunn av manglende avsetninger og løsneområder for denne skredtypen.

Det er flere store elver med store elvevifter som krysser kartleggingsområdet. I disse områdene er det fare for flom og vannerosjon (også utenfor de områdene som er dekket av faresonegrensene).

Modellering av snøskred - RAMMS Avalanche

Modelleringsarbeidene er konsentrert der eksisterende bebyggelse ligger, og evt. der tydelige spor av skred mangler, men der potensielle for utløsning av skred likevel eksisterer i skråningene. I tillegg er deler av modelleringene ved eksisterende skredbaner kjørt for kalibrering av modellen.

Vedlegg D viser resultater fra modellering med 300-års scenario.

Tabell 7. Informasjon om parameterne brukt i modelleringsresultatene for snøskred i RAMMS avalanche i vedlegg D_BF_01 og 02.

Løsneområde	Dybde (m) ved utløsningsområdet	Areal løsneområder(m ²)
1-2	0.8	17547 + 18925 + 12092 + 8507
3-4	0.7	13 374 + 8736
5-7	0.7	4072 + 2505 + 4275

Løsneområde 1-2 ligger ovenfor vegen til Gruve 7, der snøskavler og snøakkumulasjon skjer med vindene fra øst-sørøst.

Løsneområde 3-4 er potensielle løsneområder for snøskred i de store ravinene som har utløp mot Adventdalen.

Løsneområdene 5-7 representerer potensielle løsneområder for snøskred i depresjonene i øvre deler av den nordøstvendte skråningen ved Bolterdalen vest.

α/β -beregning av snøskredutløp

α/β –beregninger ble utført langs tre profiler for å se på teoretiske utløpslengder for snøskred.

Modellering av flom-, sørpe- og jordskred med RAMMS debris flow

Det er utført modellering av jord- og flomskred, samt sørpeskred i RAMMS debris flow. I de områdene der det er sørpeskredfare kan det også forekomme jord- og flomskred, eller blanding av disse skredtypene. Informasjon om parameterbruk er gitt i Tabell 8.

Tabell 8. Informasjon om parameterne brukt i modelleringsresultatene for jord- og flomskred/sørpeskred i RAMMS debris flow i vedlegg_BF_01-03.

Løsneområde	Dry-Coulomb type friction μ ()	Viscous-turbulent friction ξ (m/s ²)	Dybde (m) ved utløsningsområdet	Areal løsneområder (m ²)
8-15	0.1	800	0.8	18060 + 4662 + 11352 + 5410 + 7110 + 4300 + 5527
16-38	0.08	600	0.5	4620 + 4032 + 6135 + 4007 + 5265 + 7600 + 5007 + 7985 + 26250 + 19677 + 9250 + 4685 + 11207 + 3027 + 2550 + 2617 + 5687 + 2515 + 17157 + 10752 + 7582 + 2767 + 1595

Løsneområde 8-9 viser modellering av potensielle sørpeskred ved den store ravinen øst for Gruve 7.

Løsneområde 10-13 og 15 er potensielle løsneområder for sørpeskred i ravinene, der store mengder snø kan akkumuleres. Dersom snømassene i disse områdene blir vannmettet kan det føre til sørpeskred med lange utløp.

Løsneområde 14 er tatt med for å studere potensielle utløp for sørpeskred ved gamlevegen til Gruve 7.

Løsneområde 16-22 representerer potensielle løsneområder for jord- og flomskred ved den nordøstvendte skråningen i vestlige deler av kartleggingsområdet/Gruve 6.

Løsneområde 29-32 og 37-38 representerer mindre raviner i den nordvendte skråningen der jord- og flomskredhendelser kan forekomme.

Løsneområde 34-36 og resultatene ved disse viser strømning og utbredelse av jord- og flomskred fra ravinene.

9.5 Faresoner

Ved fastsettelse av faresoner er det tatt hensyn til både kjente skredhendelser og skredbaner med tydelige spor/avsetninger i terrenget. Hvert modelleringsresultat er vurdert individuelt.

Faresonene er laget med bakgrunn i en samlet vurdering av de ulike skredtypene, med markering av den skredtypen som evt. er dimensjonerende for den enkelte faresonen i det området. Dimensjonerende skredtype ved 1/100 vil være også dimensjonerende på 1/1000 og 1/5000 i den aktuelle delen av skråningen, dersom det ikke er gitt et eget tegn for faresonene for lavere årlige nominelle sannsynligheter.

I Bolterdalen-Foxdalen er det tydelig at vannrelaterte skred dominerer. I tillegg er deler av skråningene vurdert å ha høy sannsynlighet for skred fordi de består av finere løsmasser i bratt terreng, som potensielt kan bli ustabile ved kraftig nedbør og/evt. snøsmelting.

I Bolterdalen-Foxdalen finnes flere aktive skredbaner, der jord- og flomskred/sørpeskred med lange utløp forekommer. Noen av de eksisterende hyttene står midt i slike skredbaner, og kan med høy sannsynlighet bli rammet av vannrelaterte skred. Hyttene som står på gamle skredavsetninger, tett ved skråninger der det er observert fine masser, er vurdert å ligge utsatt for jord- og flomskred/utglidninger med høy sannsynlighet.

Ved Bolterdalen/Gruve 6 ligger den eksisterende bebyggelsen på en rygg i terrenget. Det er mindre sannsynlig at skred vil følge ryggen der bebyggelsen står. Basert på feltobservasjonene er jord- og flomskred dimensjonerende skredtype i hele kartleggingsområdet, med enkelte unntak av sørpeskred/blandingskred ved de større, slake ravinene. Snøskred er vurdert å være dimensjonerende skredtype i skråningen som heller mot vest ved veggen til Gruve 7.

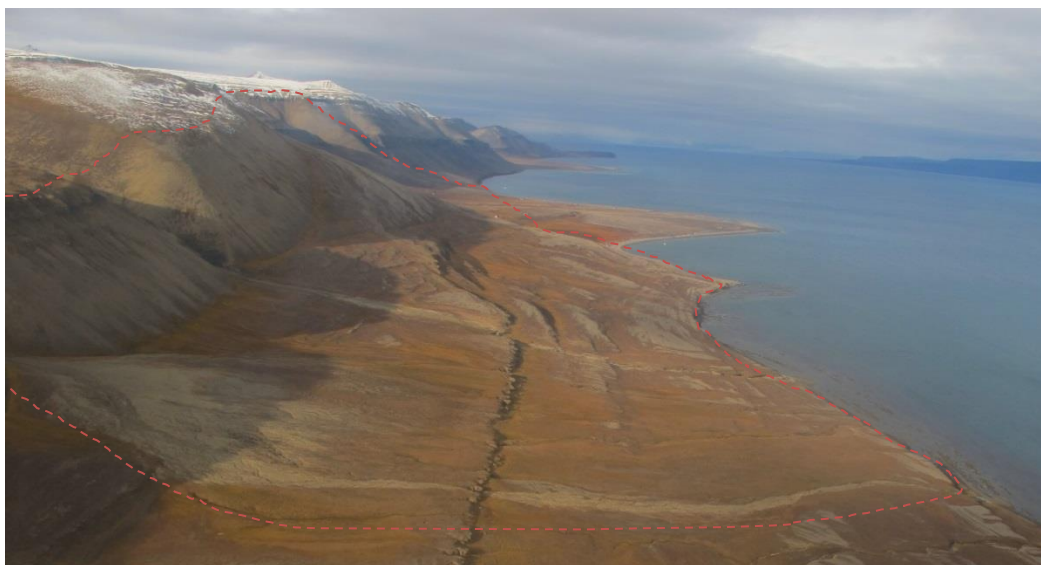
Se fremstilling av faresonene for Bolterdalen-Foxdalen i vedlegg A_BF_01 – A_BF_04.

10 Vindodden

Området Vindodden ligger om lag 24 km nordøst for Longyearbyen. Undersøkellesområdet er i hovedsak nordvendt og strekker seg fra den mindre Ledalen i vest, forbi Flowerdalen over Kapp Belvedere og videre østover mot Sveltihel, se Bilde 50.

Flowerdalen er en mindre U-dal, som går fra sør med utløp i nord ved Sassenfjorden. Sassenfjorden er en vest-øst orientert fjordarm fra Isfjorden. Isfjorden strekker seg sørvest ut mot storhavet, se Bilde 51.

Området er et av de mest populære hytteområdene og brukes i all hovedsak som rekreasjonsområde. Hovedområde for dagens hytter ligger ved selve Vindodden, lokalisert ved munningen av Flowerdalen.



Bilde 50: Vindodden sett fra Sveltihel mot vest. Vurdert område er omtrent markert med rødt.



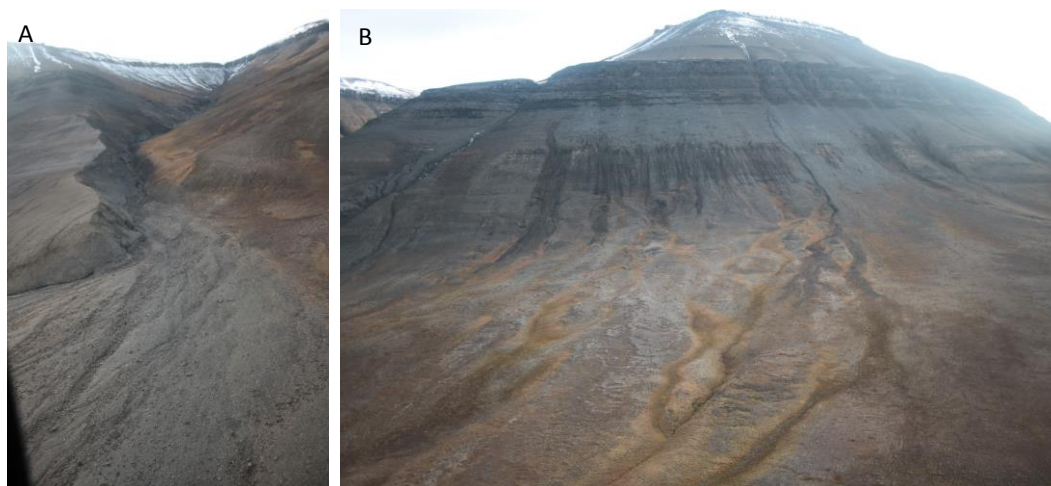
Bilde 51: Flowerdalen, sett mot nordvest ut mot Vindodden.

10.1 Topografi og grunnforhold

Vindoddens er karakterisert av elvedeltaer og strandterrasser. Fra havet stiger terrenget svakt med flere markante strandlinjer og elveavsetninger. Fra ca. kote 60 stiger terrenget brattere med skråningshelninger fra 27° til 45°. Det blir brattere bergpartier fra omkring kote 100, som strekker seg videre opp mot Botneheiafjellet lengst vest og Belvedere og Marmierfjellet lengst øst. Se vedlegg B.

De vurderte skråningene på Vindodden er i all hovedsak nordvendte. Skråningene er gjennomskåret av enkelte mindre og større V-daler. Bergartene i området skiller seg noe fra de andre undersøkte områdene, ved at det er sandsteinen av eldre opprinnelse. Materialet i skråningene består i hovedsak av skredmateriale med ulik opprinnelse. Massene består i stor grad av finere forvittringsmateriale fra antatt svakere bergartsmateriale og skiller seg fra det grovere forvittringsur-materialet i for eksempel Longyeardalen.

På befaringen fremstod området generelt som tørt, ettersom det var frost på befaringstidspunktet, slik at det ikke var synlig vann i bekker og kløfter i skråningene. Det ble opplyst av lokalkjente at det hadde vært mye nedbør i form av regn i løpet av sommeren, noe det også kunne ses spor av i terrenget, se Bilde 52.



Bilde 52: A) Viser typiske mindre V-daler, som gjennomskjærer skråningene i området. B) Viser typiske skråninger i området med steilere partier av berg og finere forvittringsmateriale. Begge bildene sett mot sør.



Bilde 53: Vestvendt skråning på østsiden av Flowerdalen. Sett mot sørøst.



Bilde 54: Nordvendt skråning helt i østre delen av vurdert område. Bildet viser tydelige strukturer av fast berg, som tyder på mer faste bergartslag i dette område. Sett mot sør.

10.2 Skredhendelser

Det er ikke registrert skredhendelser på Vindodden i databasen for Cryoslope, da området ikke var en del av forskningsprosjektet.

I forbindelse med foreliggende rapport, er det innhentet informasjon fra lokalkjente i området, som opplyser om en økning av mindre snøskred de siste årene i enkelte områder. Ved kraftig nedbør er det også observert flere mindre jordutglidninger i skråningene. I det følgende beskrives enkelte hendelser de siste årene. Det kan ha vært flere hendelser som Multiconsult ikke har fått kjennskap til eller som ikke har blitt registrert.

Det er tydelige avsetninger av flomskred og mindre jordutglidninger flere steder i skråningene. Se Bilde 52.

Enkelte områder på Vindodden har hatt økt skredaktivitet de senere årene. I området lengst vest, som ligger nærmest fjellfoten, har det blitt registrert flere skredhendelser;

- Snøskred (flakskred) våren 2015, gikk mens eier var på hytta, se Bilde 55.
- Da hytteeieren ankom kvelden 6. januar 2017 var det gått et snøskred, som hadde stoppet et stykke ovenfor hytta. Det har også gått nytt snøskred i samme område nå i mars 2017.
- Ved Multiconsult befaring i september 2016 ble det registrert flere mindre ferske jord- og flomskredsavsetninger i skrånningene som ble befart. Alle skredene hadde stoppet i skrånningen og nådde ikke ned til hyttene i området.
- Det opplyses av lokalkjent at det hovedsakelig løsner snøskred ved sterk vind i sektoren SØ-SV i kombinasjon med mye nedbør. Ref. Onarheim, 2017.



Bilde 55: Flakskred våren 2015, stoppet ovenfor hytte. Sett mot nord. Foto, Onarheim 2015.

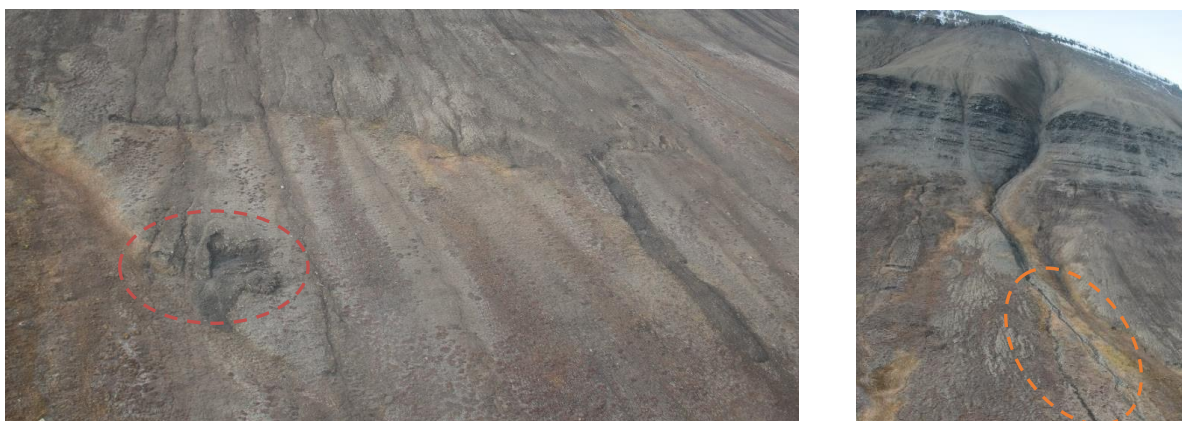


Bilde 56: Viser ferske spor (avmerket) av mindre flomskred og løsmasse-utglidninger i skråningen. Sett mot sør.

10.3 Vurdering av skredfare

Jord- og flomskred

Løsmassene i de nedre delene av skråningene på Vindodden består generelt av finkornig forvittringsmateriale. Dette er masser som potensielt kan bli ustabile ved vannmetting. På Svalbard begrenser permafrosten muligheten for dyp drenering av vann. Ved kraftig snøsmelting eller nedbør i form av regn, vil massene derfor fort blir vannmettet og potensielt ustabile. I områder uten definerte vannveger eller forsenkninger kan utglidninger og mindre jordskred forekomme. Utglidningene antas å stoppe i møte med grovere materiale et stykke ned i skråningen. Se Bilde 57.



Bilde 57: A) Viser typiske utglidninger, som finnes i de større skråningene. Sett mot sør. B) Typiske flomskredavsetninger ved utløp av definerte raviner. Sett mot sør.

Der det er større akkumuleringsområder for snø og mer tilførsel av vann, vil vannmettede, ustabile masser kunne gi større flomskred. Avsetninger fra slike flomskred er tydelig i munningsområdet ved enkelte raviner. Se Bilde 57.

Skredfaren i flere av skråningene på Vindodden kan knyttes til vannrelaterte skred. I perioder med mye vann kan jord- og flomskred opptre langs markante skredbaner, men også i deler av skråninger med løsmasser som kan bli ustabile dersom de blir vannmettet.

Både jord- og flomskred er de dimensjonerende skredtypene i flere av de skredutsatte områdene på Vindodden. Se vedlegg A.



Bilde 58: Skråningen øst for hytta LJFF «Gåsebu». Tydelige spor (avmerket) av jord-utglidninger nordvest for hytta. Sett mot sør.

Steinsprang

Det er bare enkelte partier med tydelig eksponert berg i de steile fjellsidene ved Vindodden. Synlig berg er sterkt oppsprukket og nedfall vil derfor i hovedsak være fint forvitningsmateriale.

Det er små områder med eksponert berg, som er kraftig oppsprukket. Det forventes derfor kun små steinsprang med begrenset utløp. På bakgrunn av våre observasjoner vurderes derfor steinsprang og steinskred ikke å representere fare for hytteområdene på Vindodden. Det er derfor ikke utført mer detaljert vurdering av denne skredtypen.

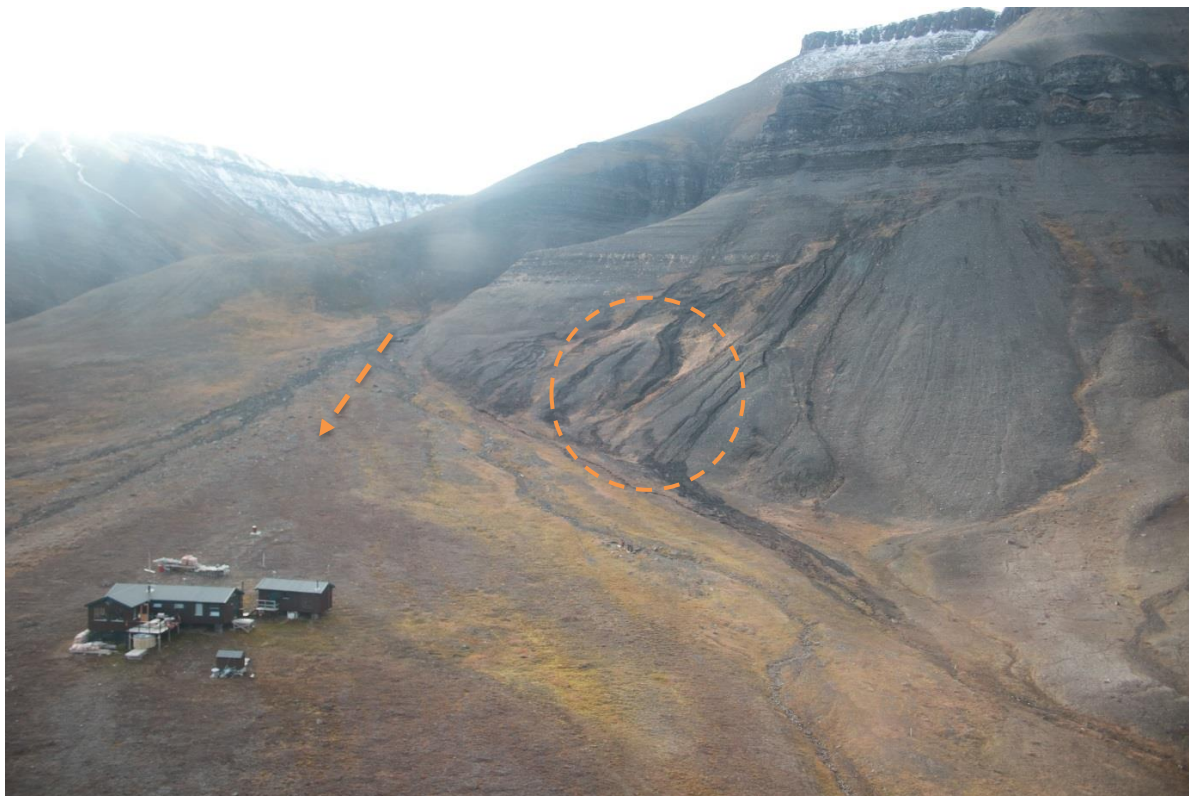
Snøskred

Det er flere potensielle løsneområder for snøskred i de vurderte områdene på Vindodden. Akkumuleringsområder som kløfter, bekkedaler og raviner kan ved enkelte vindretninger samle store mengder snø. Enkelte skråninger i leområder kan også ved nedbør og sterk vind samle en del snø. Det meste av snøen, som ikke blir liggende i le for vind, blir transportert bort. Snødekket blir derfor tynt i vindeksponerte skråninger.

Flere snøskred har gått i markante kløfter med tilhørende raviner i de vestlige områdene. Her akkumuleres det mye snø som kan bli ustabil. Det vil med sikkerhet gå nye skred i dette området.

Skråningsflanker, som er potensielle leområder, kan i perioder med ekstreme værforhold akkumulere store mengder snø på kort tid og dermed være potensielle løsneområder for store snøskred med lange utløp. Utløpsområdene for snøskred er vurdert i henhold til disse ekstreme forholdene.

Simuleringer i RAMMS og teoretiske beregninger på snøskredutløp, verifiserer utløp og strømningsbaner i området der det finnes dokumenterte hendelser. Se vedlegg D.



Bilde 59: Hytte plassert midt på en gammel flomavsetning. Tydelige spor etter fersk flomskredaktivitet i skråningen. Fra bekkedal vist på bildet er det registrert flere snøskredhendelser med ulik lengde på utløp. Sett mot sørøst.



Bilde 60: Løsneområde, (se omriss) i kløft ovenfor hytte i Bilde 59. Foto etter skredhendelse mars 2016. Sett mot sørvest. Modifisert fra S. Onarheim, 2017.

Sørpeskred

Sørpeskred er en aktuell problemstilling i både mindre og større bekkedaler og raviner. Typiske løsneområder for sørpeskred er i dreneringsløp som elve- og bekkedaler og i grunne forsenkninger der vann kan akkumuleres i snødekket. I perioder med mye regn eller ved rask snøsmelting, kan snømasser bli så ustabile at det utvikles sørpeskred. Dette skjer særlig i områder der vannet ikke har mulighet til å drenerer raskt nok gjennom snømassene. Dette kan skje i terreng som er så slakt som 5°.

Det er ikke kjent at det har gått større sørpeskred i dette området, men det kan ikke utelukkes at dette kan forekomme i alle de større bekkedalene. Vest for Flowerdalen finnes det avsetninger fra flom- og muligens sørpeskred over større områder sammen med elveavsetninger.

For sørpeskred jabb utløpslengdene bli ekstremt lange. Sørpeskred har strømningsmønster som likner på flomskred.

10.4 Modelleringsarbeid

RockFall 5.0, RAMMS og α/β -beregninger er benyttet som modellering- og simuleringsverktøy ved vurdering av utløpslengder og for å vurdere strømningsmønster i de ulike områdene. Modelleringene er basert på digitale terrengdata. Tilgjengelighet på data gjør at det er brukt ulike datasett i de ulike områdene. I datasettet fra Vindodden er det 20 m x 20 m oppløsning i terrengmodellen. Modelleringsresultatene gir derfor relativt grove resultater, men vil likevel gi en pekepinn på

utløpslengder og strømningsmønstre. I områder der det har vært dokumenterte skredhendelser har parameterne blitt kalibrert mot disse for å få mest mulig realistiske simuleringer. Parameterne som er brukt i simuleringene er vist nedenfor. Se vedlegg D, kart D_V_01 og D_T_02.

RocFall 5.0

Det er ikke utført steinsprangsimuleringer for Vindodden-området, fordi denne skredtypen ikke er dimensjonerende i noen av de aktuelle områdene.

RAMMS

Modellering av flom-, sørpe- og jordskred med RAMMS debris flow

Det er utført modellering av sørpeskred i tre områder på Vindodden.

Skredene kan starte som sørpeskred og utvikle seg til flomskred pga. erosjon i skredbanen som gir tilførsel av jordmasser i skredet. Sørpeskred er derfor best simulert ved RAMMS debris flow (og ikke RAMMS avalanche). Parameterne brukt ved simulering av skredene er vist i Tabell 9.

Tabell 9: Viser parameterne benyttet i simuleringene av sørpeskred. Vist i vedlegg D.

Løsneområde	Dry-Coulomb type friction μ ()	Viscous-turbulent friction ξ (m/s ²)	Dybde utløsningsområdet (m)	ved Areal løsneområder (m ²)
1.	0.1	600	1.0	4000
2.	0.1	600	1.0	4400
3.	0.1	600	1.0	7600

Løsneområde 1 ligger i bunnen av en markant skålformasjon/ravine i den vestre delen av det vurderte området. Slike nordvendte kløft-formasjoner vil kunne akkumulere store mengder snø ettersom de ligger i le for vind fra vest, sør og øst. Dersom det blir liggende mye snø i bunn av ravinen og tilført mye vann ved kraftig nedbør eller snøsmelting, kan snøen bli vannmettet og ustabil og resultere i sørpeskred.

Løsneområde 2 er likt område 1. Fra dette området kan det komme skredutløp som har potensiale til å berøre eksisterende hytter.

Løsneområde 3 ligger i markante bekkeraviner i den østre delen av vurdert område. Her er det ikke noen hytter i dag, men for å fastsette faresoner er det viktig å se på potensielle framtidige faremoment for området.

Modellering av snøskred med RAMMS- Avalanche

Det er valgt ut 6 potensielle løsneområder for snøskred. Disse er valgt i områder hvor det er registrert tidligere hendelser, hvor helningen er brattere enn 30° og hvor det potensielt kan akkumuleres mye snø. Nærhet til hytter og kjente scootertraseer er også tatt med i vurderingen.

Det er sjeldent og usannsynlig at hele det definerte løsneområdet løsner under en reell hendelse. Arealet av løsneområdet vil derfor være noe større enn det som reelt løsner. Ettersom områdene generelt er 200-400 meter lange, antas det en viss medrivningseffekt. Denne effekten er ikke tallfestet, men kompenseres ved at løsneområdene er noe større enn det som er reelt.

Akkumulering av snø på Svalbard kan variere mye, avhengig av eksponering i forhold til dominerende vindretning. På grunn av vindtransport er det vanskelig å estimere reelle snømengder i de ulike skråningene kun basert på nedbørstatistikk. Svalbard er svært utsatt for vind, og snøen som faller blir erodert vekk i vindutsatte områder som platåer, fjellpartier på lo side eller sider orientert parallelt med vindretningen. Mengde snø som blir liggende i de enkelte skråninger er derfor avhengig av

terrengformen og hvordan terrenget er eksponert i forhold til fremherskende vindretning. Renner, søkk og le-heng under platåer er typiske terrengformer hvor det kan samles snø.

For Vindodden er en gjennomsnittsverdi for simulert bruddkanthøyde benyttet (0.7 m), som er avhengig av hvordan vinden er antatt/registrert å påvirke snøakkumulering i de ulike terrengformene. Effekten av skavlbrudd er tatt i betraktning gjennom at det er estimert et ekstra volum i estimert bruddhøyde.

Tabell 10: Viser parameterne benyttet i simuleringene av snøskred vist i vedlegg D. Areal på løsneområdene på kartet er også gitt i tabell.

Løsneområde	Bruddkanthøyde (m)	Areal (m ²)
1.	0.7	9600 + 6000 + 2400
2.	0.7	44000 + 22800
3.	0.7	24800 + 9200
4.	0.7	8800 + 5600
5.	0.7	6000 + 8400
6.	0.7	30800 + 7200

Løsneområde 1-2 ligger i øvre del av markante skålformasjoner/raviner i den vestre delen av det vurderte området. Her finnes nordvendte kløftformasjoner, som vil kunne akkumulere store mengder snø ved vind fra sørøst til sørvest med eller uten nedbør. Sørøst er den dominerende vindretninger på Svalbard, målt ved Longyearbyen flyplass. Det løsner ikke skred i Løsneområde 1-2 hvert år, men med framtidige klimaendringer kan det ikke utelukkes at dette er potensielt aktive skredområder. Fra disse områdene er det registrert snøskred med skredtunger opp til 0,5 m dypde i front.

Løsneområde 3 er en mer åpen flanke, der det ved ekstreme tilfeller kan løsne snøskred.

Løsneområde 4 er områder som under ekstreme forhold kan gi skred med utløpslengder som vil nå eksisterende hyttebebyggelse.

Løsneområde 5 er et område der det er kjent at det kan akkumuleres mye snø, og der det kan forventes store skred under spesielle forhold.

Løsneområde 6 er to områder (nr. står mellom disse på kartet) som er avmerket lengst øst. Dette er nordvestvendte skråninger som kan akkumulere store mengder snø. Eventuelle skred vil dog følge markante raviner.

α/β-beregning av snøskredutløp

Det er utført beregninger for teoretisk snøskredutløp etter NGIs α/β-modell. Profiler er konstruert i alle områder der det er utført RAMMS snøskredsimuleringer. I tillegg er det utført beregninger langs profiler i enkelte skråninger i aktuelt område.

Beregningene er en komplettering til utførte simuleringer og vurderinger. Generelt stemmer α/β-beregninger godt med faktiske skredhendelser, som er registrert på Svalbard. Ved enkelte profil utforminger er de ikke like realistiske og må da ses på som ren beregning.

Det vestligste profilet er lagt i et kjent skredløp, dette er imidlertid en ravine så utløpsberegning vil bare være en teoretisk indikasjon basert på helning. Et av profilene i øst viser beregninger der det er korte teoretiske utløp, som skyldes at dette er en lav skråning med bratt øvre del.

Se vedlegg D.

10.5 Faresoner

Ved fastsettelse av faresoner er det tatt hensyn til både kjente skred og skredhendelser med tydelige spor/avsetninger i terrenget. Det er utført teoretiske simuleringer og beregninger på utløp for skredtyper som snø-, sørpe-, jord- og flomskred. Sannsynligheten for store sørpeskred er ikke vurdert som høy i det aktuelle området. Tatt i betraktning det mildere klima som forventes i framtiden og som er erfart på Svalbard det senere årene, kan sannsynlighetene for skred som sørpe- jord- og flomskred forventes å øke.

På den gamle breelv-avsetningen ved munningen av Flowerdalen, er det flomfare med mulighet for utbredelse av flomskred og sørpeskred. Lengre ut på viften ved foten på skråningen, er det mer ren flomfare. Muligheten og sannsynligheten for at bekker og elver endrer løp i elveavsetningene er stor.

Det er fare for snøskred på flere steder. Mindre flakskred erfares omtrent årlig. Flere områder ligger utsatt til med høy sannsynlighet for snøskred etter ekstreme værforhold. Snøskred vil under slike forhold kunne være den dimensjonerende skredtypen.

I området Vindodden er det i all hovedsak jord- og flomskred som er dimensjonerende skredtype. Enkelte områder og da spesielt faresoner med høyere sannsynlighet (1/100) har snøskred som dimensjonerende skredtype.

Se vedlegg A, kart A_V_01 og A_V_02.

11 Referanser

Et utvalg av personer og lokalbefolkning som bidratt med nyttig muntlig og bilde informasjon til arbeidet med rapporten:

Anderssen, Tommy; Bodd ca. 10 år på Svalbard, har hytta i Bjørndalen.

Antonsen Gunnhild; På Svalbard siden 1987, hytte på Vindodden.

Brekken Atle; På Svalbard siden 1975, bor og har hytte i Bjørndalen. Lang felt erfaring, bl.a. arbeidet for Store Norske og SSD-Teknisk avd.

Christiansen Hanne; Avdelingsleder for Geologiavdelingen på UNIS, Spesialkompetanse på Permafrost. Bor på Svalbard siden ca. 2002.

Echenstrofer Markus; Forsker på Norut, har doktorgrad fra Svalbard om snøskred, 2013. Bodd og arbeidet 5 år på Svalbard. Bidratt også muntlig med faglige diskusjoner og egne erfaringer, sep. 2016.

Hekne Geir; Bor på Svalbard siden 1971, lang erfaring fra redningsarbeid på Svalbard, hytte på Revneset.

Haagensli Jørgen; Bor på Svalbard siden 1999. Har i lengre perioder ledet Røde Kors hjelpekorps på Svalbard og hatt ansvar for beredskap på områder som skred. Har også jobbet for UNIS i en periode.

Jusnes Karin; Bodd på Svalbard og Spisshusen ca. 1982-2009

Onarheim Stig; Fødd 1968 oppvokst på Svalbard, har hytte på Vindodden, i dag helikopterpilot på Svalbard.

Ringheim Anders; Bodd på Svalbard siden 1988, lang felt erfaring, har hytte på Revneset.

Kristoffersen Arne; Bor på Svalbard siden 1980, lang felt erfaring, har tidligere hatt hytte både på Hjorthamn og Vindodden.

Torgersen Daldorff Steve; Bodd på Svalbard siden ca.1990, lang felt erfaring, har hytte i Bjørndalen og bruker aktivt hytte på Vindodden.

Larsen Jan-Otto; Tidligere avdelingsleder for Teknologiavdelingen på UNIS. Har undervist der fra 2005 til 2016 og bodd fast på Svalbard i 8 år. Har hatt forskjellige oppgaver på Svalbard siden 1966 for Norsk Polarinstutt, Svalbard Samfunnsdrift og Lokalstyret, Norsk Hydro og Spitsbergen Kullkompani AS i tillegg til UNIS. Sakkyndig på området Skred og Skredsikring.

Nettsider:

http://www.skred-svalbard.no/avl_list.php	Cryoslope Svalbard, den 20.09.2016
http://svalbardkartet.npolar.no	Berggrunnskart over Svalbard, sep. 2016
http://www.npolar.no/no/arktis/svalbard/	Sep.2016
http://www.varsom.no/	mai. 2017
http://www.yr.no/stad/Noreg/Svalbard/Svalbard_lufthavn/statistikk.html	sep, 2016
http://publikasjoner.nve.no/vegleder/2014/vegleder2014_08.pdf	mars. 2016
https://www.dibk.no/no/byggereglar/tek/2/7/7-3/	mars.2017
http://www.eposters.net/pdfs/the-glacial-history-of-the-svalbard-archipelago-from-late-vistulian-to-the-present-time-in-late.pdf	

http://www.tspnorway.com/	sep. 2016
http://geo.ngu.no/kart/permafrost_svalbard/	okt.2016
https://www.rocscience.com/help/rocfall/webhelp/RocFall.htm	april. 2017
http://www.amap.no/documents/doc/swipa-2017-press-material/1544	mai.2017

Litteratur:

Dallman Winfried K. m.fl. 2015; Geoscience Atlas of Svalbard

Eckerstorfer Markus 2013; Snow avalanches in central Svalbard: A field study of meteorological and topographical triggering factors and geomorphological significance.Ph.D.

Eckerstorfer Markus m.fl. 2013; The geomorphological effect of cornice fall avalanches in the Longyeardalen valley, Svalbard.

Eckerstorfer Markus m.fl. 2009; Avalanches and snow mobile traffic around Longyearbyen, Svalbard.

Larsson, S. (1982). Geomorphological effects on the slopes of Longyear valley, Spitsbergen, after a heavy rainstorm in July 1972. Geogr. Ann. 64 A: 105-125

Lied og Bakkehøi, 1980. Empirical calculations of snow avalanche runout distance based on topographical parameters, Journal of Glaciology, Vol 26 (94)

Piepjohm Karsten m.fl. 2012; Longyearbyens geologi

Rubensdotter Lena m.fl. 2015; Landskapsformer og løsmasser Bjørndalen-Vestpynten, Svalbard

Rubensdotter L. & Hermanns R., 2011; NGU, notat, Bekymringsmelding om to potensielt ustabile fjellparti i Longyeardalen oppdaget ved kvartærgeologisk kartlegging.

Vikhamar-Schuler, Eirik J. Førland og Hege Hisda, 2016; Kort oversikt over klimaendringer og konsekvenser på Svalbard NCCS report no. 2/2016.

Cryoslope project 2007-2009, kart produsert i forbindelse med prosjektet. Landforms and sediments in Todalen and upper Gangdalen and Bødalen.

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) 2016, Skredulykken i Longyearbyen 19. desember 2015.

NVE Rapport 91, 2016, Skredfarekartlegging på Svalbard, Multiconsult rapport, 713416-RIGberg-RAP-001, 2016.

NVEs veileder 8-2014; Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak.

NVEs veileder: Kartlegging og vurdering av skredfare i Arealplaner, Vedlegg 2 til NVEs retningslinjer: Flom- og skredfare i arealplaner, 2011.

NVEs retningslinjer 2.2011: Flaum- og skredfare i arealplaner.

NVE faktaark 2013-01, Jordskred og flomskred – naturfare.no

NVEs faktaark 2-13, Identifisering av skredvifter.

Statens vegvesen, Håndbok V139 2014, Flom- og sørpeskred.

TEK 10, Teknisk forskrift, Vegledning om tekniske krav til byggverk, kap.7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger, september 2016.

RAMMS – A numerical model for snow avalanches in research and practice, User Manual v1.5 Avalanche, WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF (2013)

RAMMS – Avalanche 1.4, Friction Parameters, SLF (2011)

RocFall version 5.0-fra Rocscience., 2016

Vedlegg A

Faresonekart

Tre faresoner er tegnet inn:

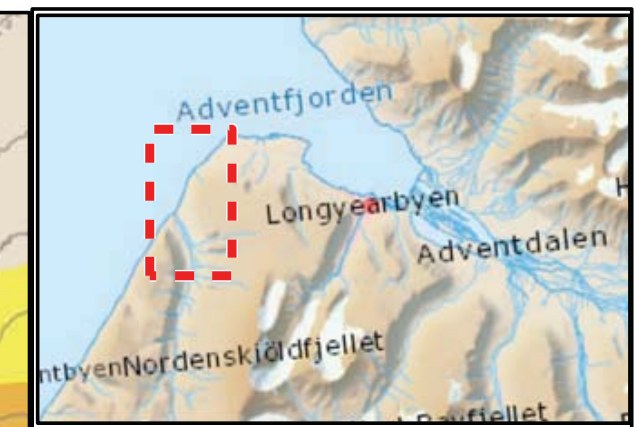
- Skredutbredelse med årlig nominell sannsynlighet 1/100
- Skredutbredelse med årlig nominell sannsynlighet 1/1000
- Skredutbredelse med årlig nominell sannsynlighet 1/5000

Dimensjonerende skredtype er avmerket. Skredtypene stein-, snø,- sørpe,- jord- og flomskred (fra bratt terreng) er vurdert.



Faresonekart

Områdene er delt opp i flere kart for å mest mulig oversiktlig vise de aktuelle faresonene for områdene. Kartene er utarbeidet med detaljeringsgrad 1:5000 eller bedre, her presentert i skala 1:10 000 og 1:12 000. Faresonekartene leveres også digitalt i shape/sosi-format til Longyearbyen lokalstyre og Store Norske.



A_B_01	Bjørndalen, Nord
A_B_02	Bjørndalen, Sør
A_RH_01	Reveneset-Hjorthamn, vest
A_RH_02	Reveneset-Hjorthamn, øst
A_RH_03	Reveneset-Hjorthamn, sør I
A_RH_04	Reveneset-Hjorthamn, sør II
A_T_01	Todalen, nord
A_T_02	Todalen, sør
A_BF_01	Bolterdalen-Foxdalen, vest
A_BF_02	Bolterdalen-Foxdalen, vest (II)
A_BF_03	Bolterdalen-Foxdalen, mot Adventdalen
A_BF_04	Bolterdalen-Foxdalen, øst
A_V_01	Vindodden, vest
A_V_02	Vindodden, øst






Tegnforklaring

-  Bygninger
-  Kartlagt område

Faresone Årlig nominell sannsynlighet

-  $\geq 1/100$
-  $\geq 1/1000$
-  $\geq 1/5000$

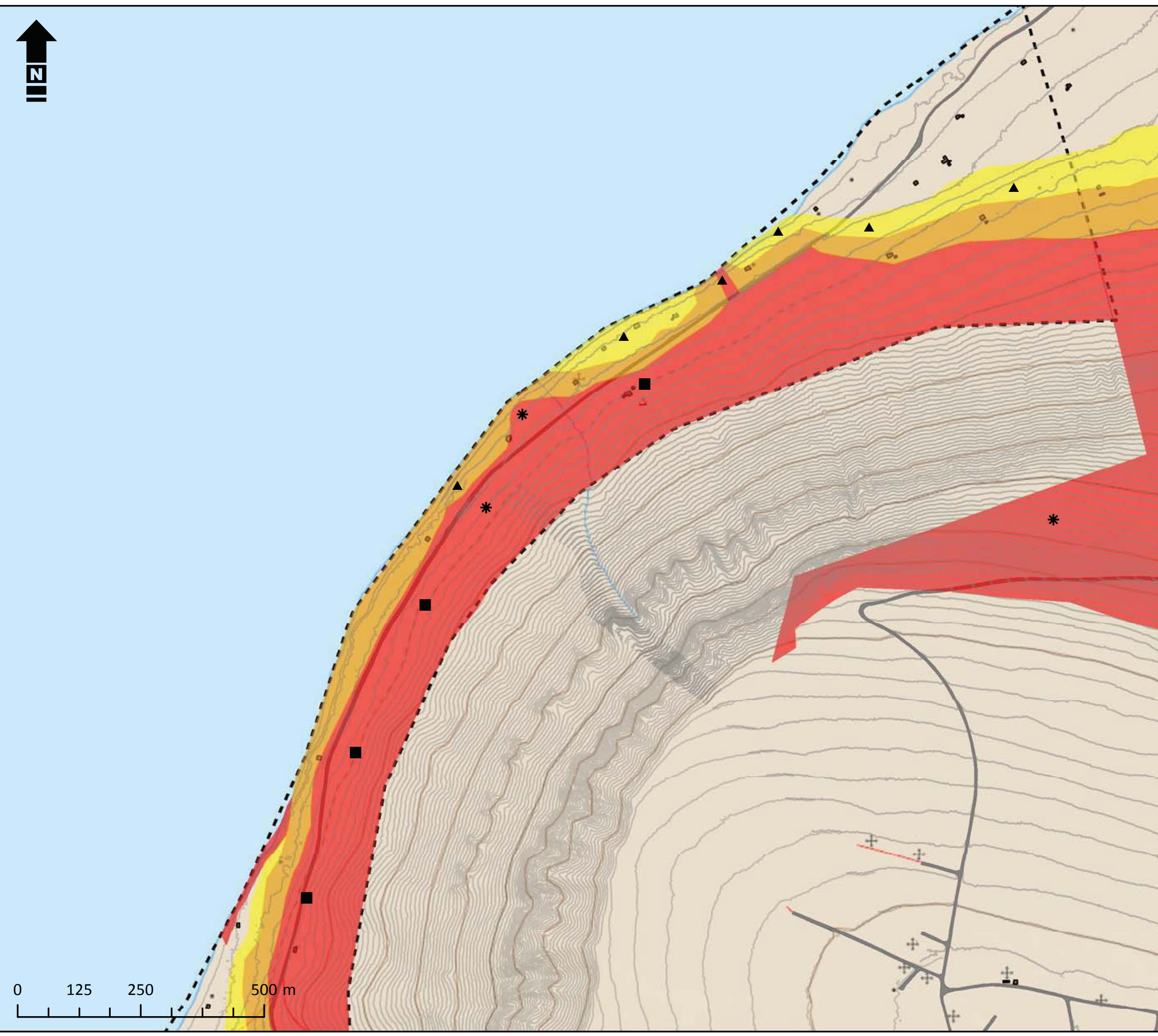
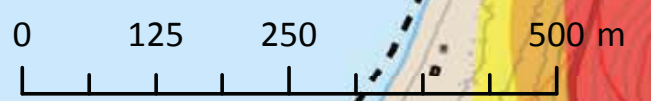
Dimensjonerende skredtype

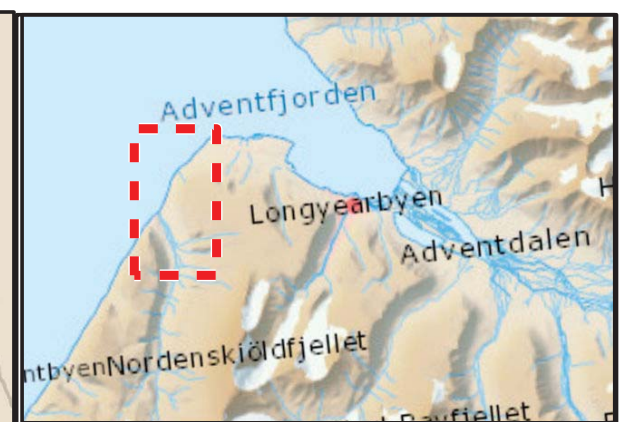
-  Steinsprang/ steinskred
-  Snøskred
-  Jord- og flomskred/ sørpeskred

Skredfarekartlegging Svalbard



Faresonekart
Vestpynten-Bjørndalen, Nord
A3 1:10 000
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske
Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 05-04-2017	Kart nr: A_B_01








Tegnforklaring

-  Bygninger
-  Kartlagt område

Faresone Årlig nominell sannsynlighet

-  $\geq 1/100$
-  $\geq 1/1000$
-  $\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

-  Steinsprang/ steinskred
-  Snøskred
-  Jord- og flomskred/ sørpeskred

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Vestpynten-Bjørndalen, Sør

A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

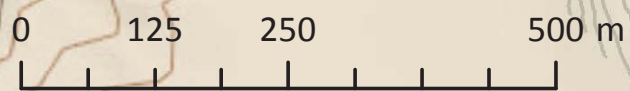
Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

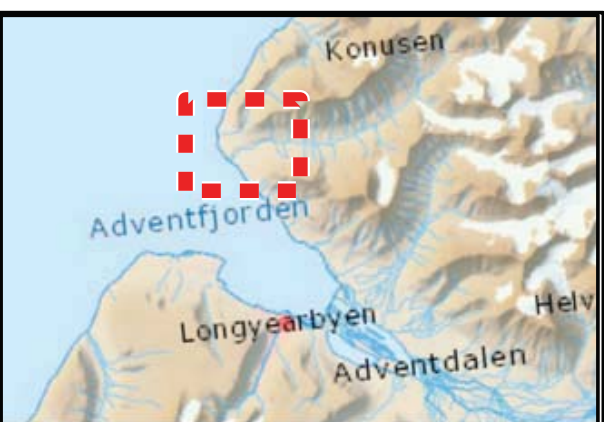
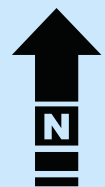
Godkjent: KURF

Dato: 05-04-2017

Kart nr: A_B_02

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger

Faresone Årlig nominell sannsynlighet

- $\geq 1/100$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

- Snøskred
- jord- og flomskred/ søpreskred
- steinsprang

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Reveneset-Hjorthamn, Nord I

A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

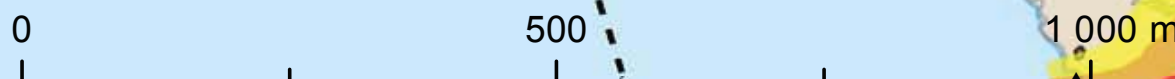
Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

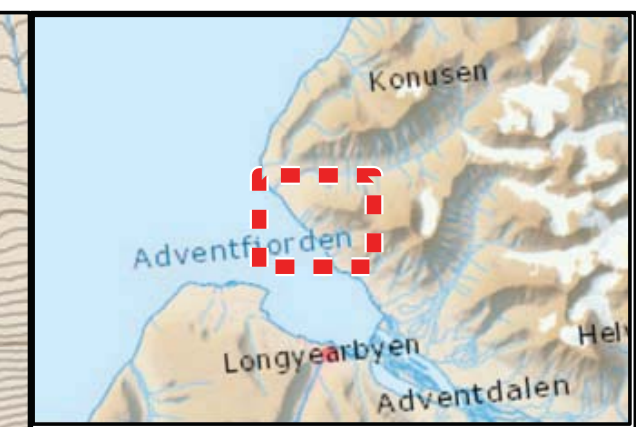
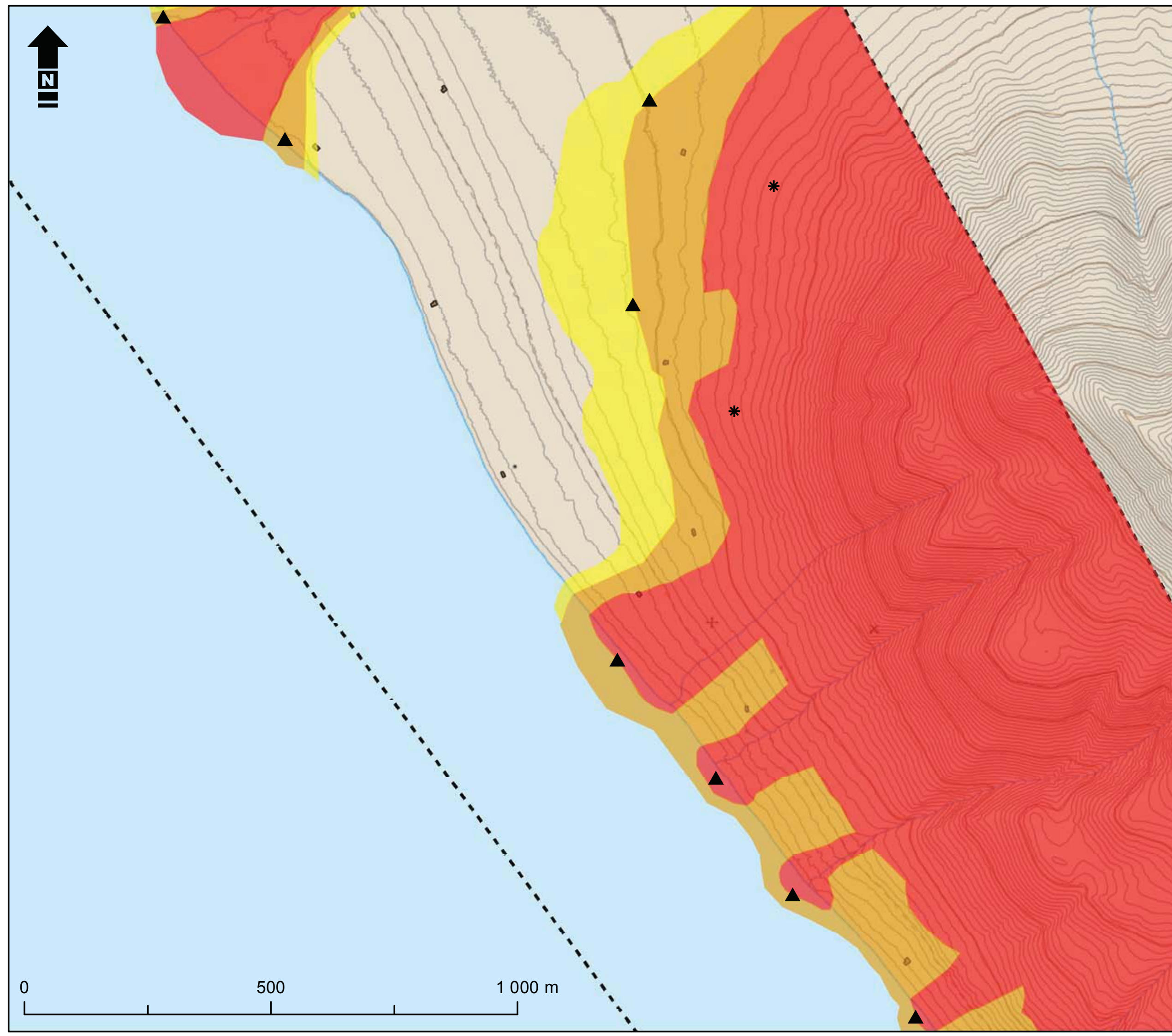
Godkjent: KURF

Dato: 02-05-2017

Kart nr: A_RH_01

Multiconsult





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- $\geq 1/100$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

- Snøskred
- jord- og flomskred/ søpreskred
- steinsprang

Skredfarekartlegging Svalbard

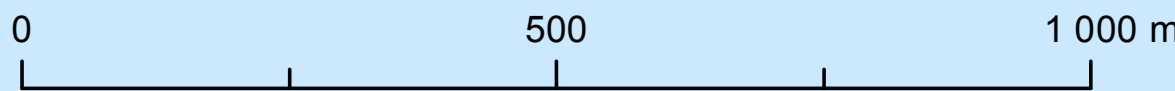
Faresonekart
Revenaset-Hjorthamn, Nord II

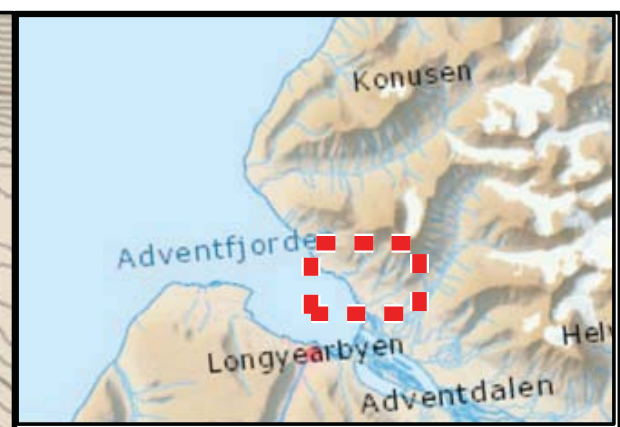
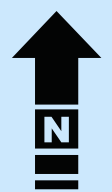
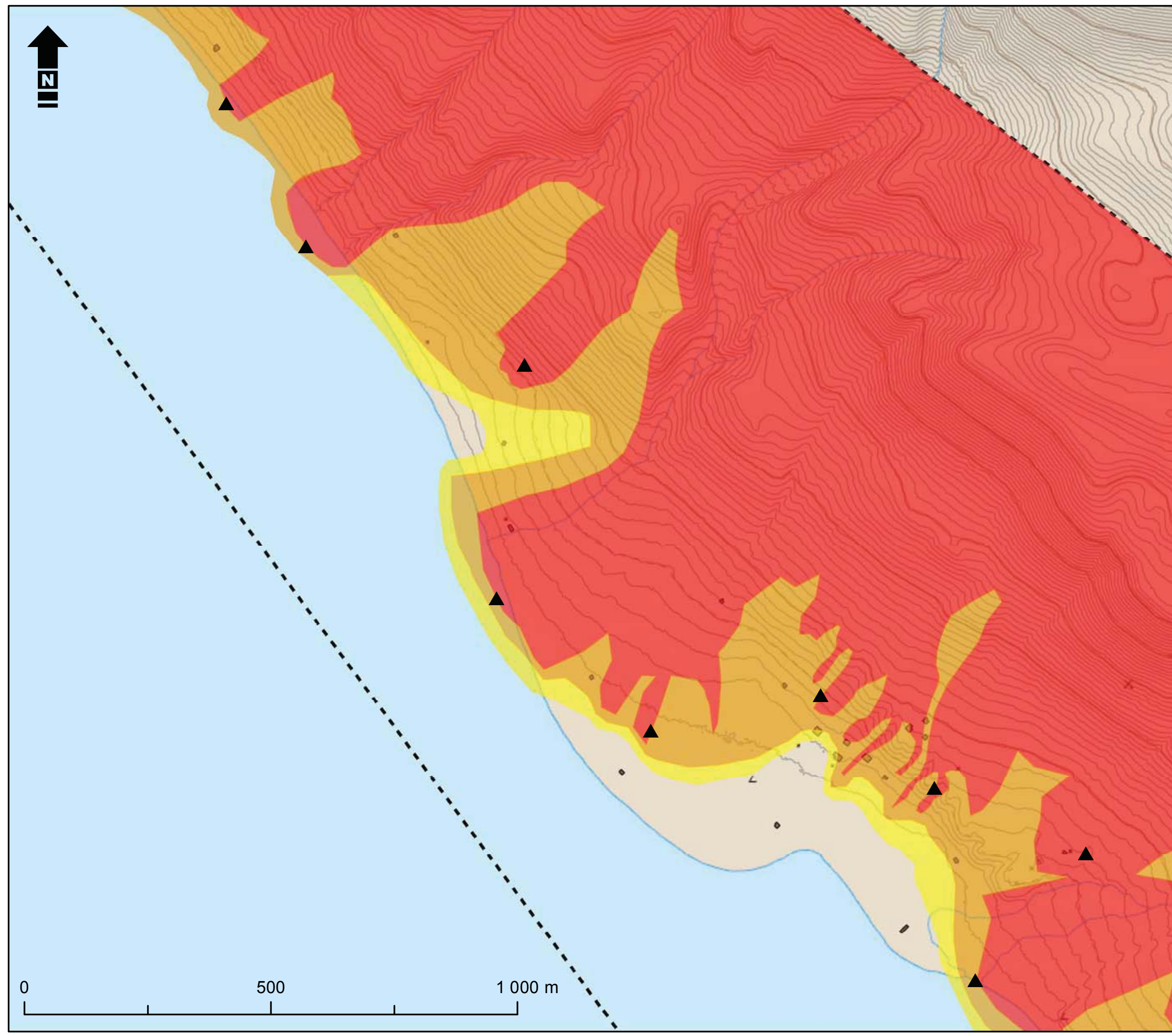
A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 02-05-2017	Kart nr: A_RH_02





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger

Faresone Årlig nominell sannsynlighet

- $\geq 1/100$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

- Snøskred
- jord- og flomskred/ søpreskred
- steinsprang

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Reveneset-Hjorthamn, Sør I

A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

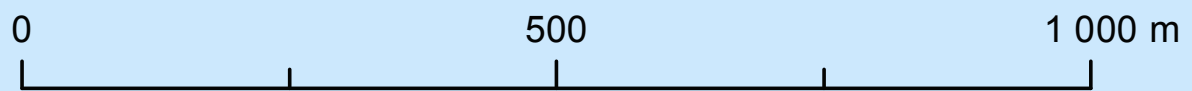
Oppdragsnummer: 713525

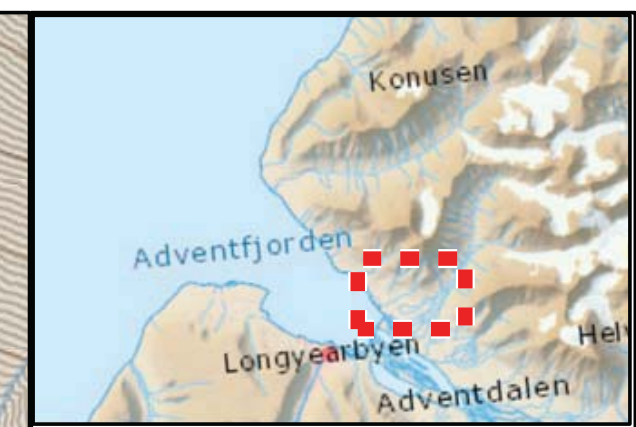
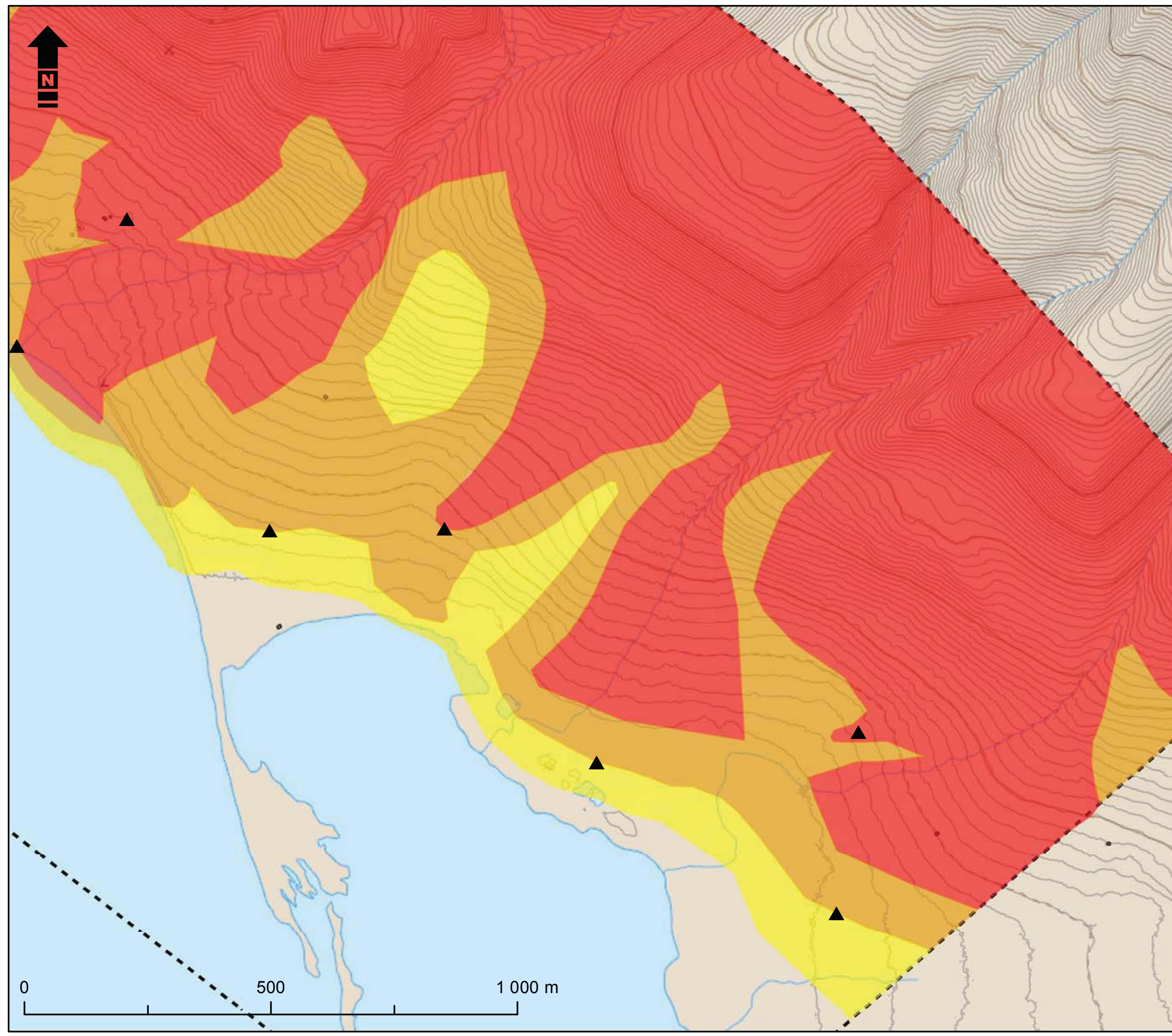
Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

Godkjent: KURF

Dato: 02-05-2017

Kart nr: A_RH_03





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- $\geq 1/100$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

- Snøskred
- jord- og flomskred/ søpreskred
- steinsprang

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
 Reveneset-Hjorthamn, Sør II

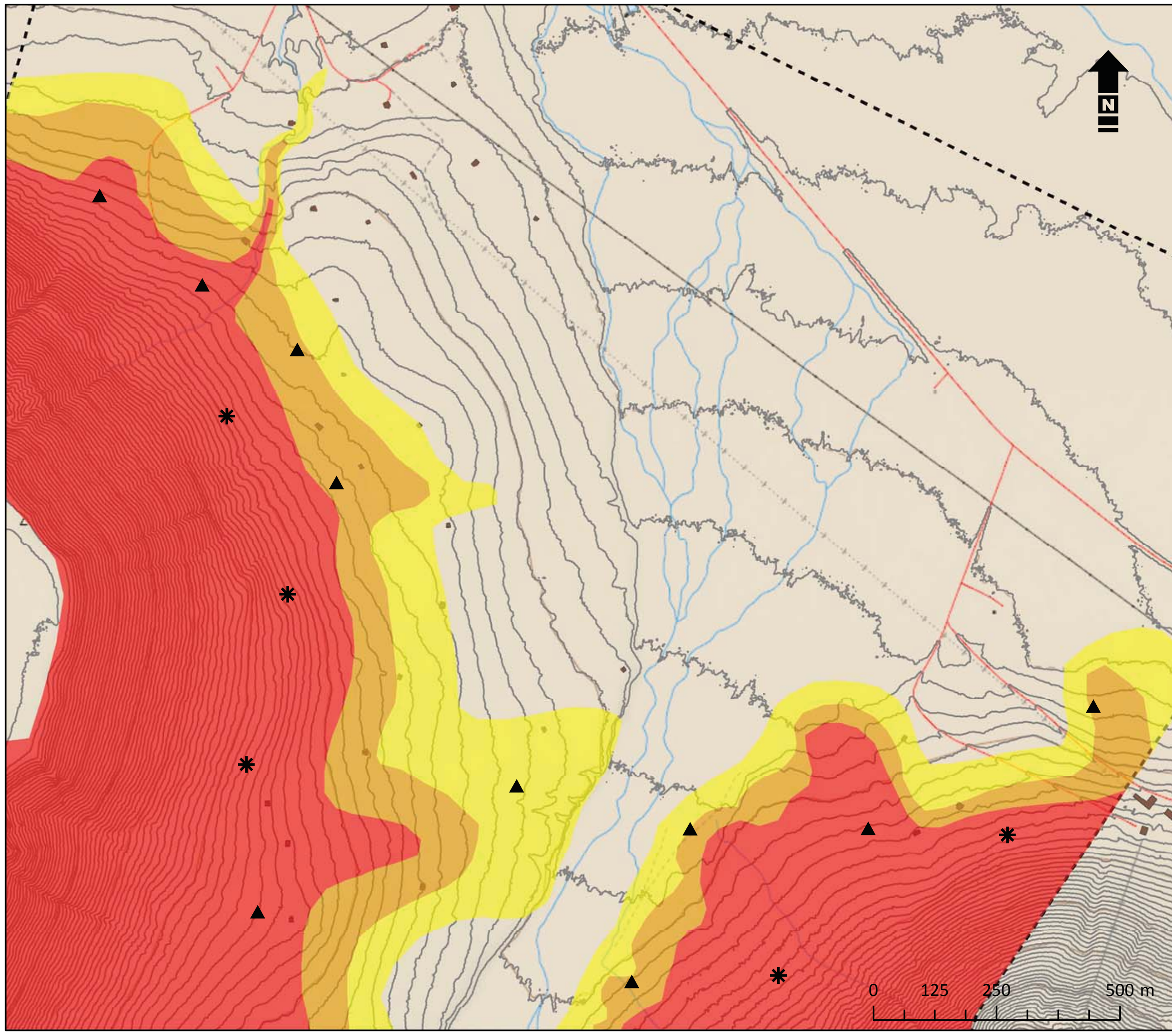
A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 02-05-2017	Kart nr: A_RH_04





Tegnforklaring

Kartlagt område

Bygninger

Faresone skred

Årlig nominell sannsynlighet

$\geq 1/100$

$\geq 1/1000$

$\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

Jord- og flomskred/Sørpeskred

Snøskred

Skredfarekartlegging Svalbard

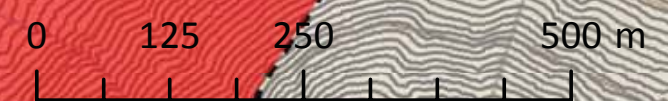
Faresonekart
Todalen, nord

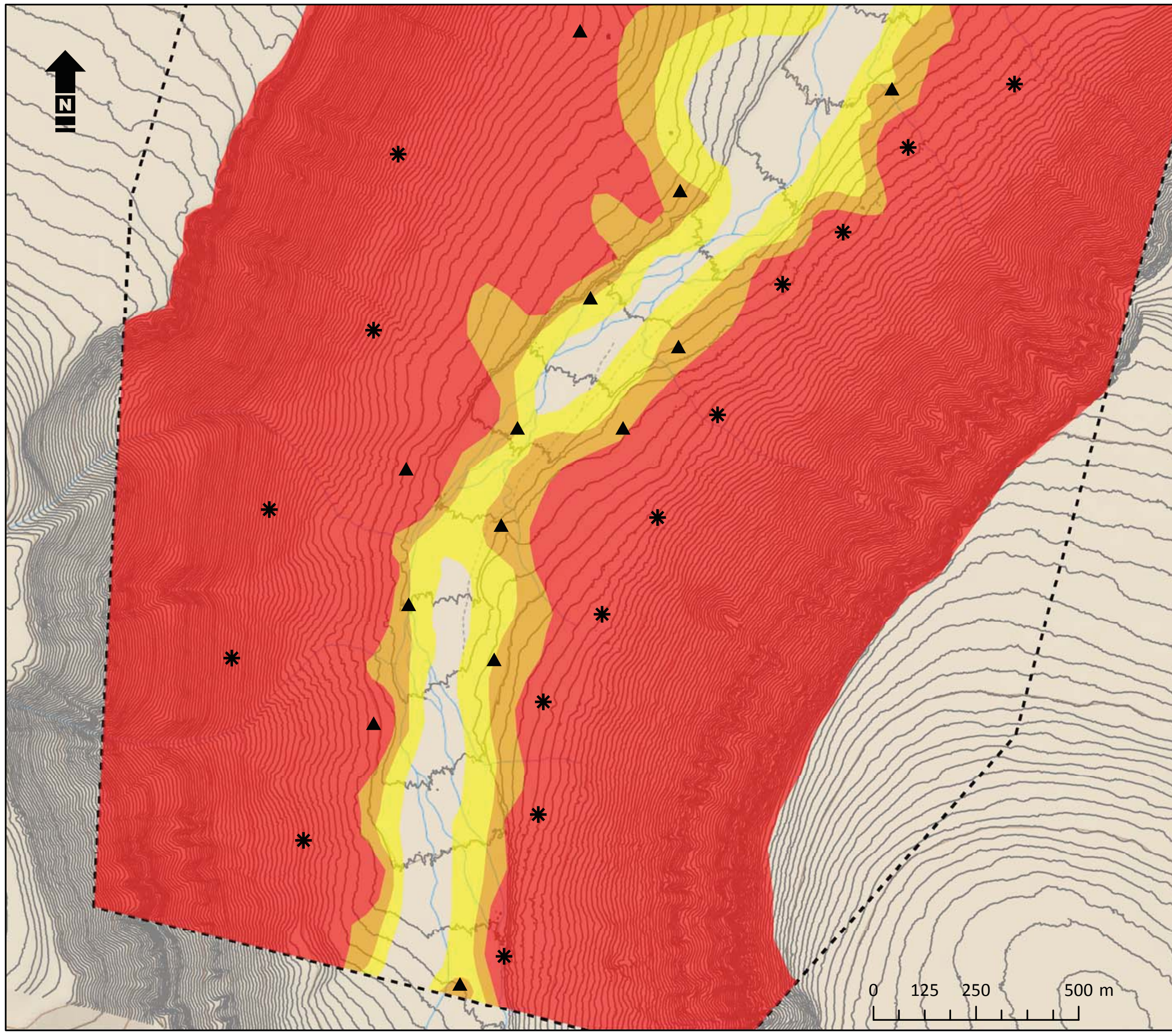
A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnr: 713525

Utført: MHP/MARIAH	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 05-04-2017	Kart nr: A_T_01

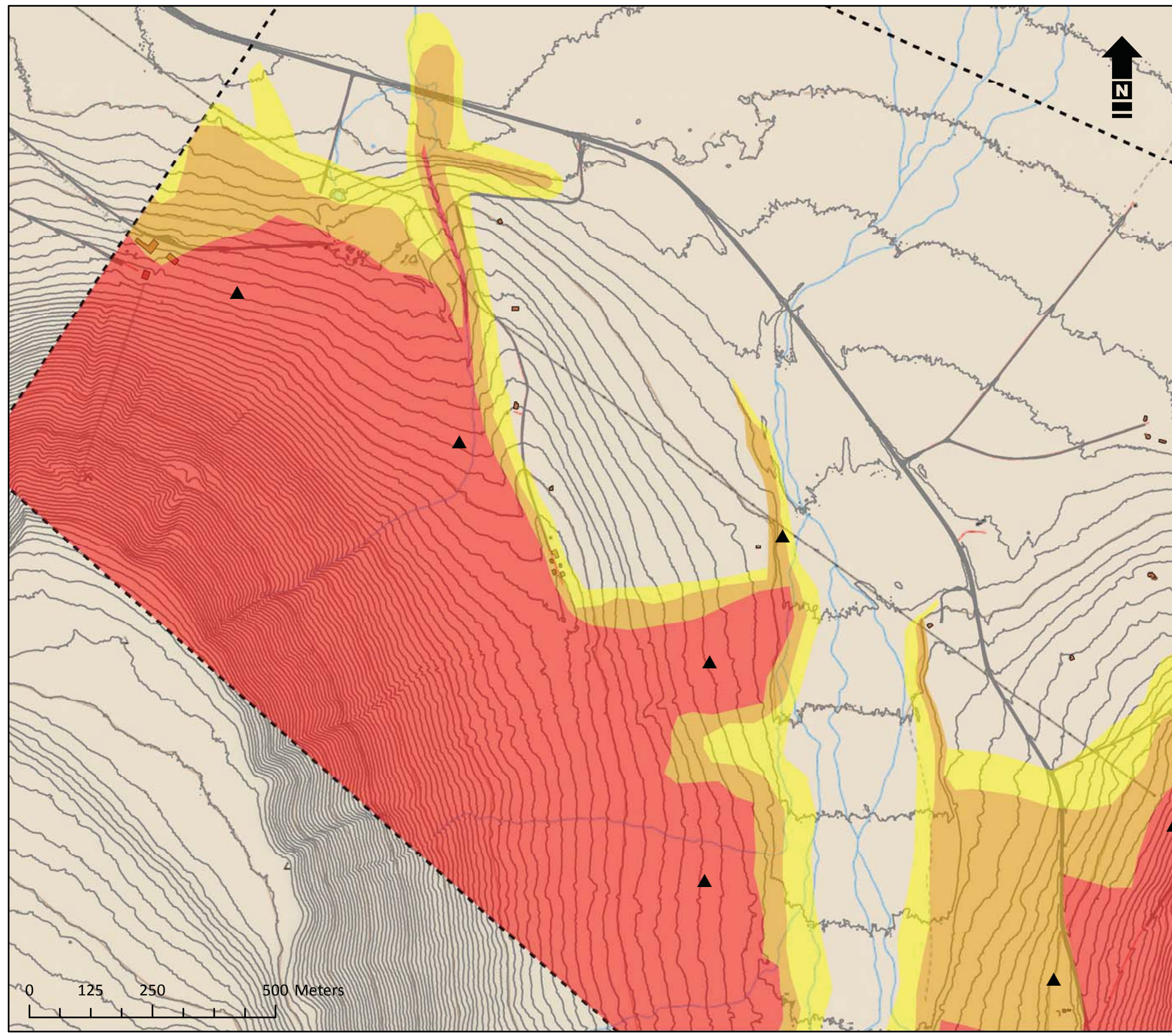











Tegnforklaring	
	Kartlagt område
	Bygninger
Faresone skred	
Årlig nominell sannsynlighet	
	$\geq 1/100$
	$\geq 1/1000$
	$\geq 1/5000$
Dimensjonerende skredtype	
	Jord- og flomskred/Sørpeskred
	Snøskred

Skredfarekartlegging Svalbard	
Faresonekart	
Todalen, sør	
A3 1:12 000	
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske	
Oppdragsnr: 713525	
Utført: MHP/MARIAH	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 05-04-2017	Kart nr: A_T_02

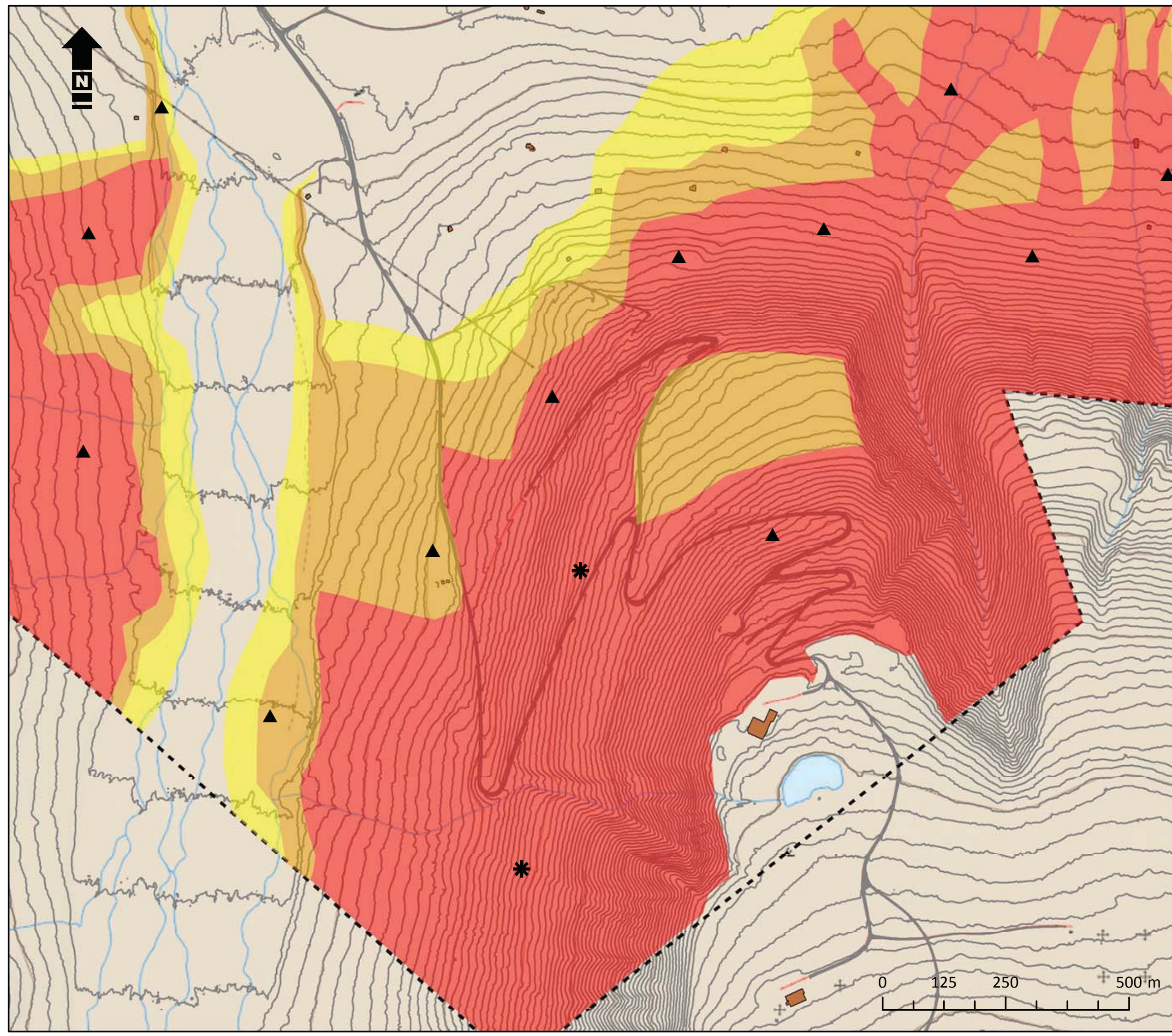




- Tegnforklaring**
-  Kartlagt område
 -  Bygninger
- Faresone skred**
- Årlig nominell sannsynlighet**
-  $\geq 1/100$
 -  $\geq 1/1000$
 -  $\geq 1/5000$
- Dimensjonerende skredtype**
-  Jord- og flomskred/Sørpeskred
 -  Snøskred

Skredfarekartlegging Svalbard	
Faresonekart Bolterdalen-Foxdalen, vest	
A3 1:10 000	
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske	
Oppdragsnummer: 713525	
Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: A_BF_01





Tegnforklaring

Kartlagt område

Bygninger

Faresone skred

Årlig nominell sannsynlighet

$\geq 1/100$

$\geq 1/1000$

$\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

Jord- og flomskred/Sørpeskred

Snøskred

Skredfarekartlegging Svalbard

Faresonekart
Bolterdalen-Foxdalen, vest (II)

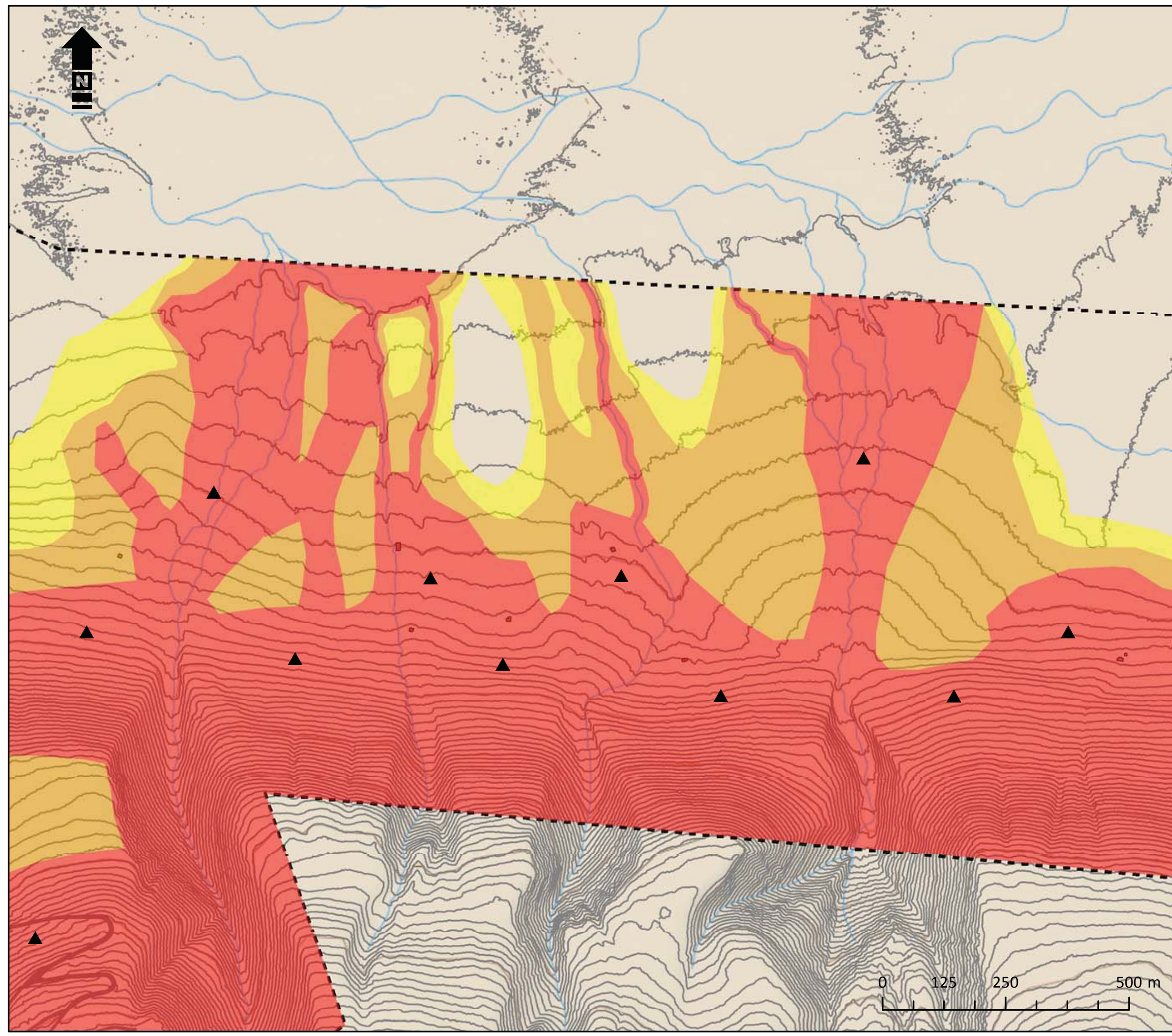
A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: A_BF_02





Tegnforklaring

Kartlagt område

Bygninger

Faresone skred

Årlig nominell sannsynlighet

$\geq 1/100$

$\geq 1/1000$

$\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

Jord- og flomskred/Sørpeskred

Snøskred

Skredfarekartlegging Svalbard

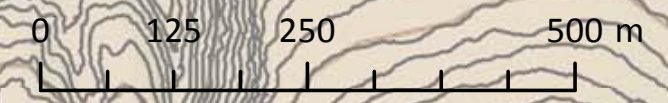
Faresonekart
Bolterdalen-Foxdalen, mot Adventdalen

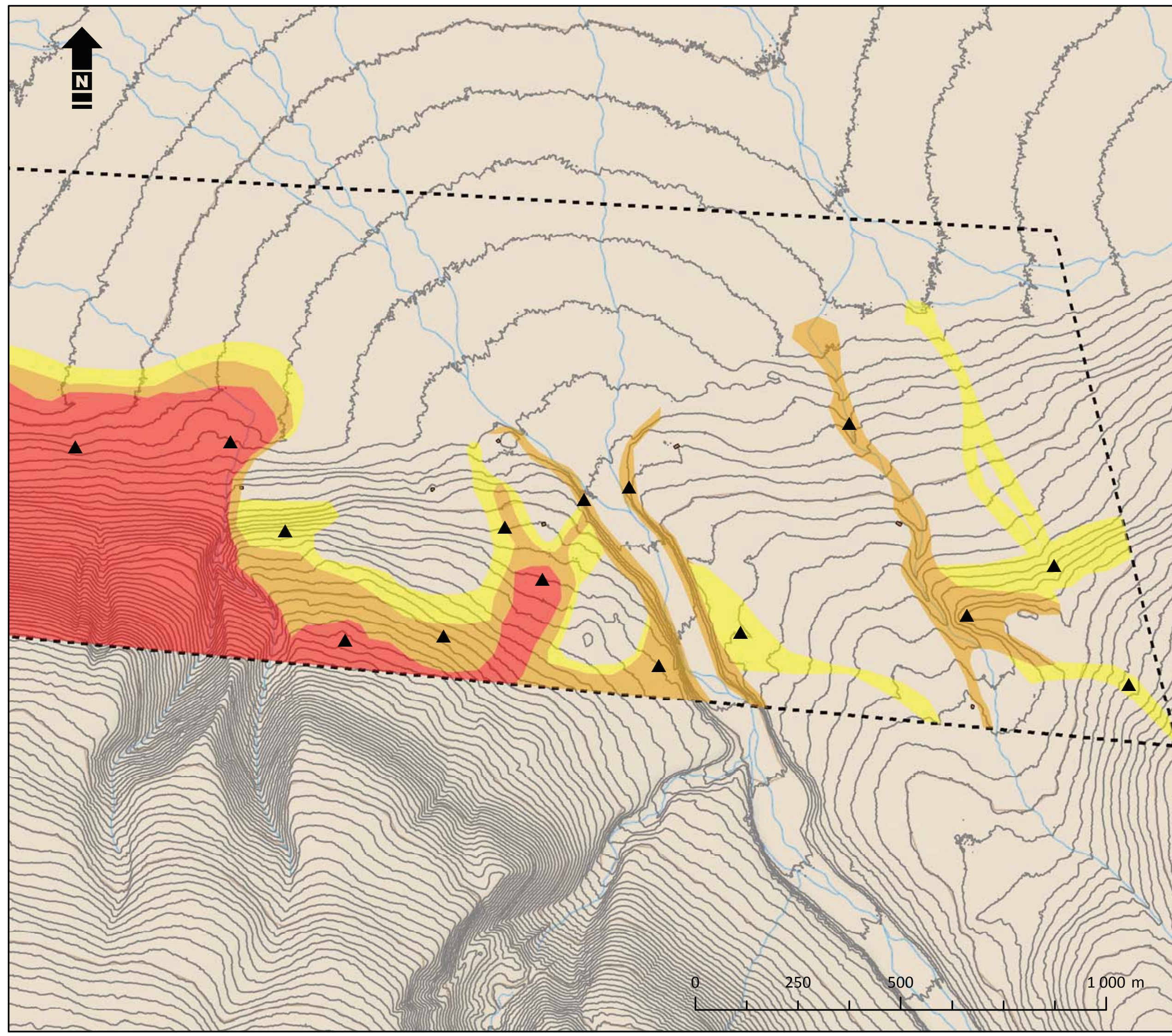
A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: A_BF_03





Tegnforklaring

Kartlagt område

Bygninger

Faresone skred

Årlig nominell sannsynlighet

$\geq 1/100$

$\geq 1/1000$

$\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

Jord- og flomskred/Sørpeskred

Snøskred

Skredfarekartlegging Svalbard

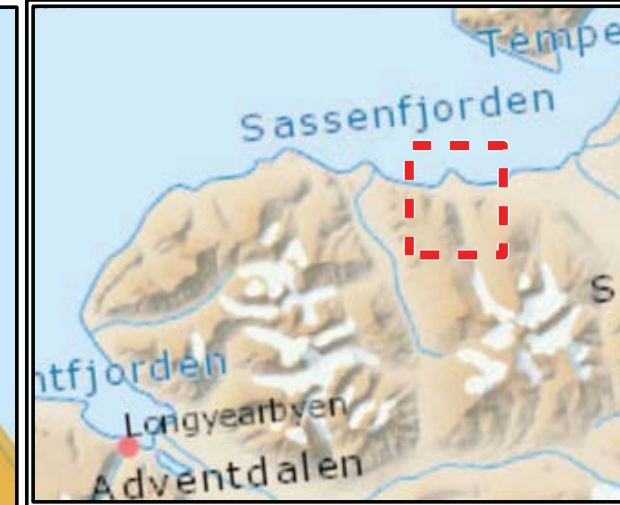
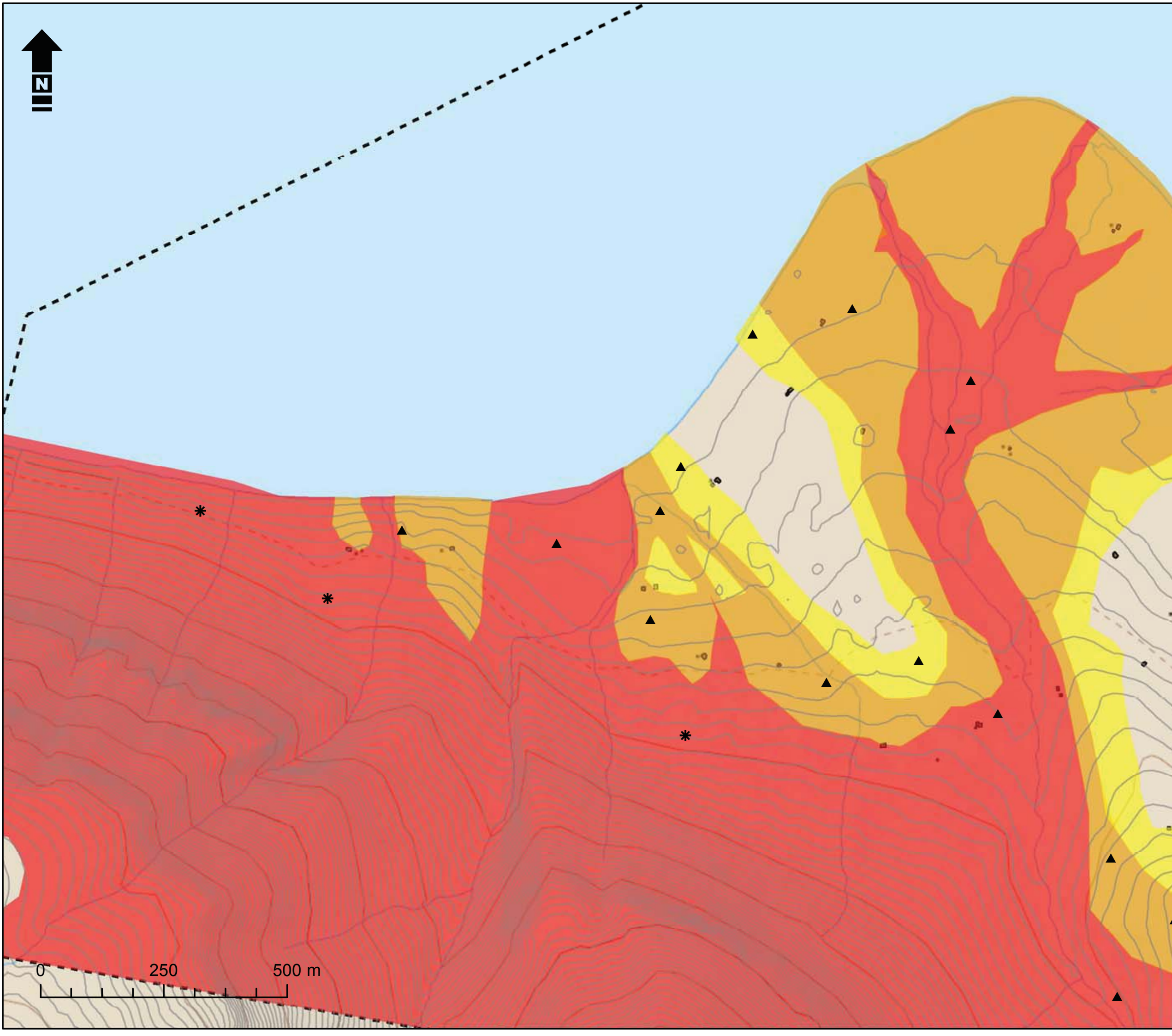
Faresonekart
Bolterdalen-Foxdalen, øst

A3 1:12 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: A_BF_04



Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger

Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- $\geq 1/100$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

- Snøskred
- Jord- og flomskred/ sørpeskred

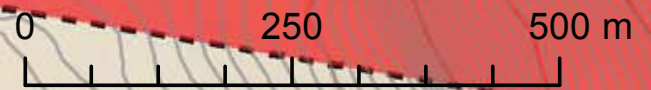
Skredfarekartlegging Svalbard

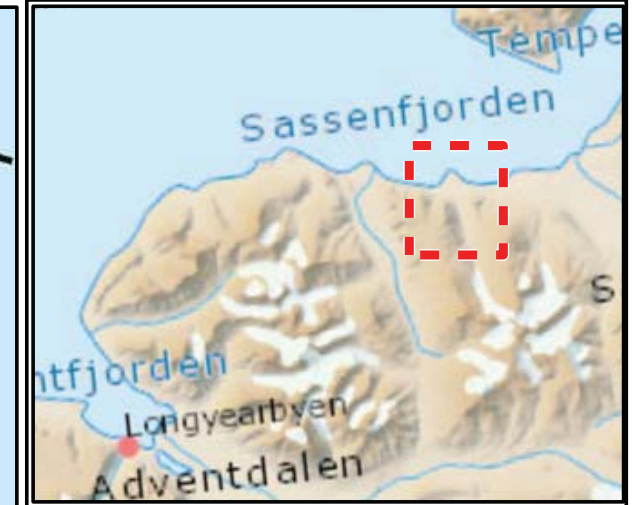
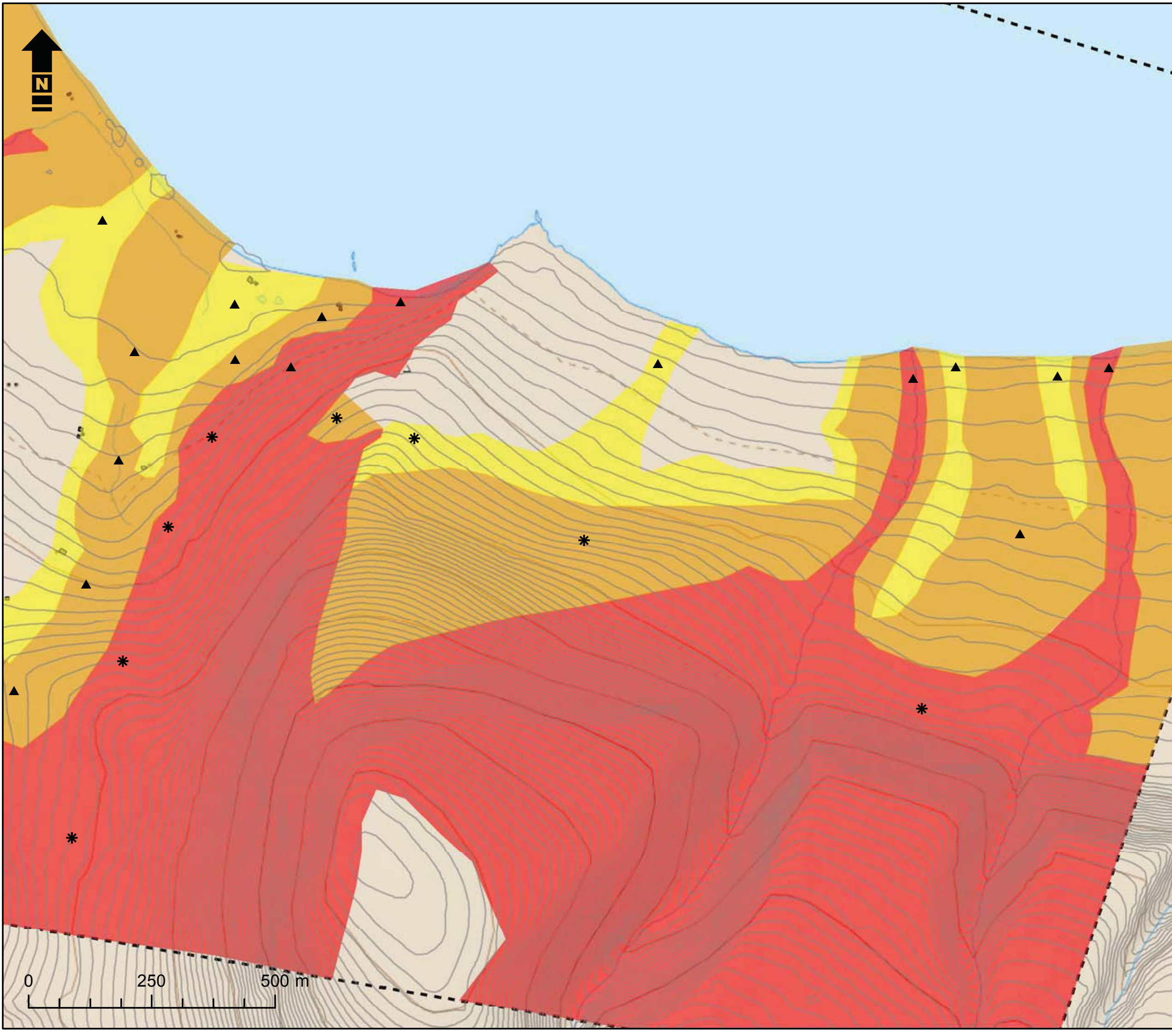
Faresonekart
Vindodden, vest

A3 1:10 000
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 06-04-2017	Kart nr: A_V_01





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger

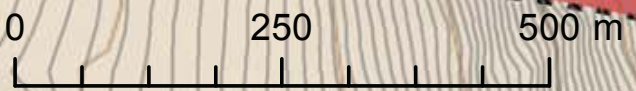
Faresone
Årlig nominell sannsynlighet

- $\geq 1/100$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/5000$

Dimensjonerende skredtype

- Snøskred
- Jord- og flomskred/ sørpeskred

Skredfarekartlegging Svalbard	
Faresonekart Vindodden, øst	
A3 1:10 000	
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske	
Oppdragsnummer: 713525	
Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 06-04-2017	Kart nr: A_V_02



Vedlegg B

Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.

Kartene er bl.a. laget på følgende grunnlag:

- Observasjoner/registreringer gjort under befaringer
- Flyfoto- og bildestudier
- Kart fra NGUs pågående og tidligere kartlegging på Svalbard, GEO refererte tiff.filer
- Terrengmodeller

Kartene viser:

1. **Helning i terrenget** - Ulike helningsintervaller er markert med ulike farger.
2. **Registreringspunkt under befaring og befaringsrute** - Observasjoner av betydning som kan knyttes til skred og skredprosesser. Vedlegg C beskriver registreringspunktene i detalj.
3. **Potensielle løснеområder for skred** - basert på bl.a. helning, geomorfologi relatert til skred og skredhistorikk.

Helningskart

De ulike områdene er delt opp i flere kart og viser hovedtrekkene på elementer som kan ha betydning for vurderinger av skredfaren best mulig. Kartene er detaljerte helningskart dvs. laget med 1:5000 nøyaktighet el. bedre, men framvises her i en skala 1:10 000, 1:15 000 og 20:000

B_B_01 Vestpynten-Bjørndalen, nord

B_B_02 Vestpynten-Bjørndalen, sør

B_RH_01 Reveneset-Hjorthamna, nord

B_RH_02 Reveneset-Hjorthamna, sør

B_T_01 Todalen, nord

B_T_02 Todalen, sør

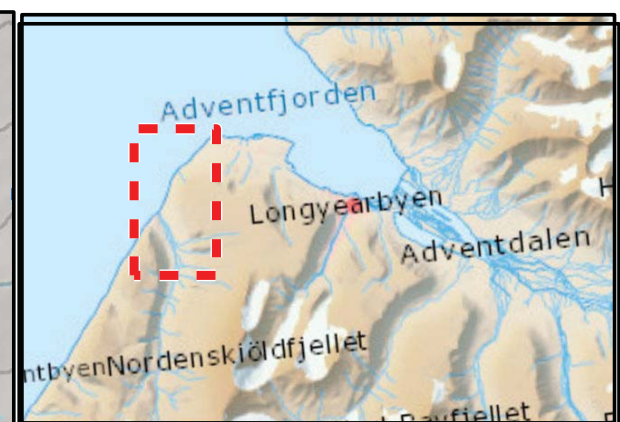
B_BF_01 Bolterfalen-Foxdalen, vest

B_BF_02 Bolterdalen-Foxdalen, midt

B_BF_03 Bolterdalen-Foxdalen, øst

B_V_01 Vindodden, vest

B_V_02 Vindodden, øst



Tegnforklaring

- Registreringspunkt
- Befaringsrute
- Bygninger
- ⋯ Kartlagt område

Potensielle løснеområder

- Stein
- Snø
- Sørpe
- Jord-/flom

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

Helningskart med befaringrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.

Vestpynten-Bjørndalen, Nord. A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

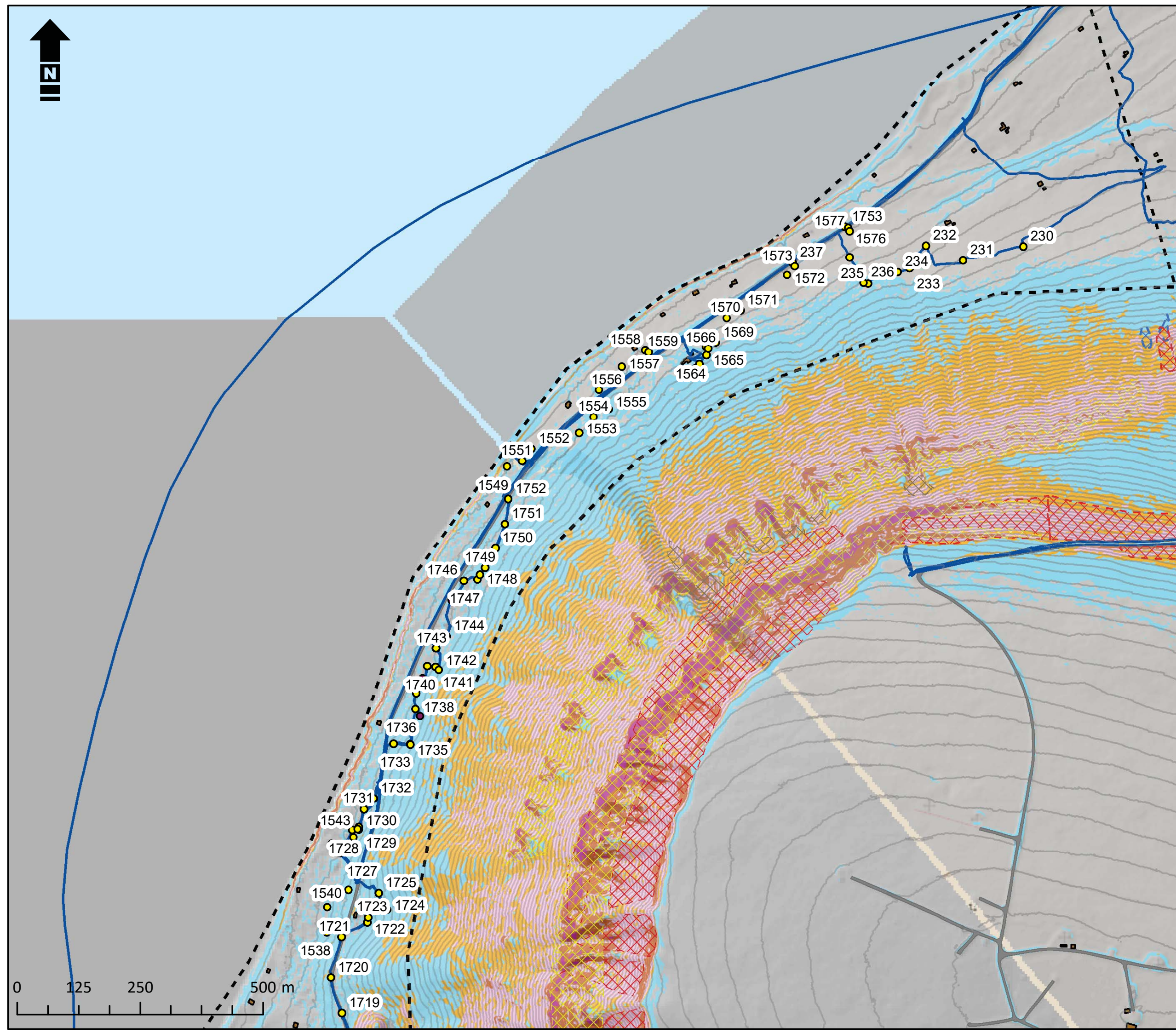
Oppdragsnummer: 713525

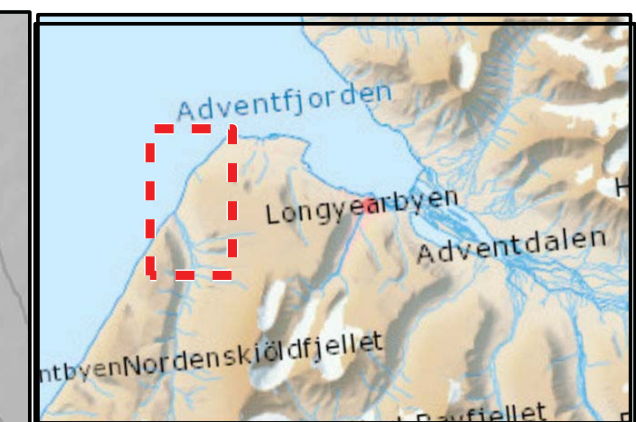
Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

Godkjent: KURF

Dato: 05-04-2017

Kart nr: B_B_01





Tegnforklaring

- Registreringspunkt
- Befaringsrute
- Bygninger
- ⋯ Kartlagt område

Potensielle løснеområder

- Stein
- Snø
- Sørpe
- Jord-/flom

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.
Vestpynten-Bjørndalen, Sør. A3 1:10 000

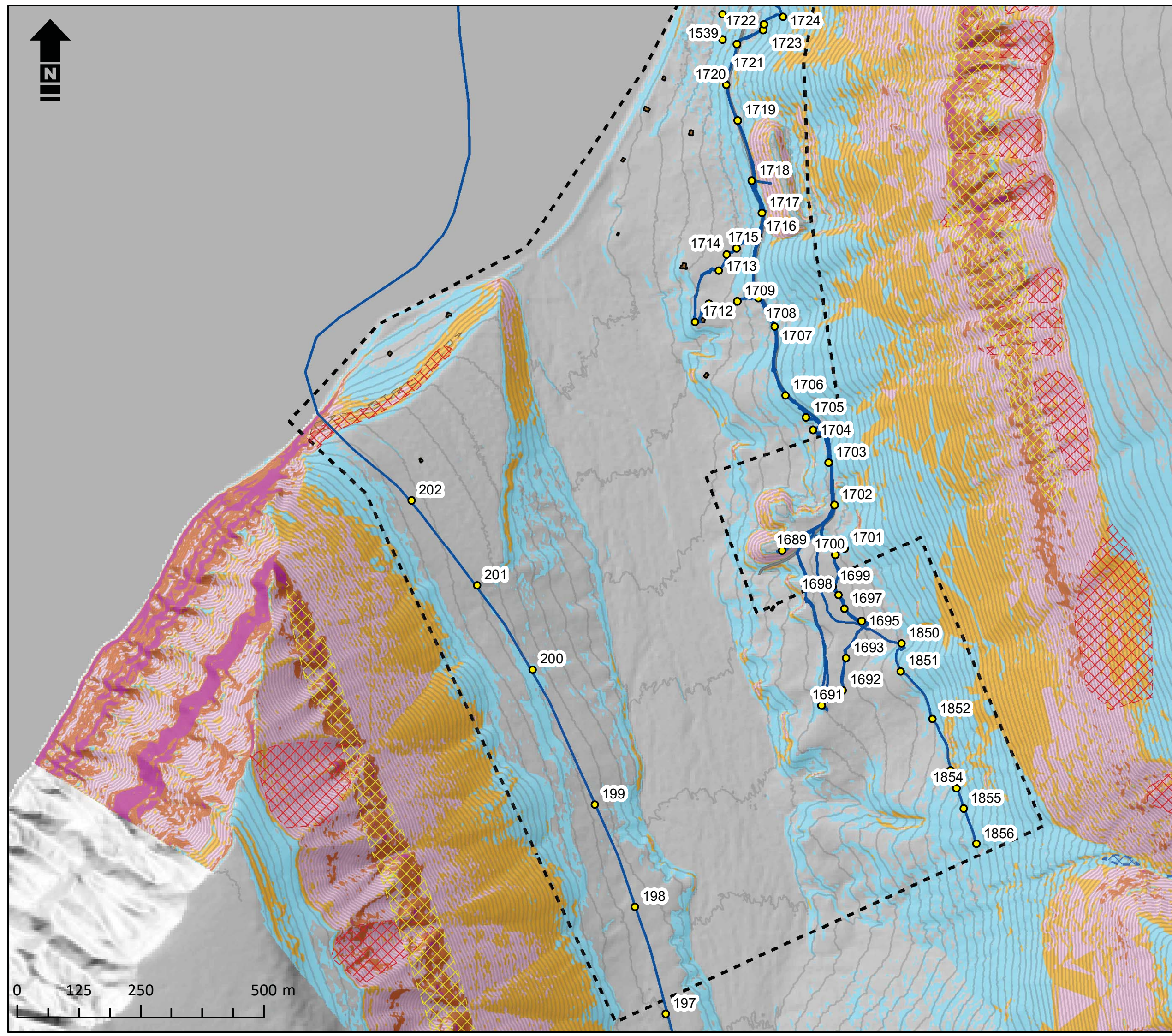
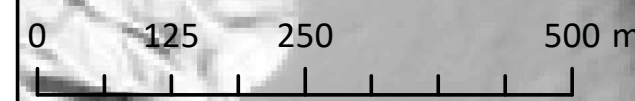
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

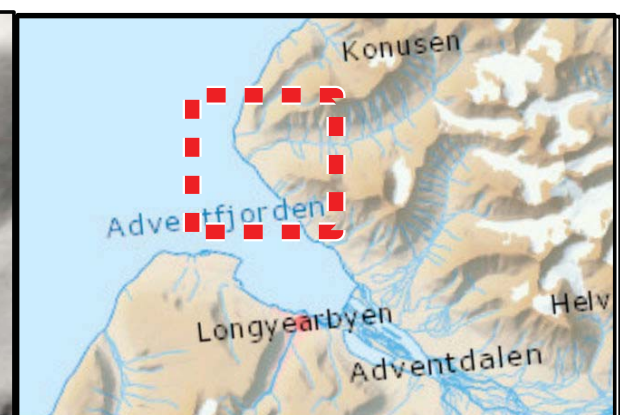
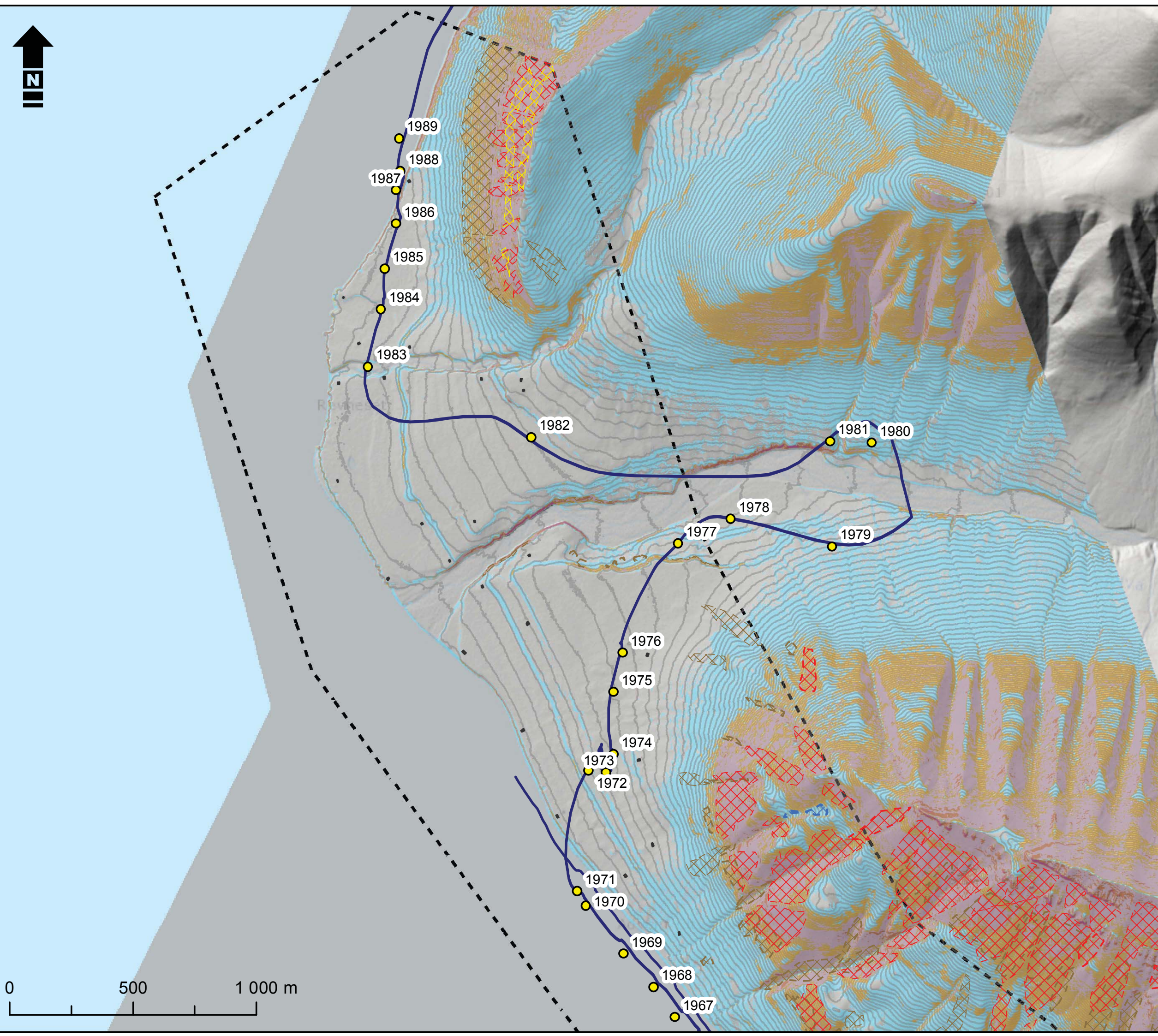
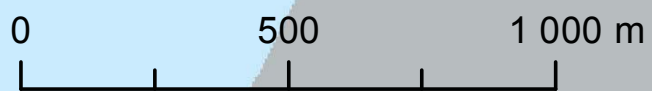
Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

Godkjent: KURF

Dato: 05-04-2017
Kart nr: B_B_02





Tegnforklaring

Kartlagt område

Bygninger

Registreringspunkt

Befaringsrute

Potensielle løснеområder

Stein

Snø

Sørpe

Jord/flom

Helning i grader

< 10

10 - 27

27 - 35

35 - 45

45 - 60

60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.
Revenaset-Hjorthamn, Nord
A3 1:20 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

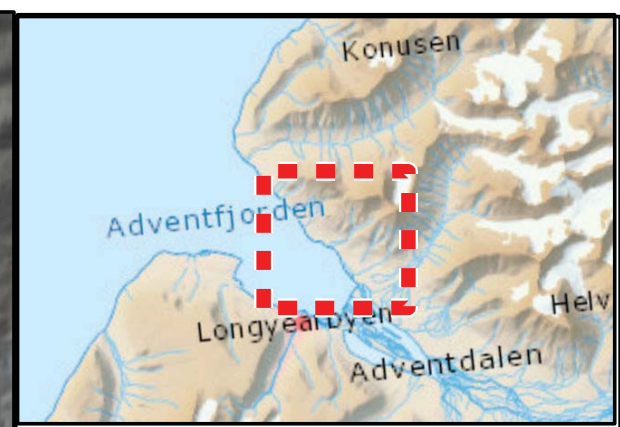
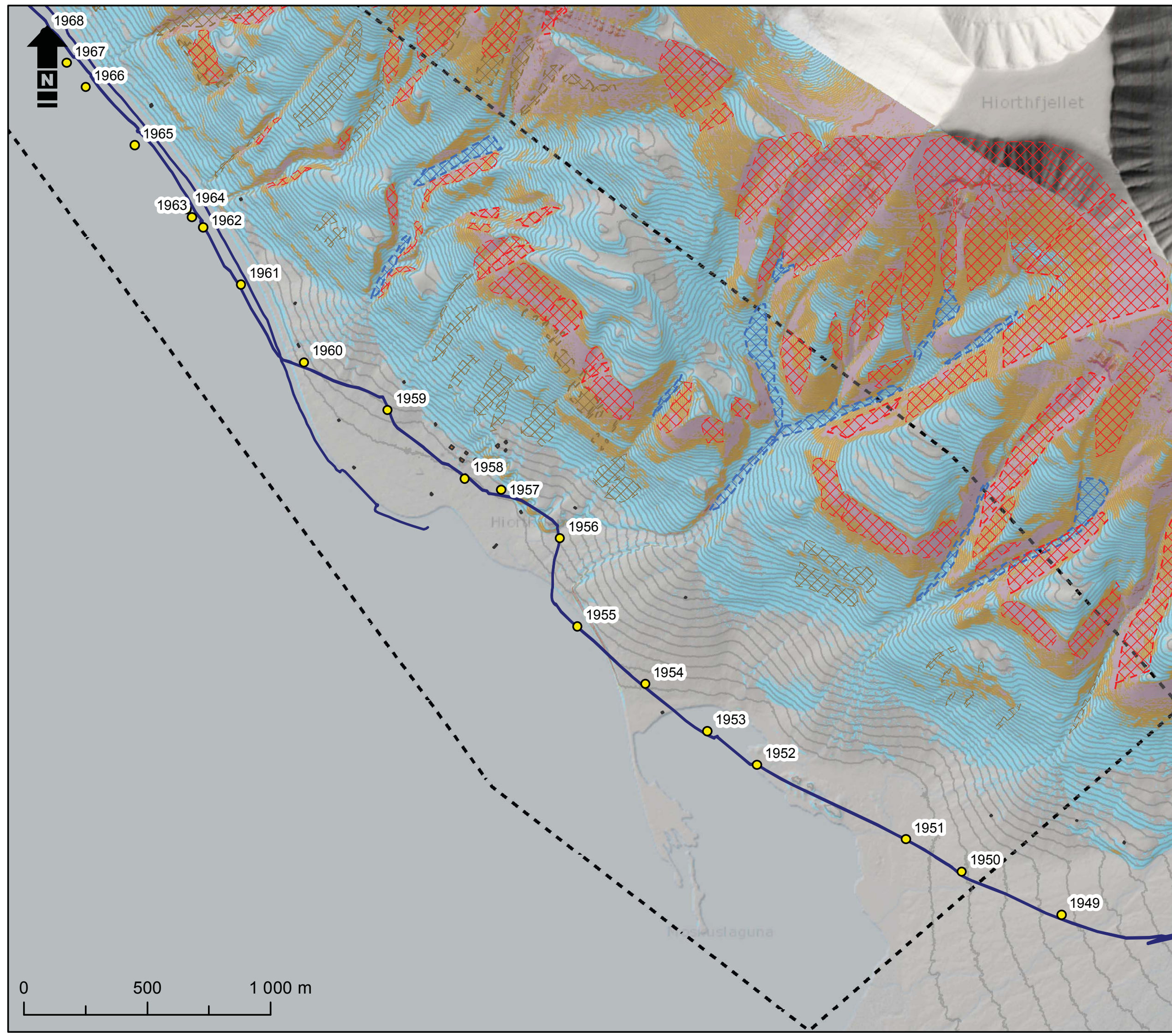
Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

Godkjent: KURF

Dato: 02-05-2017

Kart nr: B_RH_01





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger
- Registreringspunkt
- Befairngsrute

Potensielle løснеområder

- Stein
- Snø
- Sørpe
- Jord/flom

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

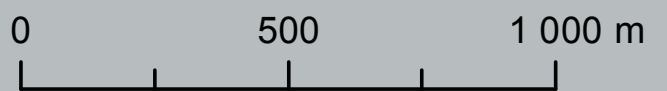
Helningskart med befairngsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.
 Reveneset-Hjorthamn, Sør
 A3 1:20 000

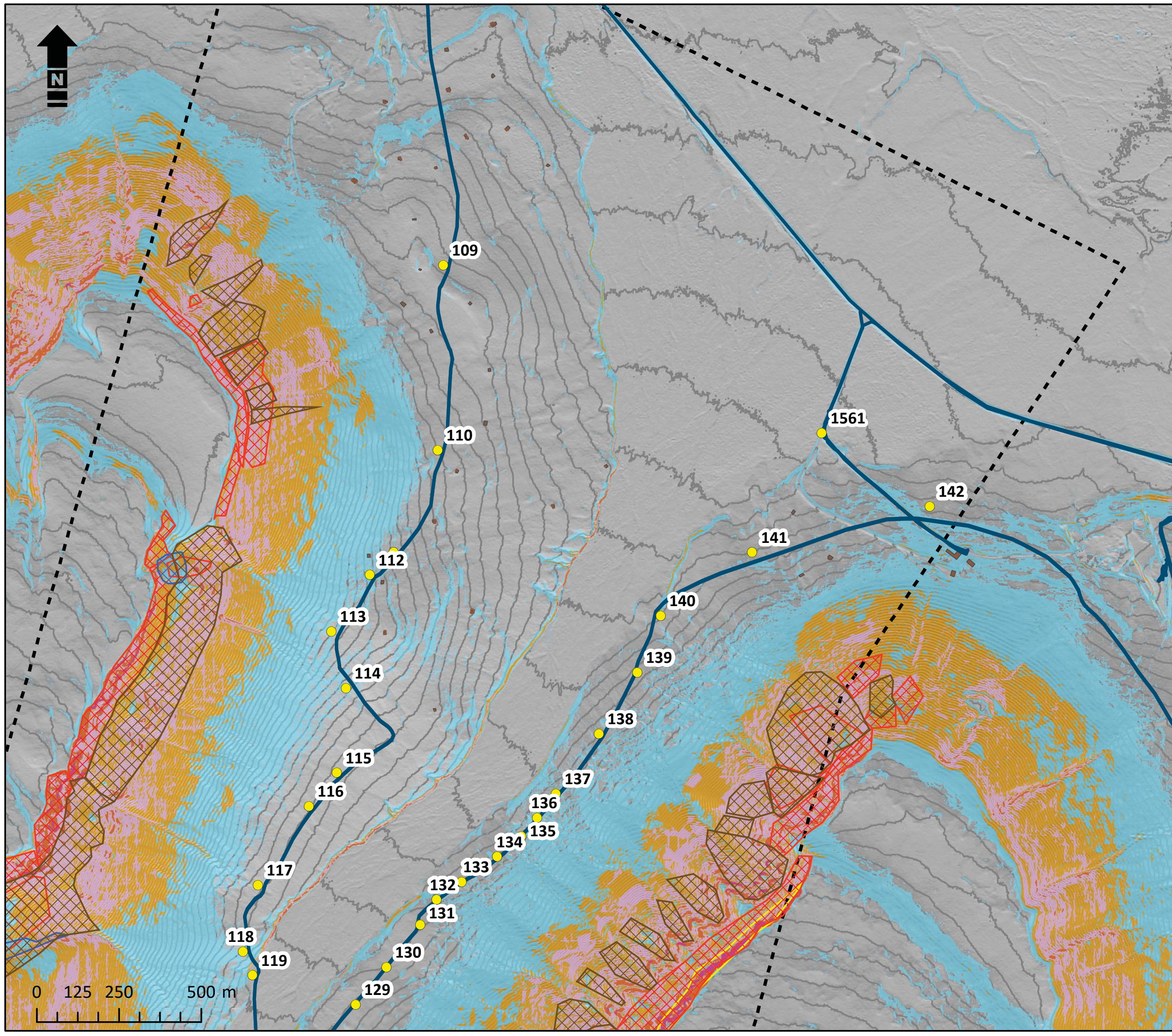
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	

Dato: 02-05-2017	Kart nr: B_RH_02
------------------	------------------





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger
- Registreringspunkt
- Befaringsrute

Potensielle løснеområder

- Stein
- Snø
- Sørpe
- Jord/Flom

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred. Totalen, nord.

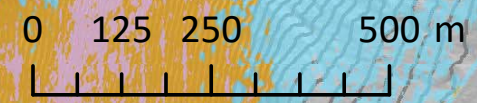
A3 1:15 000

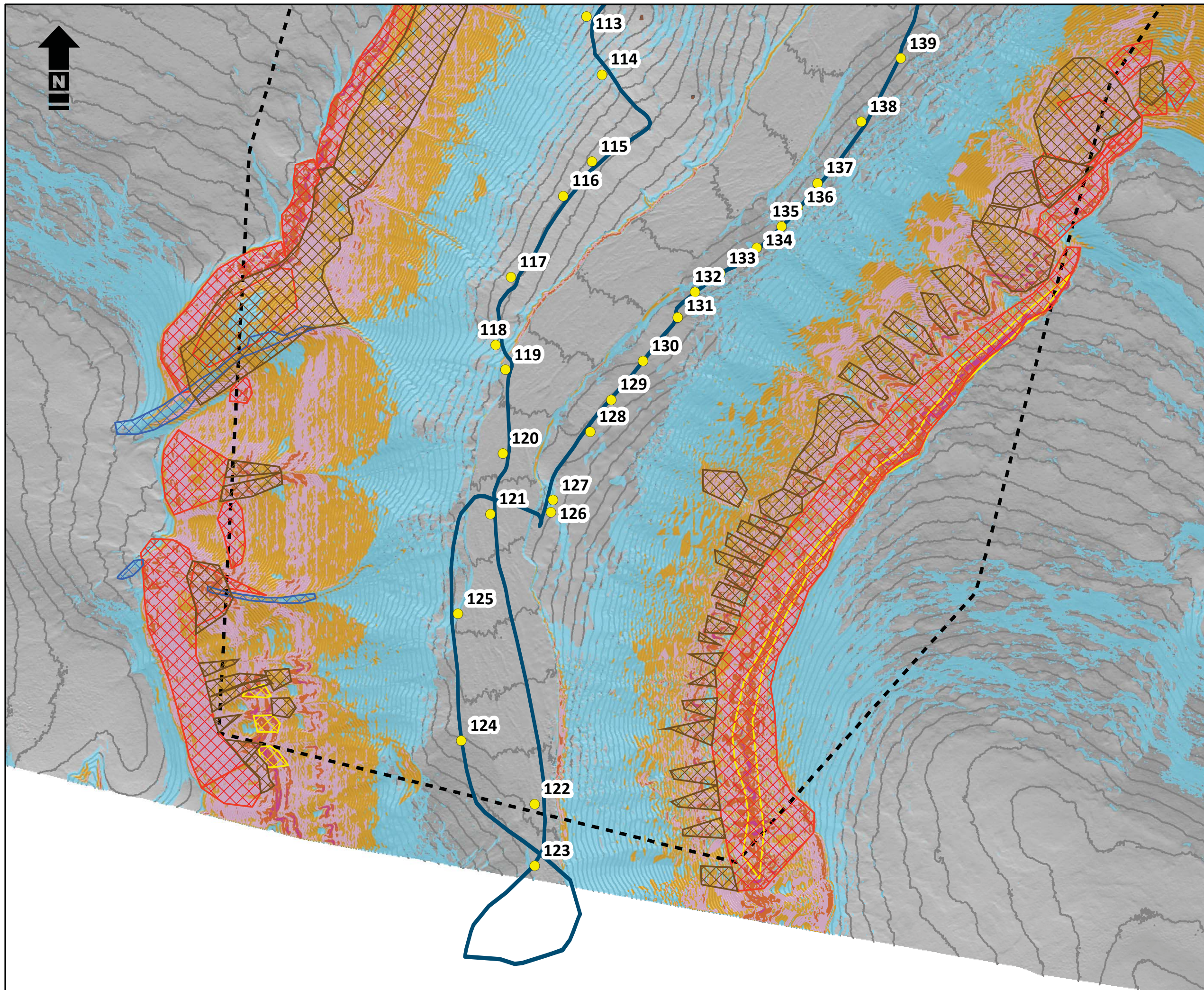
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnr: 713525

Utført: MHP/MARIAH	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	

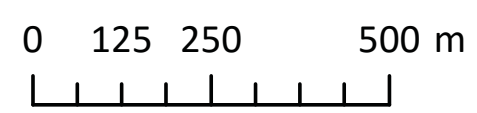
Dato: 05-04-2017	Kart nr: B_T_01
------------------	-----------------

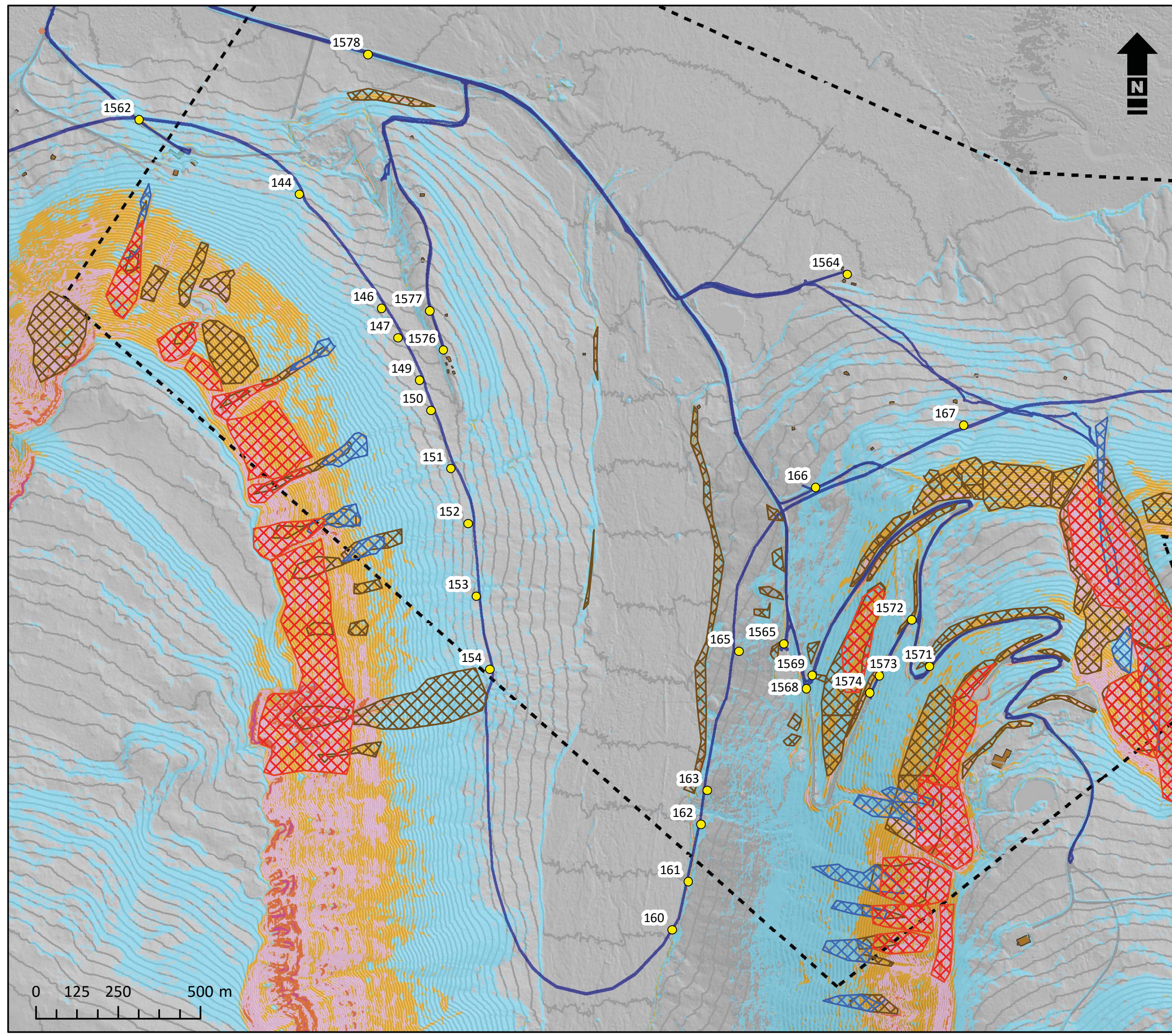




Tegnforklaring	
	Kartlagt område
	Bygninger
	Registreringspunkt
	Befaringsrute
Potensielle løснеområder	
	Stein
	Snø
	Sørpe
	Jord/Flom
Helning i grader	
	< 10
	10 - 27
	27 - 35
	35 - 45
	45 - 60
	60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard	
Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred. Totalen, sør.	
A3 1:15 000	
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske	
Oppdragsnr: 713525	
Utført: MHP/MARIAH	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 05-04-2017	Kart nr: B_T_02





Tegnforklaring

- Registreringspunkt
- Befaringsrute
- Kartlagt område
- Bygninger

Potensielle løснеområder

- Stein
- Snø
- Sørpe
- Jord/Flom

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

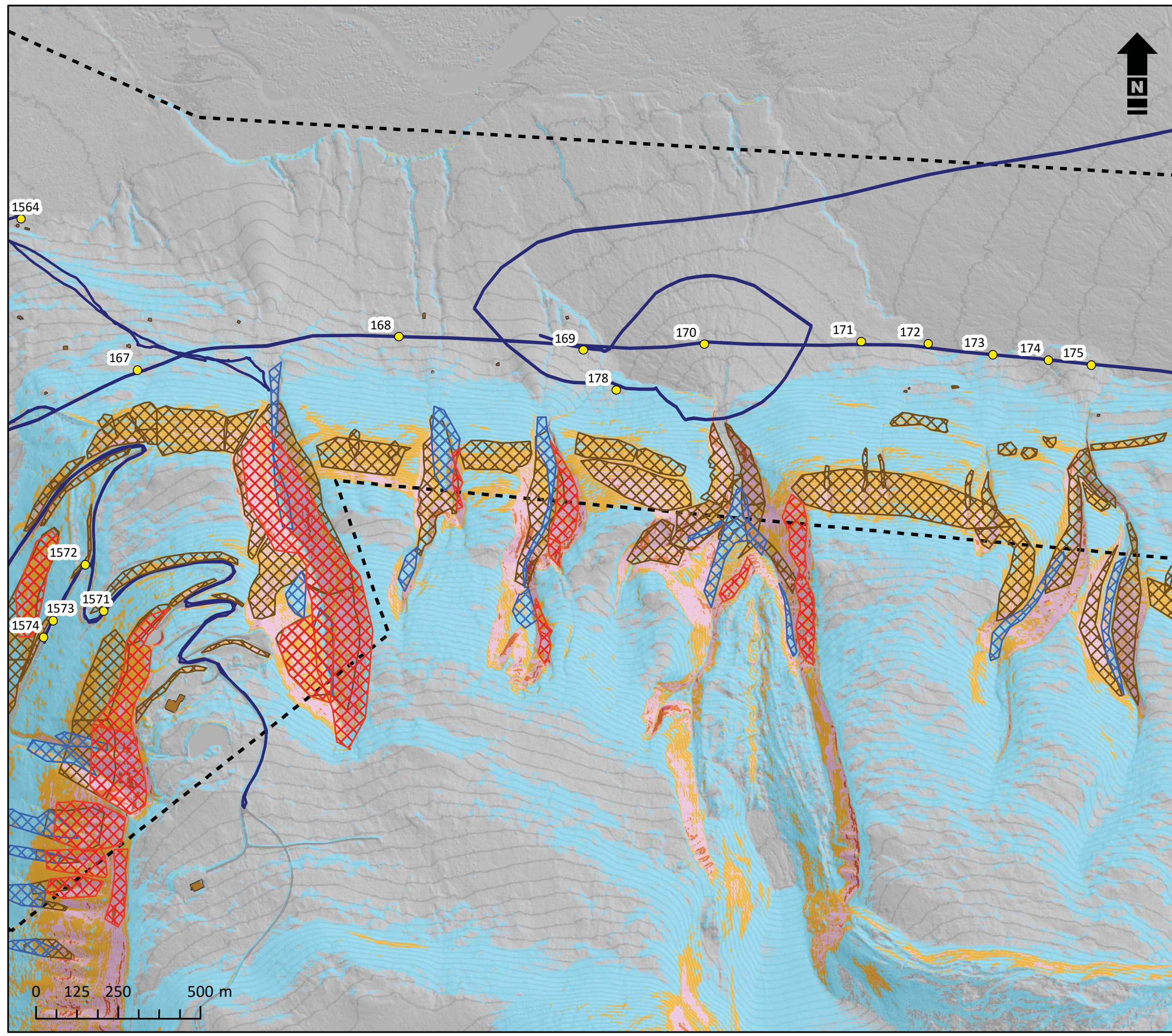
Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.
Bolterdalen-Foxdalen, vest. A3 1:15 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 07-04-2017	Kart nr: B_BF_01





Tegnforklaring

- Registreringspunkt
- Befaringsrute
- - - Kartlagt område
- Bygninger

Potensielle løснеområder

- ▨ Stein
- ▨ Snø
- ▨ Sørpe
- ▨ Jord/Flom

Helning i grader

- < 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

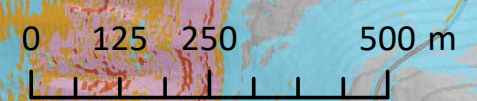
Skredfarekartlegging Svalbard

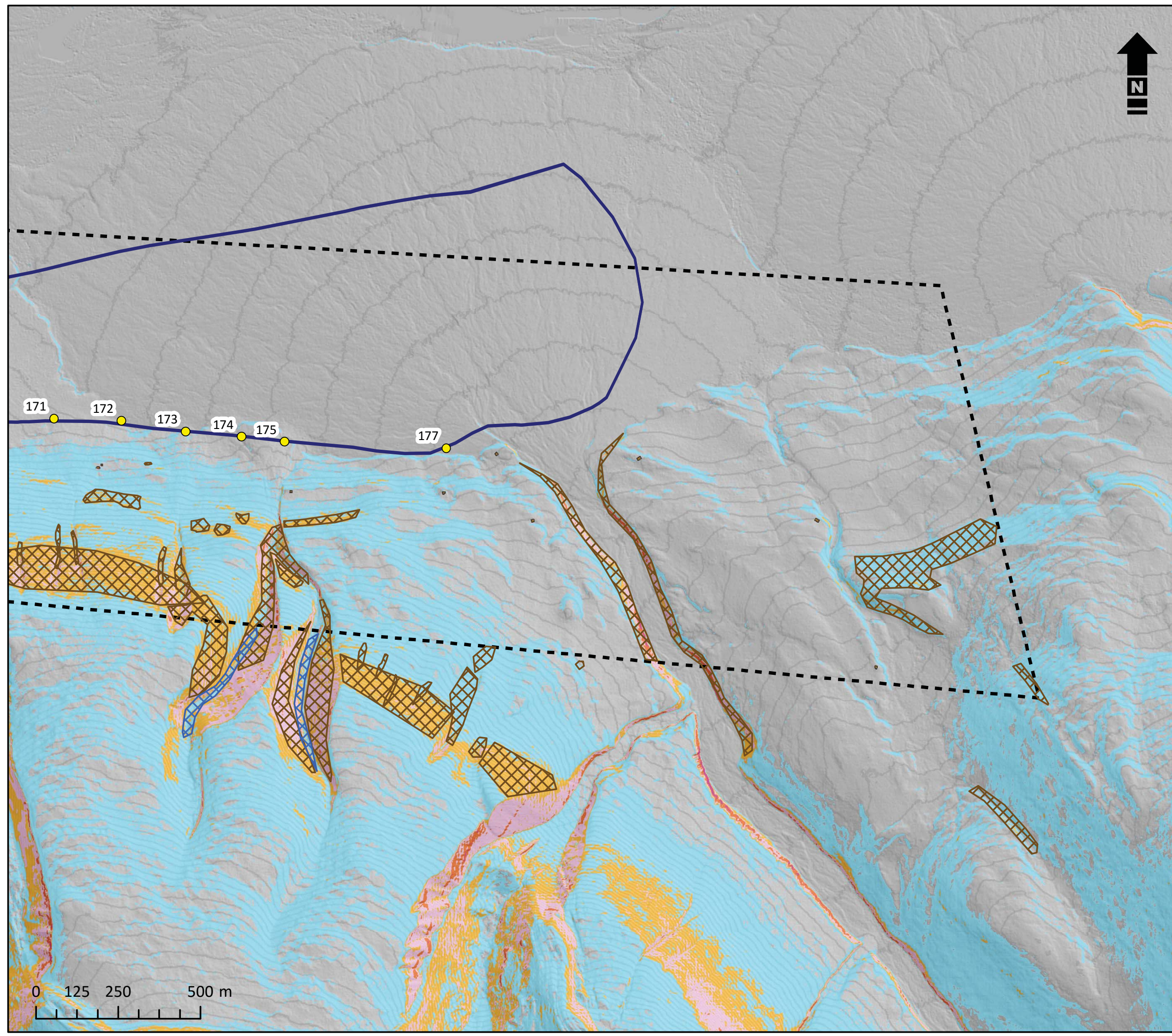
Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.
Bolterdalen-Foxdalen, midt. A3 1:15 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: B_BF_02

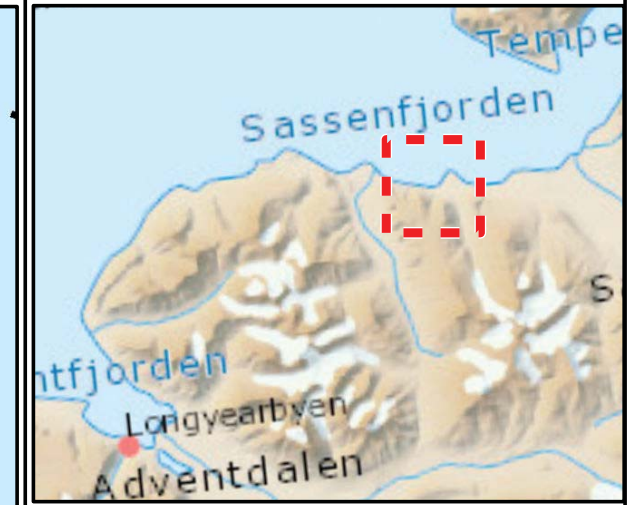
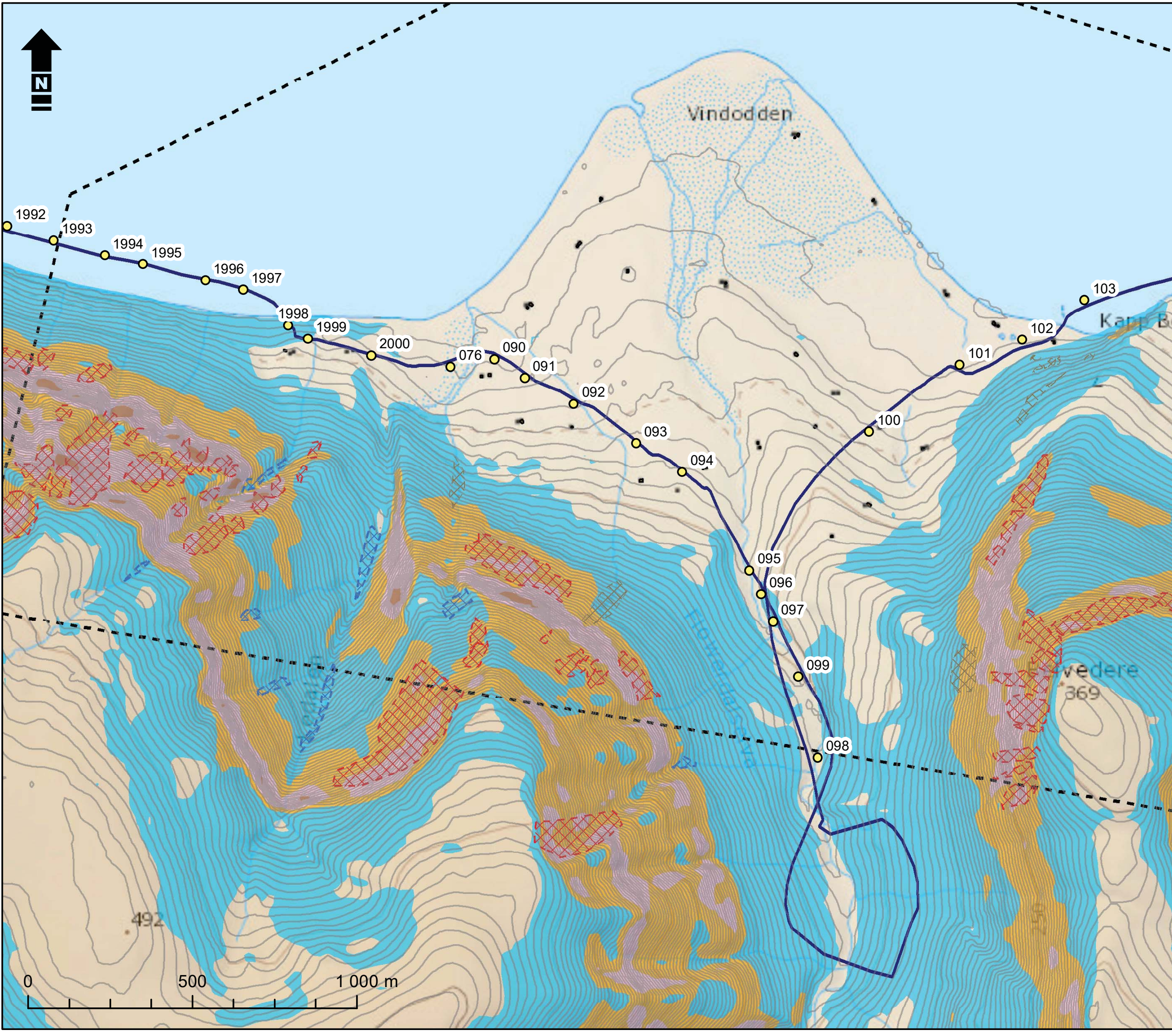




Tegnforklaring	
	Registreringspunkt
	Befaringsrute
	Kartlagt område
	Bygninger
Potensielle løснеområder	
	Stein
	Snø
	Sørpe
	Jord/Flom
Helning i grader	
	< 10
	10 - 27
	27 - 35
	35 - 45
	45 - 60
	60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard	
Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred. Bolterdalen-Foxdalen, øst. A3 1:15 000	
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske	
Oppdragsnummer: 713525	
Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: B_BF_03





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger
- Registreringspunkt
- Befaringsrute

Potensielle løснеområder

- Stein
- Snø
- Sørpe
- Jord-/flom

Helning i grader

- 0 - 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.
Vindodden, vest. A3 1:15 000

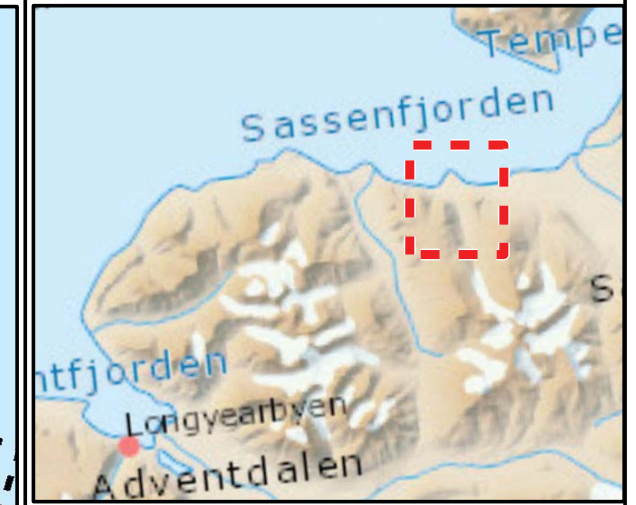
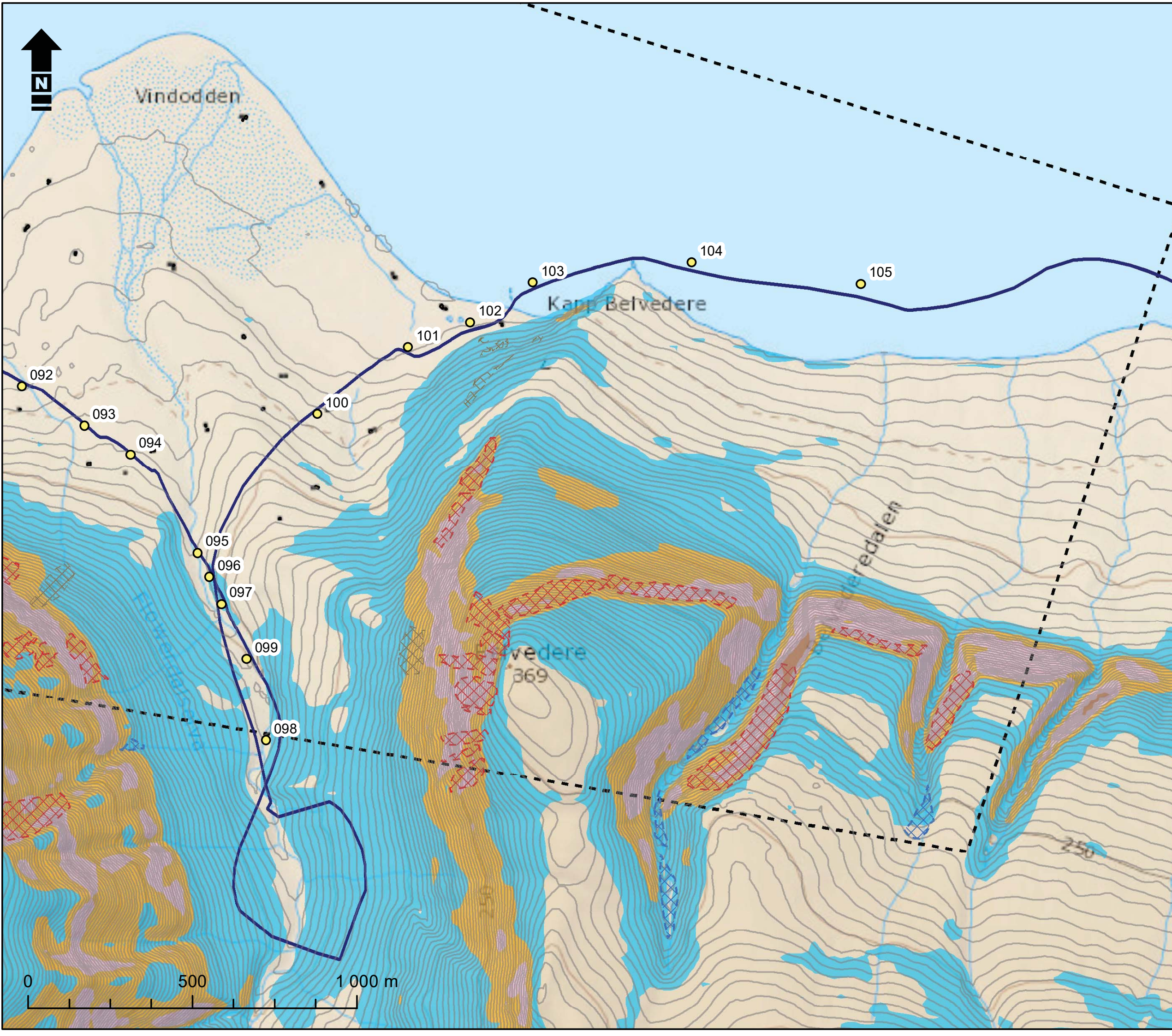
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	

Dato: 06-04-2017	Kart nr: B_V_01
------------------	-----------------





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- Bygninger
- Registreringspunkt
- Befaringsrute

Potensielle løснеområder

- Stein
- Snø
- Sørpe
- Jord-/flom

Helning i grader

- 0 - 10
- 10 - 27
- 27 - 35
- 35 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Skredfarekartlegging Svalbard

Helningskart med befaringsrute, registreringspunkter og potensielle løснеområder for skred.
Vindodden, øst. A3 1:15 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	

Dato: 06-04-2017	Kart nr: B_V_02
------------------	-----------------



Vedlegg C

Vedlegg C

Beskrivelse registreringspunkter under befarings

Det er her beskrevet observasjoner i form av ID- og med en tekst beskrivelse på hva som er registrert/observert.

Punktene angir observasjoner som kan ha betydning for vurdering av skredfaren i området, punktene kan også være angitt for annen lokalisering og orientering.

1. **Bjørndalen, kart B_B_01 og B_B_02**
2. **Reveneset- Hjorthamn, kart B_RH_01 og B_RH_02**
3. **Todalen, kart B_T_01 og B_T_02**
4. **Bolterdalen-Foxdalen, kart B_BF_01, B_BF_02 og B_BF_03**
5. **Vindodden, kart B_V_01 og B_V_02**

1 Bjørndalen

ID	Beskrivelse
1538	Skredblokk 2,0 m x 1,6m x 0,8 m, på nedsiden av veien.
1540	Område med flere skredblokker, om lag 1 m ³
1543	Skredblokk, eldre godt nedsunken i terreng.
1549	Flere skredblokk, varierer i størrelse (0,5 m ³ - 1,5 m ³)
1551	Fersk skredblokk 1,0 x 1,2 x 0,5
1552	Skredblokk 1 m ³
1553	Enden av eldre flomskredavsetning.
1554	Enden av flomskredavsetning.
1555	Enden av flomskredavsetning.
1556	Flomskredavsetning helt ned til sjøen.
1557	Enden av flomskredavsetning.
1558	Eldre skredblokk 1 m ³
1559	Område med flere skredblokk 0,5 m ³ - 1,5 m ³
1564	Flere skredblokker, ved Hytte varierer i størrelse.
1565	Flere skredblokk (< 1 m ³)
1566	Flere skredblokk (1 m ³)
1569	Skredblokk 1 m ³
1570	Skredblokk, godt nedsunken i terreng 1,8 x 1,6 x 1,0
1571	Skredblokk, eldre 2,0 x 1,5 x 0,5
1572	Enden av flomskredavsetning.
1573	Enden av flomskredavsetning.
1576	Eldre skredblokk
1577	Eldre skredblokk
1850	Snøskredavsetning.
1851	Relativt ferske snøskredavsetninger.
1852	Avgrensning snøskredavsetning.
1854	Snøskredavsetning.
1855	Stor bred bekke/skredvifte fra bekkedal i siden.

1856	Stor skredur, mange jord- og flomskredavsetninger. Røyse i avsetningene.
1689	Gruvetipp, Pot.løsneområde for snø i vestvendt skråning, snø oppe ved bef. Juli-16.
1691	Eldre skredavsetning, antas avsatt når elvedelta var høyere.
1692	Eldre snøskredavsetning.
1693	Slakere terreng, konveks skråning over.
1695	Snøskredavsetning.
1697	Snøskredavsetning.
1698	Snøskredavsetning.
1699	Nedfor gruvetipp, tegn på vannutløp.
1700	Nedfor gruvetipp, tegn på vannutløp.
1701	Ferskere steinsprangblokk i skredur (1,5m x 0,5m x 0,5m).
1702	Snøskredavsetning.
1703	Eldre snøskredavsetning 10 m nedenfor pkt. 1703.
1704	Gammel jord- og flomavsetning.
1705	Større avsetning ned mot rød hytte, aktiv til pkt. 1705.
1706	Midt i stor snøskredavsetning, vei igjennom avsetningen.
1707	Jord- og flomskred avsetning.
1708	Overgang til nyere snøskred avsetning.
1709	Snøskredavsetning fra bl.a. desember 2015. Hytta ble totalskadet og fraktet ned mot elveleiet. Ingen person skadet.
1712	Tydelige avsetninger etter snøskred, hytte var plassert nært punkt. Finere materiale helt nedenfor brink. Skredet stoppet helt nede på flate vest for pkt. 1712.
1713	Fersk snøskredavsetning avgrenses her.
1714	Fersk snøskredavsetning avgrenses her.
1715	Vannsig ned fra sørsiden av gruvetipp.
1716	Gruvetipp start sør.
1717	Gruvetipp 15-20 m høy.
1718	Gruvetipp.
1719	Gruvetipp, ca. 4 m bred krone. Etablert ca. år 1975-84. Nordre grense gruvetipp.
1720	Stor snøskredavsetning. Grønn hytte nedenfor veien antas plassert i eldre avsetning.
1721	Maksimal synlig utstrekning for snøskredavsetning. Stor steinblokk (konglomerat) 2m x 2m.

1722	Snøskredutløp registrert til pkt. 1722. Steinsprang fare i hele skråningen. Løsneområder for stein i skråningen.
1723	Grønn hytte gammel skredavsetning.
1724	Stein- og snøskredavsetninger.
1725	Stein- og snøskredavsetninger.
1727	Snøskredavsetning.
1728	Brun hytte på nedsiden av veien. Markant pinakkel (ca. 5 m x 5 m) oppe i berget.
1729	Maksimal utstrekning for gammel snøskredavsetning. Ca. 20 m over hytta.
1730	Steinblokk 2m x 1m.
1731	Snøskredavsetning.
1732	Mindre flomskredavsetning.
1733	Flere pot.løsneområder for steinsprang i skråningen.
1734	Gammel snøskredavsetning.
1735	Snøskredavsetning ca. 10 m opp fra pkt. sjekk stein fra skråning.
1736	Snøskredavsetning. Steinsprang utløpslengde antas hit.
1738	Steinblokker 1m x 1m.
1740	Steinblokker.
1741	Snøskredavsetning.
1742	Store steinblokker.
1743	Flere mindre steinblokker.
1744	Stein 1,5m x 0,5m. Mye vegetasjon i området. Snøskredavsetning ca. 40 m opp.
1746	Skredavsetninger snø, jord og flom. Steinblokker på ca. 0,7m x 0,7m.
1747	Gammel skredavsetning, jord og flomskred. Avsetning dekker av vegetasjon.
1748	Gammel snøskredavsetning.
1749	Gammel snøskredavsetning.
1750	Gammel snøskredavsetning.
1751	Snøskredavsetning som blitt sekundært endret av jord og flom. Snøskredavsetning ca. 40 m opp fra pkt.
1752	Ved hvit hytte. Steinsprang helt ned til veien, snøskredavsetning ca. 50 m opp fra pkt. Aktiv steinsprang oppe i siden ved befarings juli-16, men stoppet inne i kløftene.
1753	Flomskredvifter i skråningen, stein stoppet ca. 40 m ovenfor veien.
197	Snøskredavsetning, ca. 50 m opp i siden.

198	Snøskredavsetning, ca. 50 m opp i siden.
199	Snøskredavsetning med fersk flomskred, sekundært.
200	Snøskredavsetning.
201	Snøskredavsetning et stykke opp i siden.
202	UNIS hytta.
230	Gammelt snøskredutløp.
231	Store steiner 1,5m x 1,5m x 1,0m, godt nedsenket i terrenget.
232	Store, meget gamle steinblokker. Godt nedsenket i terrenget. Idag bløtt i terrenget.
233	Store flom leveer, kanthøyde på 1,5 m, men stoppet. Grovt materiale.
234	Store ferske leveer. Stopper ca. 20 m opp fra pkt. 342. Store steinsprang også i terrenget.
235	Stor stein 1,5m x 1,5m. Lys sandstein, kubisk.
236	Grove leveer til pkt. 236.
237	Leveer fra pkt. 237 til veien.

2 Reveneset-Hjorthamn

1949	Stor blå hytte, rett sørøst for kartleggingsområdet. Utgangen av Mälardalen.
1950	Elvevifte, brun hytte
1951	Elvevifte, men også flere mindre bekkeavsetninger fra skråningen.
1952	Større bekkevifte kommer ned skråningen helt ned til strandlinjen.
1953	Flomavsetningen i skråningen nordøst for punkt, slak terrenget.
1954	Større eldre elvevifte, med hytte på.
1955	Ferskt bekke/flomutløp rett nord.
1956	Bekke/elve utløp, markant brink rett nord, med hytte på.
1957	Mindre jord/flom løp i bekkedaler ned fra skråningsbrink. Sørlig del av Hjorthamn.
1958	Oversikts punkt over hytter på Hjorthamn, flere mindre flom/bekkeløp som går nært nåværende hytter. Ingen synlige skader. Sesongs aktive løp, tørt ved befarings.
1959	Overgrodd eldre skredvifte.
1960	Rød hytte rett ved siden av aktivt bekkeløp/flomskred.
1961	Blå hytte, gammel avsetning.

1962	Rød hytte plassert oppe på markant forhøyning ved siden av markant bekkeløp fra skråningen.
1963	Flomskredavsetning.
1964	Flomskredavsetning
1965	Potensielt løsne for jord/flom i skråningsflanke mellom pkt. 1965-1966.
1966	Sjekk skråningsflanke for pot.snø utløp ved ekstrem hendelser.
1967	Sjekk skråningsflanke for pot.snø utløp ved ekstrem hendelser.
1968	Advent city, aktivt bekkeløp helt ned i fjæra.
1969	Start relativt stor, men tynn eldre flomavsetning.
1970	Eldre flomavsetning, nordlig avgrensning. Finere materiale, vann.
1971	Flomskredavsetning rett sørøst, ingen spor her.
1972	Frost-tine strukturer i terrenget, ved hytte. Partier av berg.
1973	På sørsiden av hytte flomskred utløp, sesongaktivt.
1974	Gammelt utløp, nord for hytte ikke aktivt.
1975	Kortere flomutløp i skråningen ovenfor punkt.
1976	Eldre, overgrodd flomvifte, ca.100 m opp hytte. Sesongs vannføring nord.
1977	Flere mindre jordutglidninger i nordvendt lavere skråningskant.
1978	Eldre flomskredavsetning i skråningen over punkt, Hanaskogdalen.
1979	Aktivt flomskredløp mot nord, Hanaskogdalen.
1980	Aktivt område, mindre flom/jordutglidninger i sørvendt skråning, Hanaskogdalen.
1981	Aktivt område i bekkeravine, sørvendt skråning oppe i Hanaskogdalen.
1982	Bart berg.
1983	Louiselva, partier av bart berg.
1984	Gammel avsetning, strukturmark i nedre del av skråningen.
1985	Gammel avsetning, strukturmark i nedre del av skråningen.
1986	Flomskredsavsetninger i skråningen. Videre utover steinsprang aktivitet.
1987	Flere mindre flom/jordskred i skråningen, stoppet godt stykke over hytte.
1988	Skredutløp, ses fram til kanten.
1989	Mye steinsprangmateriale i skråningen.

3 Totalen

ID	Beskrivelse
109	jord-flomskredavsetning
110	grove forvitningsmasser
112	jord-flomavsetning
113	jord-flomavsetning
114	aktiv flomskredbane, videre ned eldre avsetning
115	nylig skredaktivitet, jord-flom
116	jord- og flomskredavsetning
117	avsatt finere jord-flomskredmasser
118	aktiv del av skredvifte
119	eldre avsetning
120	stor flom-sørpeskredvifte
121	fersk stor flom-sørpeskredvifte
122	skredavsetninger ned til elven
123	snøskredavsetninger ned til elven
124	skredavsetninger
125	større jord-flomskred-sørpeskredvifte
126	flomskred langt ned til elva
127	flomskred langt ned
128	enkel stein på skredviften
129	snøskredavsetning med steinblokker
130	flomskredavsetning
131	flomskred til gjeldende spor
132	snøskredavsetning
133	flomskred ved siden av snøskred
134	snøskred hit, flomskred videre
135	snøskredavsetning
136	flomskredavsetning
137	snøskredavsetning

138	snø- og flomskredavsetninger
139	flomskred ned til elven, snøskred hit
140	jord-flomskredavsetning
141	jord-flomskredavsetning
142	gruve 6, potensielt akkumulerings område for snø over gruva.
1561	bekk ved taubane, myrmark som ved befaring er oversvømt

4 Bolterdalen-Foxdalen

ID	Beskrivelse
144	Gammel flomskredavsetning, nedenfor tippen
146	Flomskredavsetning
147	Snøskredavsetning oppe i skråningen
149	Flomskredavsetning
150	Flomskredavsetning, tydelig avskjæringsgrøft oppe i avsetningen. Antas laget for flere år siden av eier som da drev hundegården. Opplysning fra helikopterpilot
151	Flomskredavsetning
152	Flomskredavsetning
153	Snøskredavsetning stopper lenger oppe
154	Flomskredavsetning
1562	Potensielt akkumuleringsområde for snø i skråning ovenfor gruve 6.
1576	Hundegård. Ligger på en markant høyde 5 meter over terrenget fra oversiden.
1577	Stor bekk som går ned i markant løp, fast berg flere steder i løpet.
1578	Stor aktiv bekk renner gjennom kløft i berget, erodert i fast berg.
1564	Hundegård. Ute på slette, godt avstand fra skråning.
1565	Hundegård ved foten på gruve 7 fjellet. Vannerosjon ca. 40 cm ned i terrenget. Finere masser, mye kullstøv og avrundede småstein. Mindre vann i skråningen lengre nord.
1568	Etablert 3 m dyp avskjæringsgrøft i løsmasser, rett etter en sving på veien. Veien går annen vei enn på kart. Ikke stabilt område.
1569	Bekk fra liten kulvert, stor gammel kulvert ved siden av. Finere masser med avrundet småstein.
1571	Overflateerosjon, fersk, men nå tørt.

1572	Tørt område.
1573	Fra dette punktet og innover dalen, mer ustabile masser som kan bli påvirket av drenering, utover mer intakt skråning.
1574	Del av gammel vei, erodert bort. Ovenfor dette punkt ustabil.
160	Snø- og flomskredavsetninger
161	Flomskredavsetning helt ned til elven
162	Flomskredavsetning ned til elven
163	Flomskredavsetning
165	Jordutglidninger, flere mindre
166	Flom og jord, mindre avsetninger.
167	Flom og jord, mindre avsetninger. Fine masser i skråningen.
168	Stor ravine, hytter ved skredbane
169	Stor ravine, hytte på eldre avsetning.
170	Elvevifte kommer ned fra stor ravine.
171	Jord-flom avsetninger, eldre
172	Jord-flom avsetninger, eldre
173	Jord-flom avsetninger, ferske.
174	Jord-flomvifte, aktiv fra en større ravine.
175	En hytte på kanten til ravinen, høydeforskjell ok. Potensielle erosjonsproblemer.
177	Hyttene, står på høyder i terrenget.
178	Sprekker i skråningen, evt. utglidninger/jordskred mulig. Hytte står på en gammel skredavsetning.

5 Vindodden

ID	Beskrivelse
1992	Bratte skråninger helt ned i fjæra, vest for kartleggings området.
1993	Tydelige skredbaner som går helt ned i fjæra. Omtrentlig start kartlegg.område.
1994	Bratt skråning rett ned i havet. Mye skredavsetninger alle typer.
1995	Snøskredavsetning
1996	Flomskredavsetning skjærer gjennom eldre avsetning.

1997	Skråning består av skredavsetning flere generasjoner og typer.
1998	Hytte plassert på bekke/skredavsetning. Snøskredavsetning, jord og flomavsetning fra skråning rett sørvest for hytte.
1999	Hytte. Tydelige spor fra flomskredaktivitet, kjent med snøskred ut vifta.
2000	Vifteavsetning i skråning.
076	Ytterkant av skredvifte, stor
090	Ytterkant av skredvifte, stor
091	Hytte, små flomavsetninger oppe i skråningen.
092	Gammel hytte. Bratt skråning i bakkant.
093	Gammel vifteform, ikke aktiv.
094	Gammel vifteform, ikke aktiv.
095	Inngangen Flowerdalen
096	Utglidning av løsmasser i skråningen.
097	Utglidning av løsmasser i skråningen.
098	Utglidning av løsmasser i skråningen, mest aktivitet på vestsiden av dal.
099	Skråning på vestsiden flere mindre skredbaner, på østsiden ikke skredspor.
100	Slakere terreng.
101	Sveltehieie, der trase for snøscooter kommer ned. Fareområde snøskred.
102	Sveltehieie, bart berg i skråningskant.
103	Hytta nært fjæra, mindre jordutglidninger i skråning ovenfor.
104	Platåliggende formasjon med brattere fjellskråning i bakkant.
105	Bekker som kommer ned fra skråningen høyere opp, går i definerte mindre bekkeraviner.

Vedlegg D

Utvalgte modelleringsresultater

Vedlagt er et utvalg av beregninger og modelleringer som er utført i de aktuelle områdene.

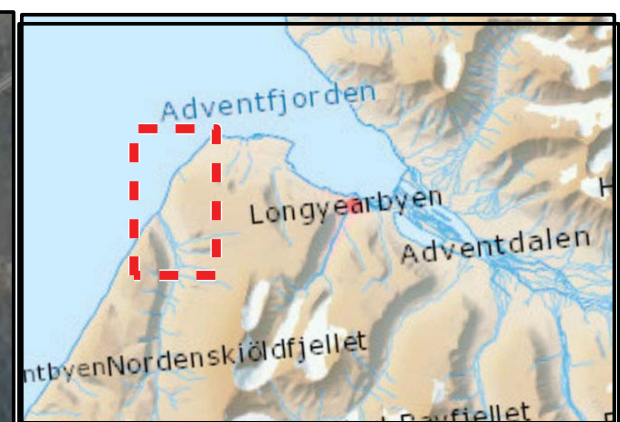
Det er med α/β - modellen utført beregninger på teoretiske snøskredutløp.

Det er med modelleringsverktøyet RAMMS utført simuleringer på snøskred og flom-/sørpeskred.

Det er med programmet RocFall utført simuleringer av steinsprang.

Kart:

D_B_01	Vestpynten-Bjørndalen, Nord
D_B_02	Vestpynten-Bjørndalen, Sør
D_RH_01	Reveneset-Hjorthamna, Nord I
D_RH_02	Reveneset-Hjorthamna, Nord II
D_RH_03	Reveneset-Hjorthamna, Sør I
D_RH_04	Reveneset-Hjorthamna, Sør II
D_T_01	Todalen, Vest
D_T_02	Todalen, Sør
D_T_03	Todalen, Øst
D_BF_01	Bolterdalen-Foxdalen, Vest
D_BF_02	Bolterdalen-Foxdalen, Vest II
D_BF_03	Bolterdalen-Foxdalen, Øst
D_V_01	Vindodden, Vest
D_V_02	Vindodden, Øst



Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Beta
- Alfa
- Alfa-1sd
- Rocfall-profil
- Rocfall fleste stopper
- Rocfall maks utløp
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS snøskred maks flyte høyde (m)

- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- > 6

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
Vestpynten-Bjørndalen, Nord.

A3 1:8 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

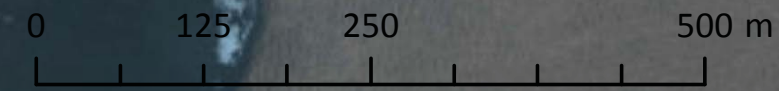
Oppdragsnummer: 713525

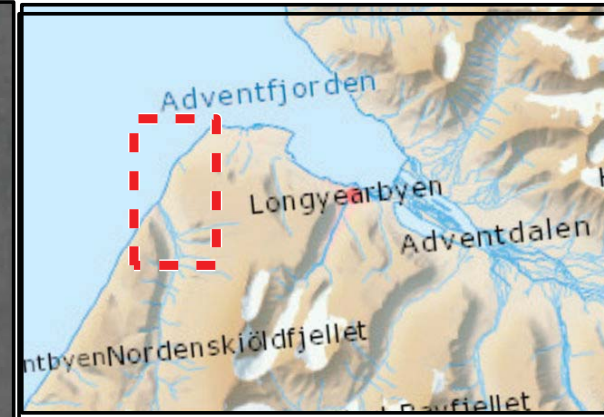
Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

Godkjent: KURF

Dato: 05-04-2017

Kart nr: D_B_01





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Beta
- Alfa
- Alfa-1sd
- Rocfall-profil
- Rocfall fleste stopper
- Rocfall maks utløp
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS snøskred maks flytehode (m)

- 0.1 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- > 6

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater Vestpynten-Bjørndalen, Sør.

A3 1:8 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

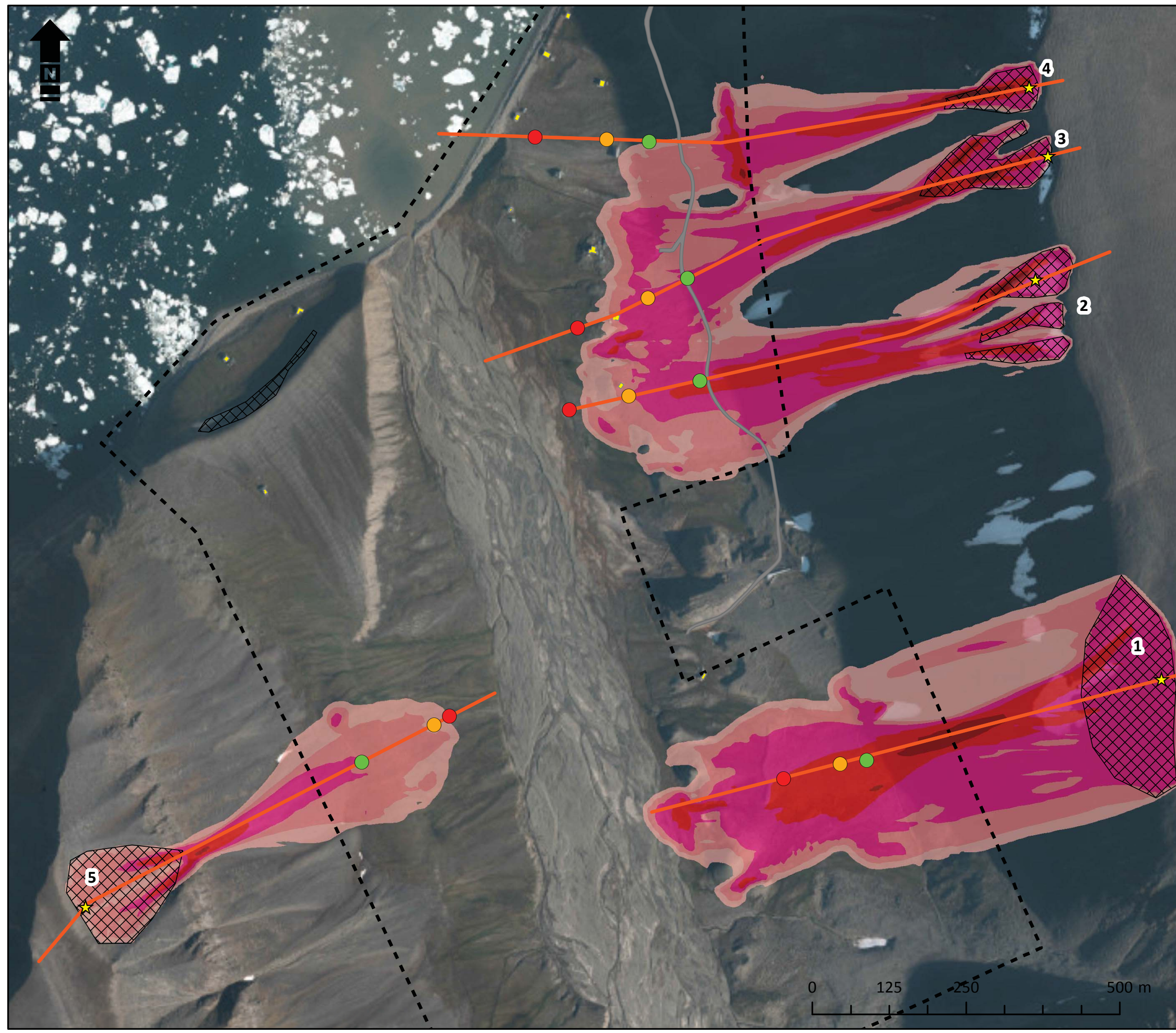
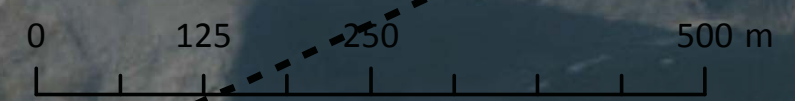
Oppdragsnummer: 713525

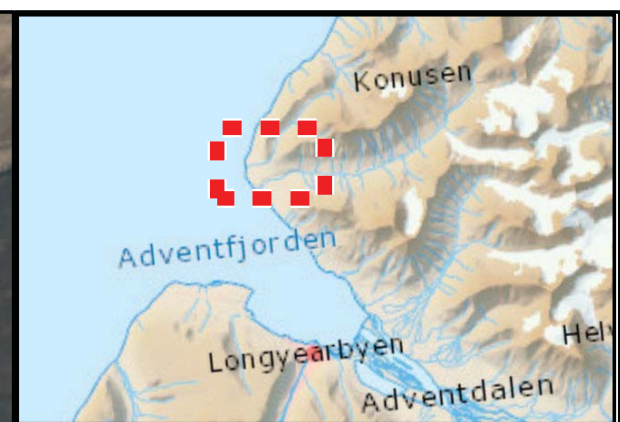
Utført: MARIAH/MHP
Kontrollert: JOL

Godkjent: KURF

Dato: 05-04-2017

Kart nr: D_B_02





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Betapunkt
- Alfapunkt
- Alfa-1sd
- Rocfall-profil
- Rocfall fleste stopper
- Rocfall maks utløp
- løснеområde RAMMS flomskred/sørpeskred
- løснеområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flyte høyde (m)	RAMMS snøskred maks flyte høyde (m)
0.1 - 0.5	0.1 - 0.5
0.5 - 1.0	0.5 - 1
1.0 - 1.5	1 - 2
1.5 - 2.5	2 - 4
2.5 - 3.8	4 - 6
	> 6

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
Reveneset-Hjorthamna, Nord I

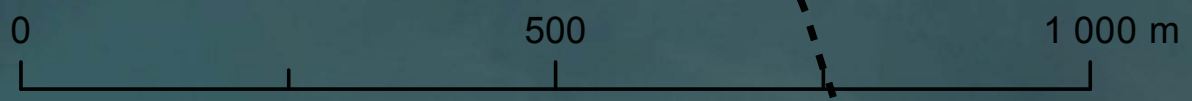
A3 1:10 000

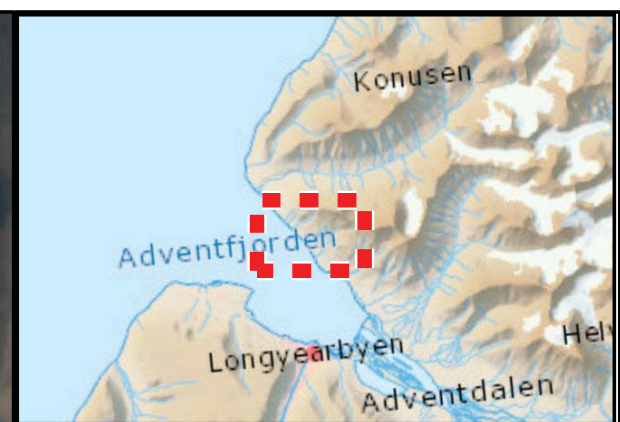
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
--	----------------

Dato: 25-04-2017	Kart nr: D_RH_01
------------------	------------------





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Betapunkt
- Alfapunkt
- Alfa-1sd
- Rocfall-profil
- Rocfall fleste stopper
- Rocfall maks utløp
- løснеområde RAMMS flomskred/sørpeskred
- løснеområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flyte høyde (m)	RAMMS snøskred maks flyte høyde (m)
0.1 - 0.5	0.1 - 0.5
0.5 - 1.0	0.5 - 1
1.0 - 1.5	1 - 2
1.5 - 2.5	2 - 4
2.5 - 3.8	4 - 6
	> 6

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
Reveneset-Hjorthamna, Nord II

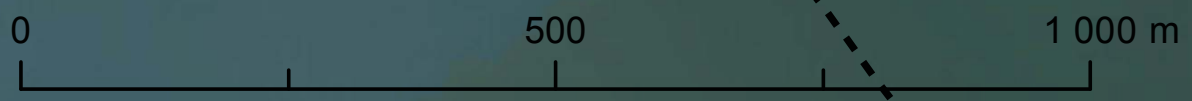
A3 1:10 000

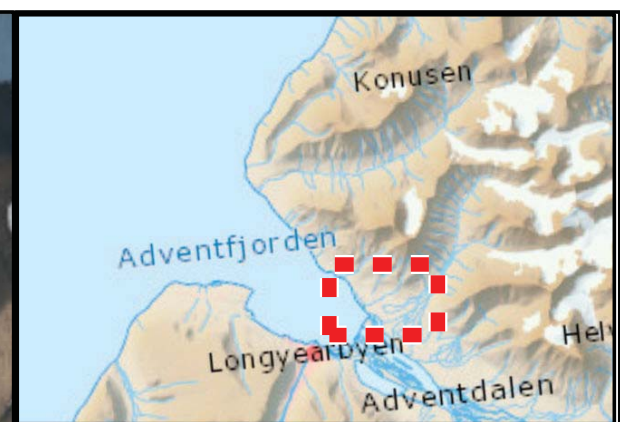
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525











Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
--	----------------












Dato: 25-04-2017	Kart nr: D_RH_02
------------------	------------------





Tegnforklaring

-  Kartlagt område
-  alfabetaprofil
-  Løsnepunkt
-  Betapunkt
-  Alfapunkt
-  Alfa-1sd
-  Rocfall-profil
-  Rocfall fleste stopper
-  Rocfall maks utløp
-  løснеområde RAMMS flomskred/sørpeskred
-  løснеområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flytehyde (m)	RAMMS snøskred maks flytehyde (m)
 0.1 - 0.5	 0.1 - 0.5
 0.5 - 1.0	 0.5 - 1
 1.0 - 1.5	 1 - 2
 1.5 - 2.5	 2 - 4
 2.5 - 3.8	 4 - 6
	 > 6

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
Reveneset-Hjorthamna, Sør I

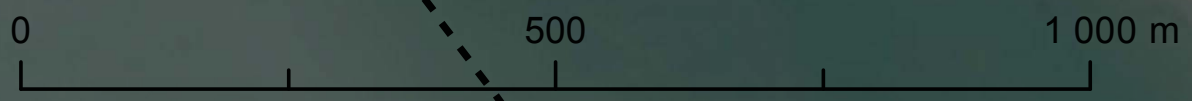
A3 1:10 000

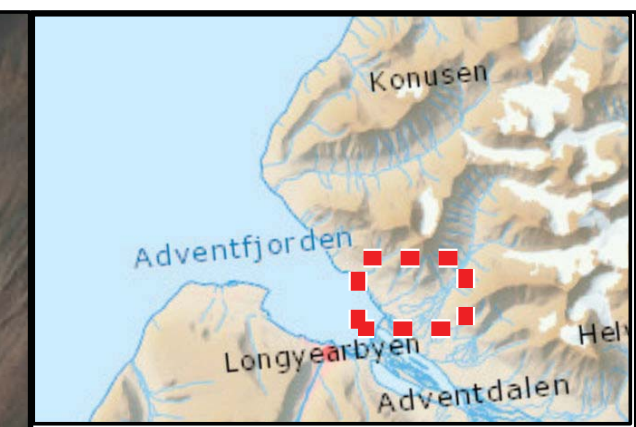
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
--	----------------

Dato: 25-04-2017	Kart nr: D_RH_03
------------------	------------------





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Betapunkt
- Alfapunkt
- Alfa-1sd
- Rocfall-profil
- Rocfall fleste stopper
- Rocfall maks utløp
- løснеområde RAMMS flomskred/sørpeskred
- løснеområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flytehyde (m)	RAMMS snøskred maks flytehyde (m)
0.1 - 0.5	0.1 - 0.5
0.5 - 1.0	0.5 - 1
1.0 - 1.5	1 - 2
1.5 - 2.5	2 - 4
2.5 - 3.8	4 - 6
	> 6

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
Reveneset-Hjorthamna, Sør II

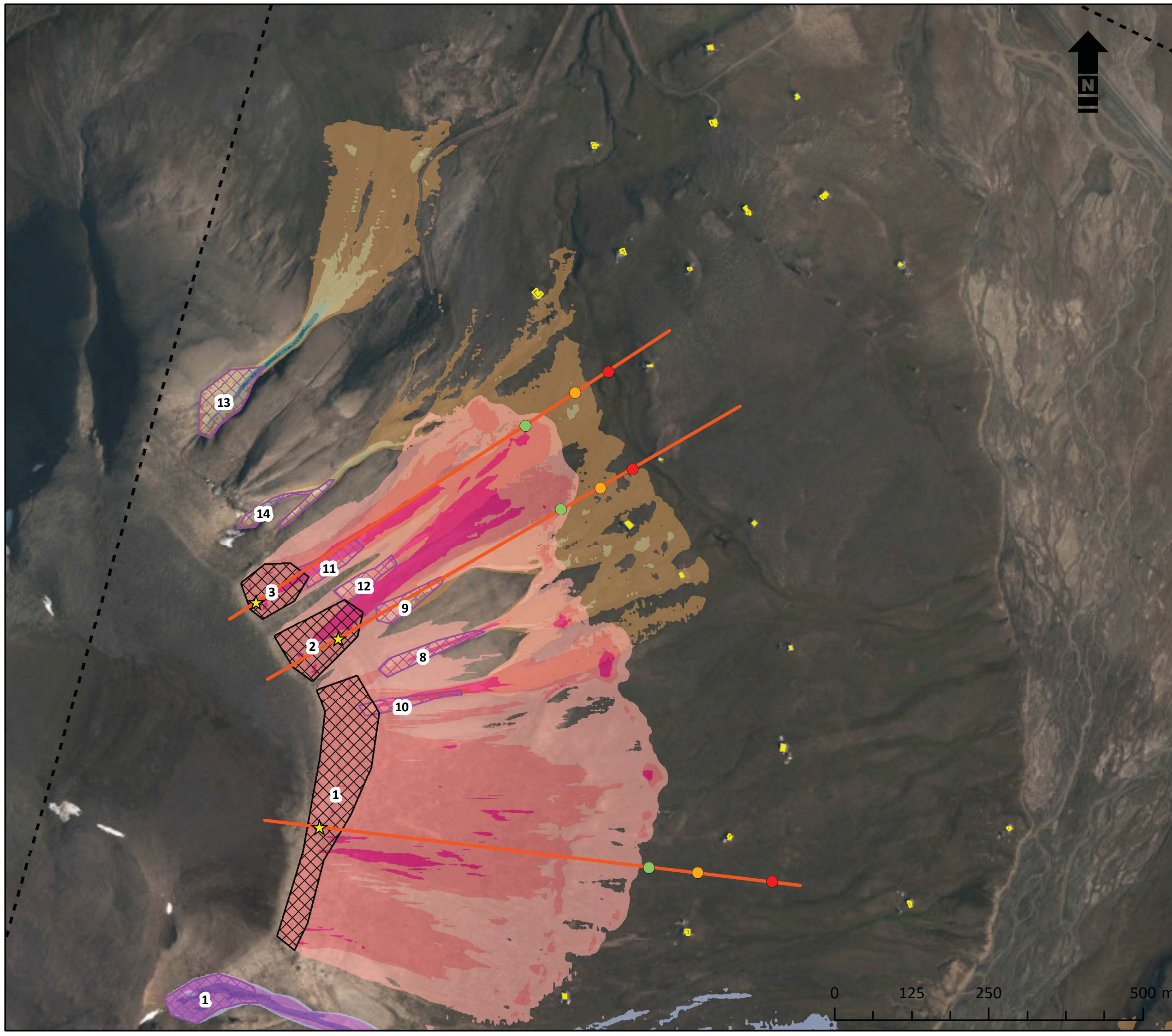
A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 25-04-2017	Kart nr: D_RH_04





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- AlfaBeta-profil
- Beta
- Alpha
- Alpha-1SD
- ★ Løsnepunkt
- løsneområde RAMMS sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.0
	1.0 - 1.5
	1.5 - 2.5
	2.5 - 3.8

RAMMS snøskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1
	1 - 2
	2 - 4
	4 - 6
	> 6

RAMMS sørpeskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.5
	1.5 - 3
	3 - 5

Skredfarekartlegging Svalbard

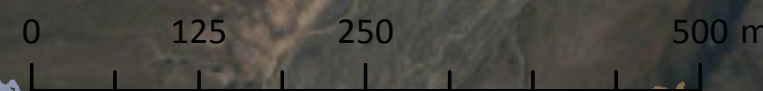
Utvalgte modelleringsresultater
 Todalen, Vest

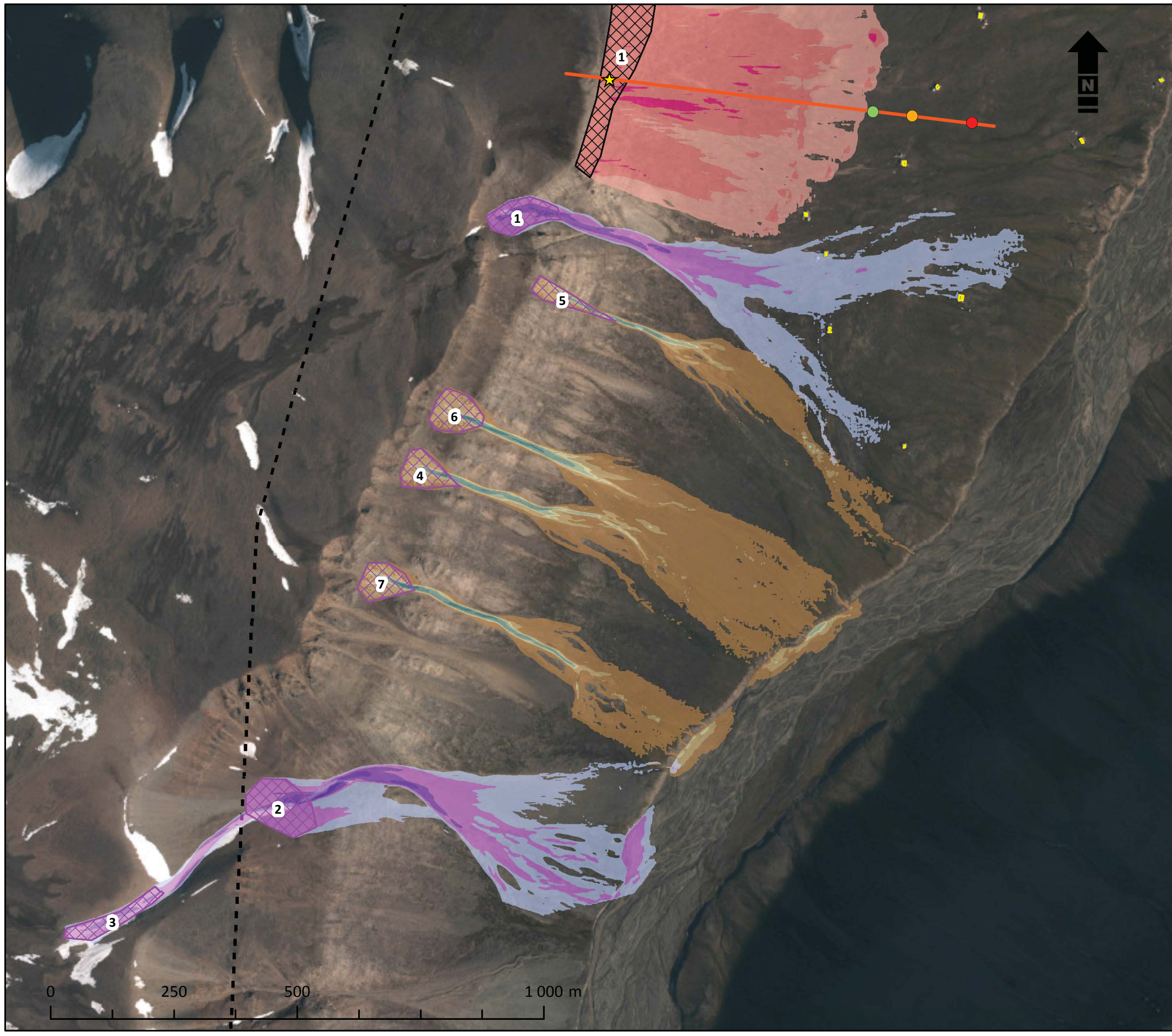
A3 1:8 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnr: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 05-04-2017	Kart nr: D_T_01





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- AlfaBeta-profil
- Beta
- Alpha
- Alpha-1SD
- Løsnepunkt
- løsneområde RAMMS sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.0
	1.0 - 1.5
	1.5 - 2.5
	2.5 - 3.8

RAMMS snøskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1
	1 - 2
	2 - 4
	4 - 6
	> 6

RAMMS sørpeskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.5
	1.5 - 3
	3 - 5

Skredfarekartlegging Svalbard

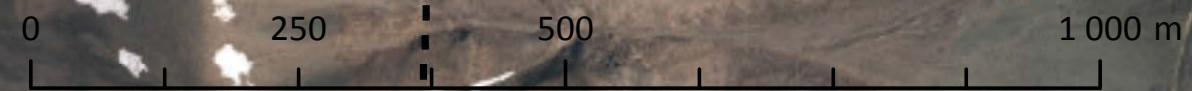
Utvalgte modelleringsresultater
 Todalen, Sør

A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
 Store Norske

Oppdragsnr: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 05-04-2017	Kart nr: D_T_02





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- AlfaBeta-profil
- Beta
- Alpha
- Alpha-1SD
- Løsnepunkt
- løsneområde RAMMS sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.0
	1.0 - 1.5
	1.5 - 2.5
	2.5 - 3.8

RAMMS snøskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1
	1 - 2
	2 - 4
	4 - 6
	> 6

RAMMS sørpeskred maks flytehode (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.5
	1.5 - 3
	3 - 5

Skredfarekartlegging Svalbard

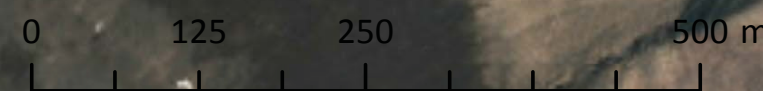
Utvalgte modelleringsresultater
 Todalen, Øst

A3 1:8 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnr: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 05-04-2017	Kart nr: D_T_03





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Betapunkt
- Alfapunkt
- Alfa-1sd
- løsneområde RAMMS flomskred/sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flyte høyde (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.0
	1.0 - 1.5
	1.5 - 2.5
	2.5 - 3.8

RAMMS snøskred maks flyte høyde (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1
	1 - 2
	2 - 4
	4 - 6
	> 6

RAMMS sørpeskred maks flyte høyde (m)

	0.1 - 0.5
	0.5 - 1.5
	1.5 - 3
	3 - 5

Skredfarekartlegging Svalbard

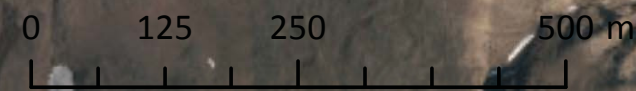
Utvalgte modelleringsresultater
Bolterdalen-Foxdalen, vest.

A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: D_BF_01





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Betapunkt
- Alfapunkt
- Alfa-1sd
- løsneområde RAMMS flomskred/sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flytehyde (m)		RAMMS snøskred maks flytehyde (m)	
	0.1 - 0.5		0.1 - 0.5
	0.5 - 1.0		0.5 - 1
	1.0 - 1.5		1 - 2
	1.5 - 2.5		2 - 4
	2.5 - 3.8		4 - 6
RAMMS sørpeskred maks flytehyde (m)			> 6
	0.1 - 0.5		
	0.5 - 1.5		
	1.5 - 3		
	3 - 5		

Skredfarekartlegging Svalbard

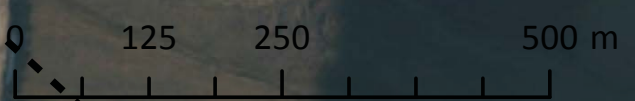
Utvalgte modelleringsresultater
Bolterdalen-Foxdalen, vest II

A3 1:10 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: D_BF_02





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- alfabetaprofil
- Løsnepunkt
- Betapunkt
- Alfapunkt
- Alfa-1sd
- løsneområde RAMMS flomskred/sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS jord og flomskred maks flytehode (m)		RAMMS snøskred maks flytehode (m)	
	0.1 - 0.5		0.1 - 0.5
	0.5 - 1.0		0.5 - 1
	1.0 - 1.5		1 - 2
	1.5 - 2.5		2 - 4
	2.5 - 3.8		4 - 6
	0.1 - 0.5		> 6
	0.5 - 1.5		
	1.5 - 3		
	3 - 5		

Skredfarekartlegging Svalbard

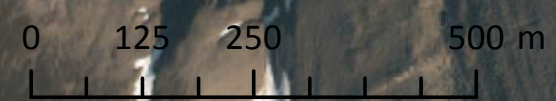
Utvalgte modelleringsresultater
Bolterdalen-Foxdalen, øst

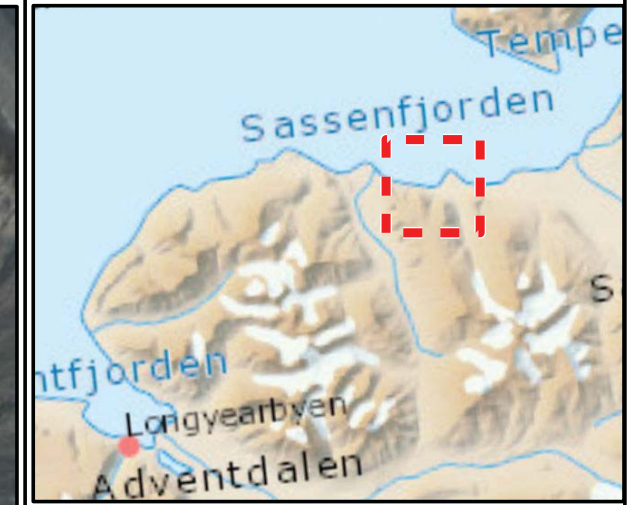
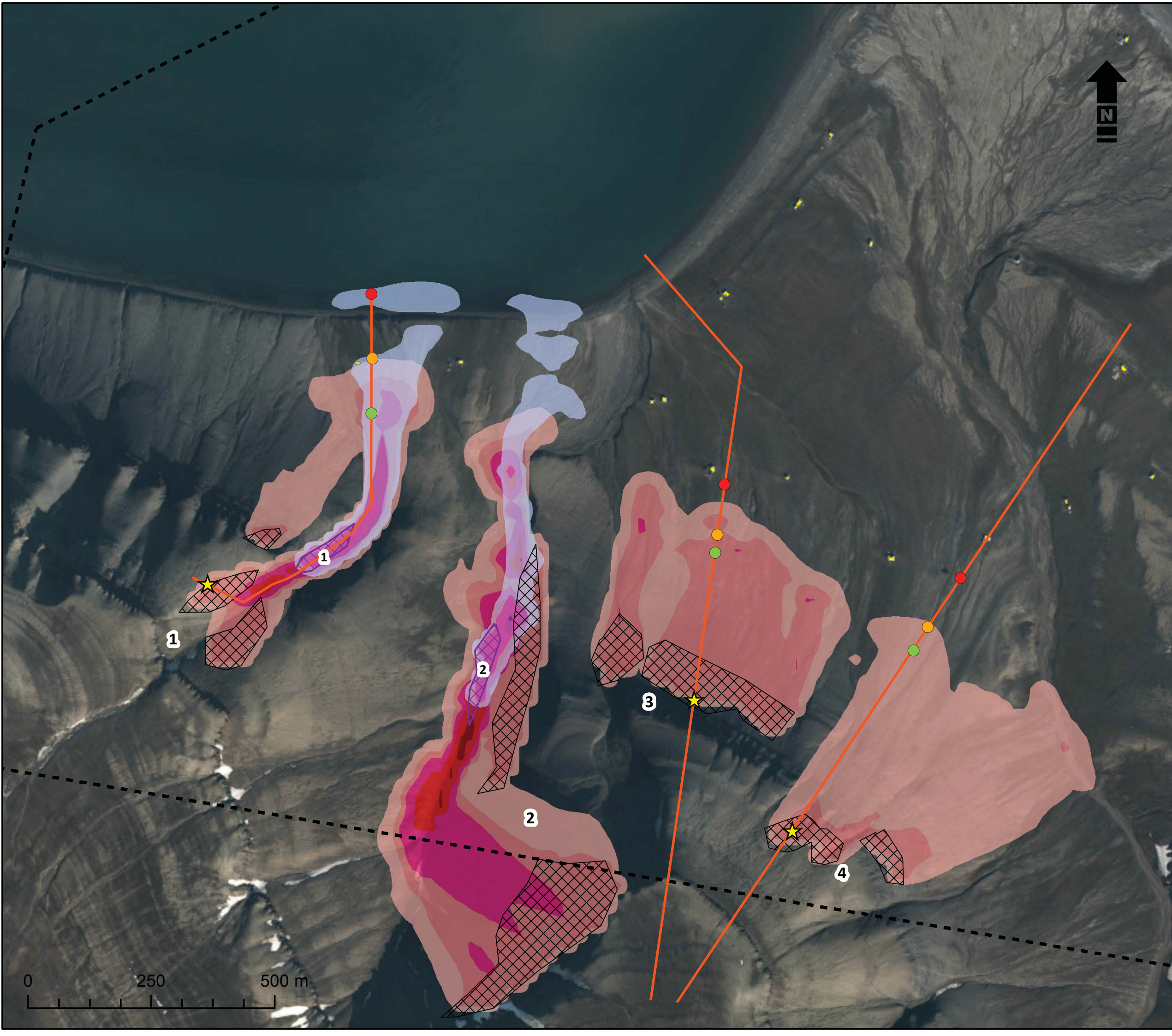
A3 1:12 000

Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP Kontrollert: JOL	Godkjent: KURF
Dato: 07-04-2017	Kart nr: D_BF_03





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- AlfaBeta-profil
- Beta
- Alpha
- Alpha-1SD
- Løsnepunkt
- løsneområde RAMMS sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS sørpeskred maks flyte høyde (m)	RAMMS snøskred maks flyte høyde (m)
0 - 0.1	0.1 - 0.5
0.1 - 0.5	0.5 - 1
0.5 - 1.5	1 - 2
1.5 - 3	2 - 4
3 - 5	4 - 6
	>6

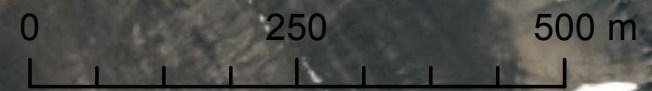
Skredfarekartlegging Svalbard

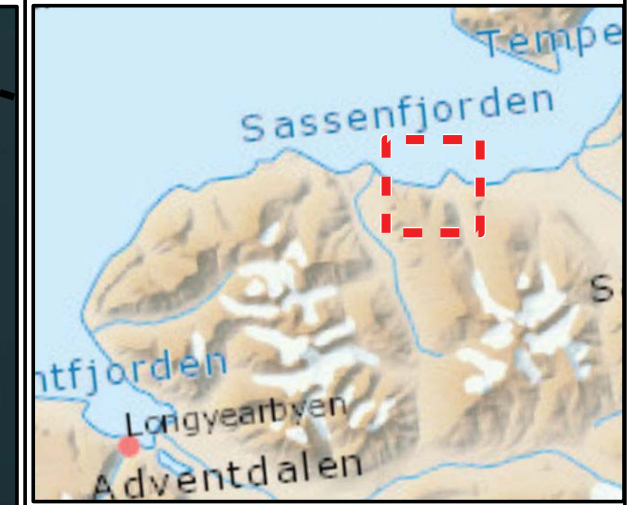
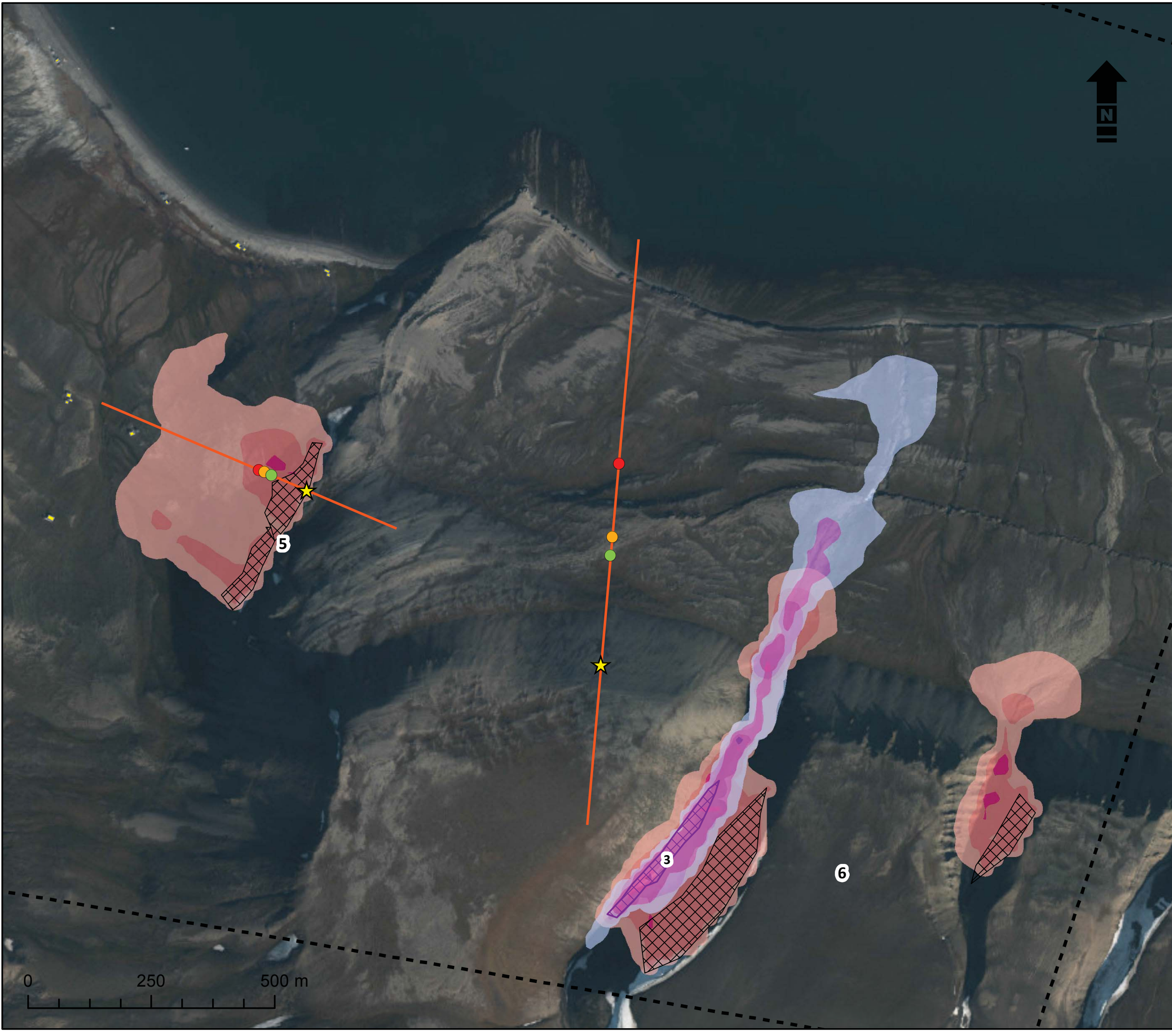
Utvalgte modelleringsresultater
Vindodden, Vest

A3 1:10 000
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 05-04-2017	Kart nr: D_V_01





Tegnforklaring

- Kartlagt område
- AlfaBeta-profil
- Beta
- Alpha
- Alpha-1SD
- Løsnepunkt
- løsneområde RAMMS sørpeskred
- løsneområde RAMMS snøskred

RAMMS sørpeskred maks flyte­høyde (m)	RAMMS snøskred maks flyte­høyde (m)
0 - 0.1	0.1 - 0.5
0.1 - 0.5	0.5 - 1
0.5 - 1.5	1 - 2
1.5 - 3	2 - 4
3 - 5	4 - 6
	>6

Skredfarekartlegging Svalbard

Utvalgte modelleringsresultater
Vindodden, Øst

A3 1:10 000
Kunde: Longyearbyen Lokalstyre og
Store Norske

Oppdragsnummer: 713525

Utført: MARIAH/MHP	Godkjent: KURF
Kontrollert: JOL	
Dato: 05-04-2017	Kart nr: D_V_02