

SKREDFAREVURDERING HYTTETOMT TODALEN, SVALBARD

SKREDFAREVURDERING HYTTETOMT TODALEN, SVALBARD

Oppdragsnavn **Skredvurdering hyttetomt Todalen**
Prosjekt nr. **1350045870**
Mottaker **Einar Midthun**
Dokument type **Rapport**
Versjon **[1]**
Dato **05.11.2021**
Utført av **Torgeir Fiskum Hansvik**
Kontrollert av **Inger Lise Sollie**
Godkjent av **Torgeir Fiskum Hansvik**
Beskrivelse **Skredfarevurdering**

Rambøll
Folke Bernadottes vei 50
PB 3705 Fyllingsdalen
5845 Bergen

T +47 55 17 58 00
F +47 55 17 58 10
<https://no.ramboll.com>

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	2
Om oppdraget	2
Sammendrag	3
Områdebeskrivelse	4
Skredfareutredning per skredtype	7
Steinsprang	7
Er steinsprang aktuell prosess i påvirkningsområdet?	7
Steinskred	7
Er steinskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?	8
Snøskred	8
Er snøskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?	8
Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet	8
Utredning av utløp	11
Når snøskred inn i kartleggingsområdet?	13
Jord- og flomskred	13
Er jord- og flomskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?	13
Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet.	13
Utredning av utløp	14
Når jordskred inn i kartleggingsområdet?	14
Sørpeskred	14
Er sørpeskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?	14
Hva er den samlede skredfaren?	15
Avvik fra tidligere skredfareutredninger.	15
Grunnlagsmateriale	15
Tidligere utførte vurderinger	16
Digital terrenghmodell (DTM)	18
Historiske skredhendelser	18
Historiske skredhendelser som er registrert i NVE Atlas	19
Skredhendelser registrert i felt	20
Sikringstiltak	20
Klimatologiske data	20
Historisk klima	20
Fremtidig klima	21
Skog	22
Referanser	22
Vedlegg	23
Vedlegg - Modelleringsresultat	23
Vedlegg - Faresoner	27

1. FORORD

Plan- og bygningsloven (pbl) og Byggeteknisk forskrift (TEK 17, kap 7.3) stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot skredfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene. Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terren - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak¹, og rapporten vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt. Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinskred og steinsprang utredes. Utredningen er gyldig for dagens terrenghold, og det er tatt hensyn til gjeldende klimaprognosenter for Svalbard. Utredningen er kun gyldig for vurdert hytte. Området er faresonekartlagt i 2017 og oppdragsgiver ønsker å få en revidert vurdering av hyttetomt. Etter forrige kartlegging er det kommet oppdatert metodikk i Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terren (NVE, 2020) og det er utført flere skredfarevurderinger og sikringsprosjekter i Longyearbyen (NVE, 2018).

2. OM OPPDRAGET

Oppdragsgiver:

Einar Midthun

Utførende foretak:

Rambøll Norge AS

Skredfareutredning for:

Hyttetomt

Følgende tiltak og sikkerhetsklasse(r) er planlagt på eiendommen/planområdet:
Hytte i sikkerhetsklasse S2**Befaring gjennomført, eventuelt hvorfor ikke:**

Befaring er gjennomført

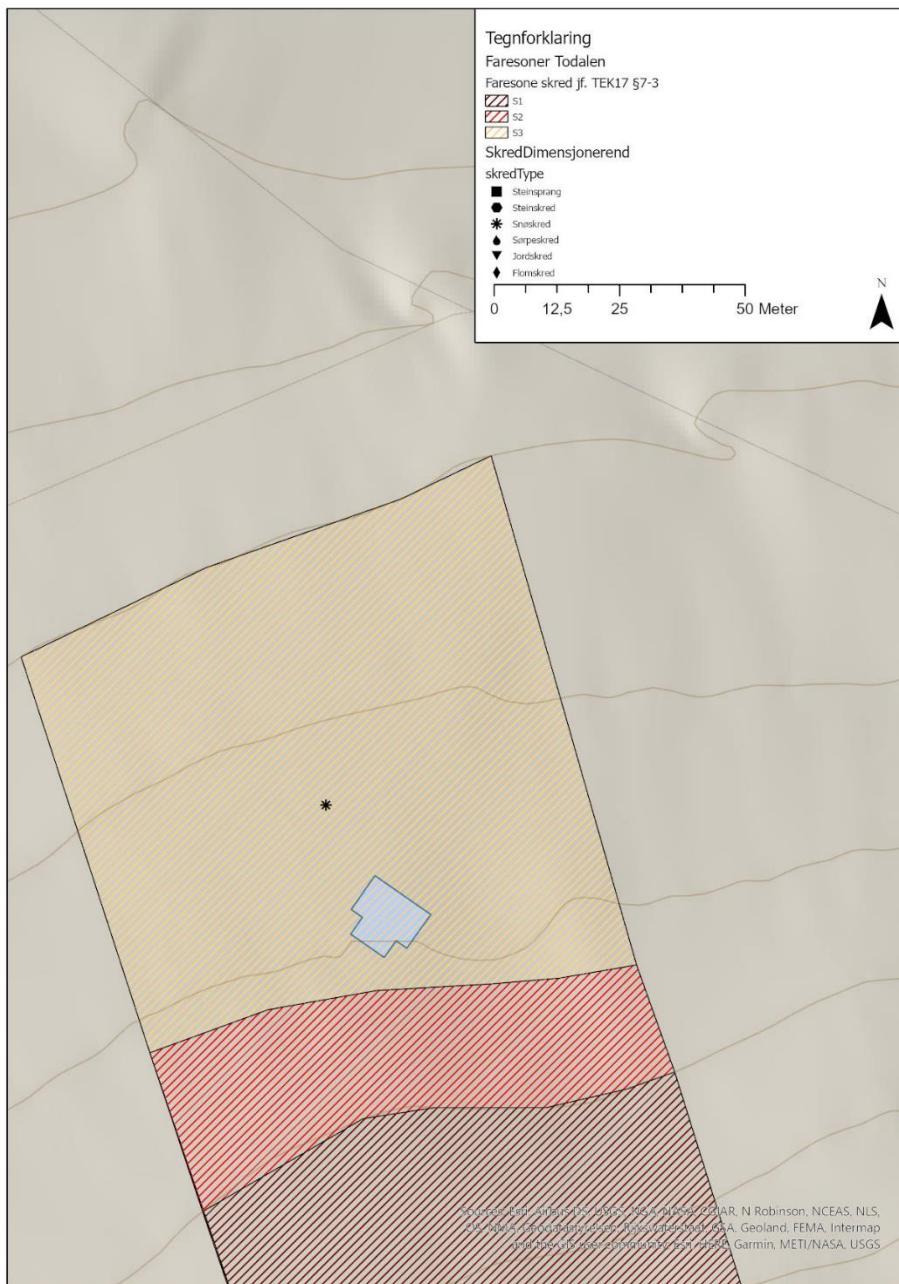
Befaring gjennomført av og når:

Befaring ble gjennomført av Marit Bratland Pedersen 3.6.2021.

¹ <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terren>

3. SAMMENDRAG

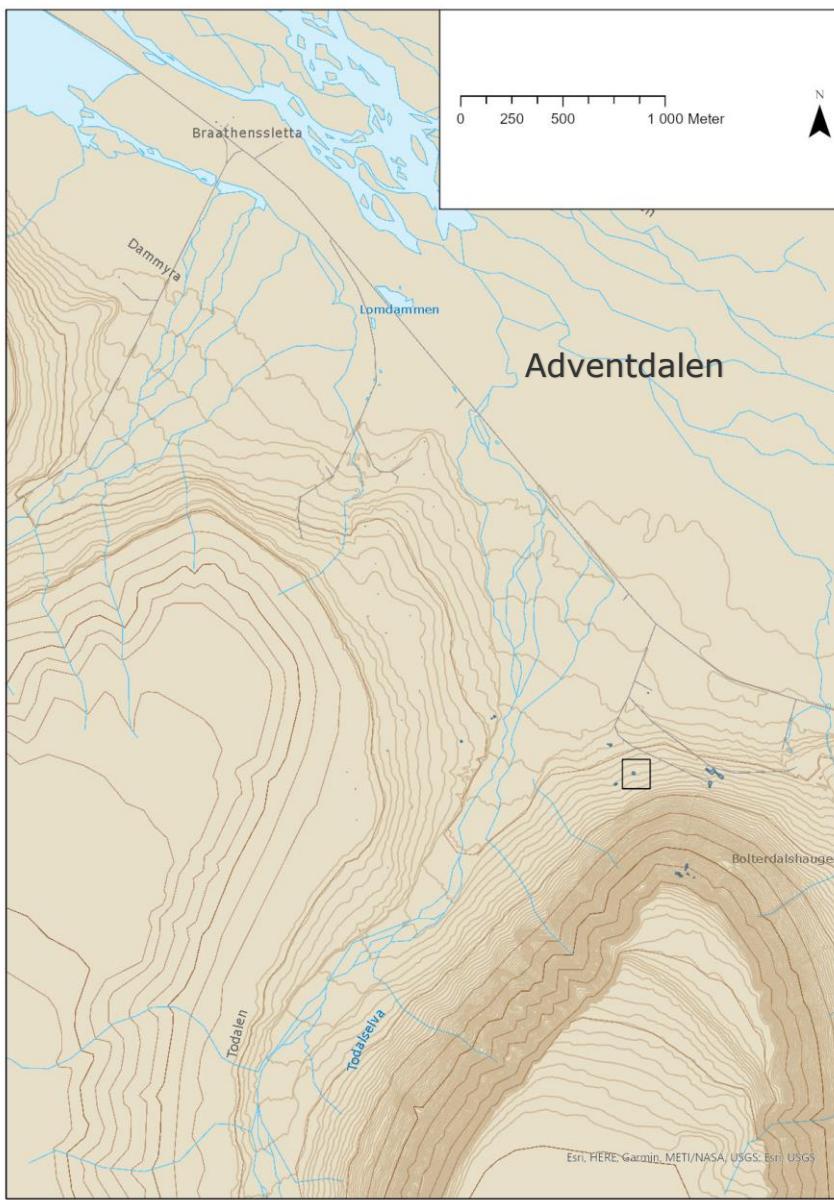
Det er utført en skredfarevurdering av hyttetomt i Todalen, Svalbard. Vurderingen er utført etter NVEs mal for skredfarevurderinger (NVE, 2020) og TEK17 §7-3. Skredfarevurderingen beskriver faktorer som er relevante for skredprosesser og gjør en vurdering av snøskred, sørpeskred, jordskred, flomskred, steinsprang og steinskred. Det er vurdert at det er fare for snøskred og jordskred, snøskred er vurdert som dimensjonerende skredfare for hyttetomten. Det er tegnet faresonekart basert på vurdert skredfare, hytten ligger utenfor S2 1/1000 faresone og innenfor S3 1/5000 faresone. Faresonekart er vist under.



Figur 1: Faresonekart for vurdert hytte.

4. OMråDEBESKRIVELSE

Hyttetomten ligger ytterst på østsiden av Todalen, vest for Gruve 6. Hytten ligger på 65 m.o.h. Skråningsgradienten er rundt 5° ved hytten, og skråningen over har et sammenhengende bratt område på 25-40°. Bratt terreng starter ca. 200 meter fra hytten ved 125 m.o.h og går opp til ca. 300 m.o.h.

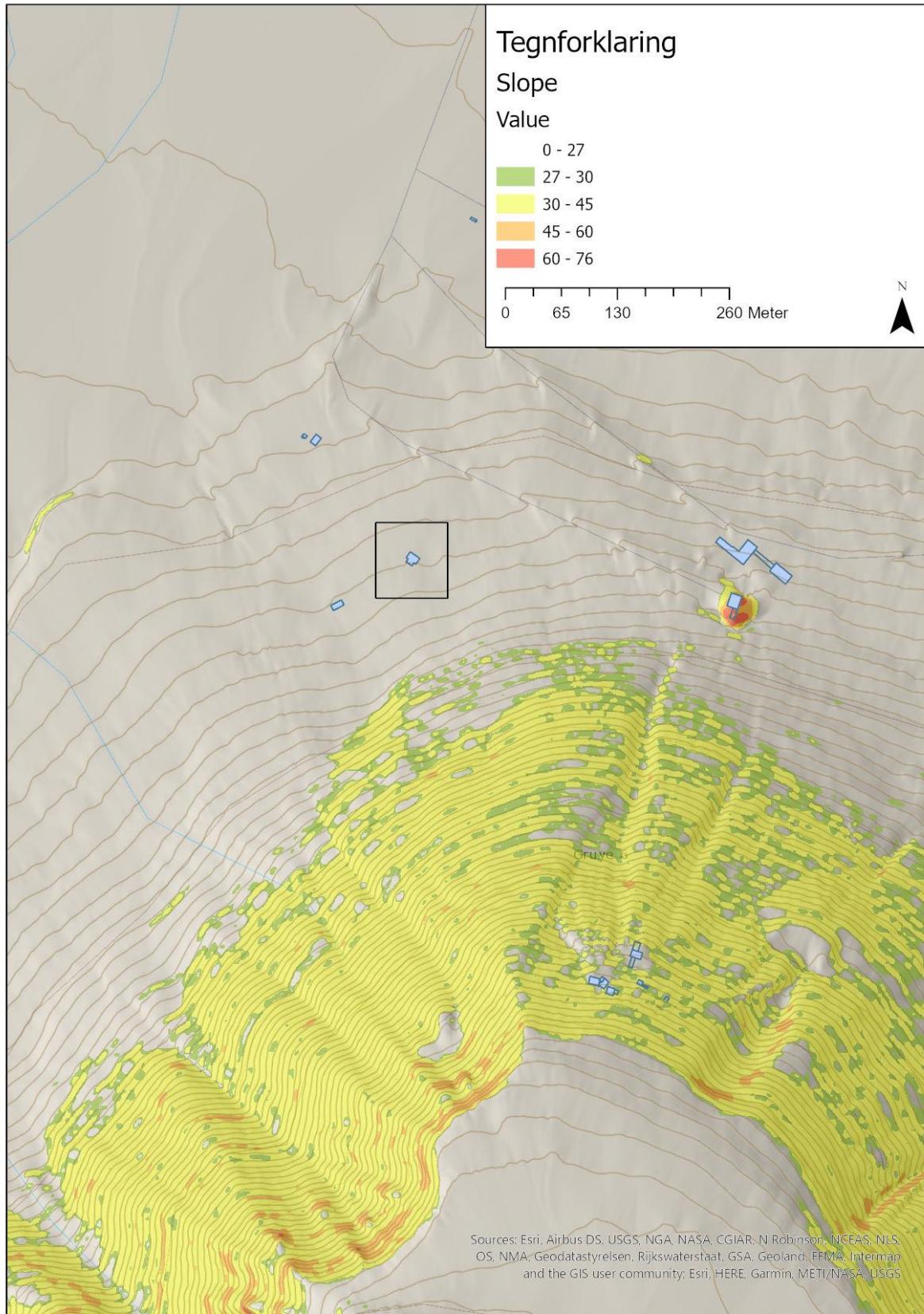


Figur 2: Oversiktskart, hytten som utredes for skredfare er vist med sort firkant.



Figur 3: Oversiktsfoto. Hytten som utredes for skredfare midt i bildet.

Kvantærgeologien og geomorfologien i Todalen er kartlagt i detalj av NGU og ble publisert i 2015 (Rubensdotter, 2015). Kartleggingsområdet går ikke helt ut til hyttetomten, men gir et klart bilde av skråningsprosessene og kvantærgeologien i området. På platåene Bolternosa og Bayfjellnosa ligger det tykt forvitningsmateriale. Rambølls erfaringer fra Svalbard tilsier at skredprosesser skjer på stedene man har kipper, forsenninger og raviner. Steinsprang og skavlbrudd går typisk fra klippeområder, mens løssnøskred, sørpeskred og flomskred går i ravinene. Kartgrunnlag viser at avsetningene i dalen bærer preg av dette, da det over elveavsetningene i dalbunnen ligger flomskredvifter som korresponderer med ravinene i skråningen over. Permafrosten gjør at solifluksjon er en aktiv prosess. Dette ser man i skråningen over hytten som stripet i løsmassene nedover skråningen. Det er ikke observert spor av større utglidinger i skråningen over hytten. Hyttetomten ligger skjermet for aktive skredløp (flom, snø, sørpe), disse ligger ca. 300m fra hytta, på begge sider.



Figur 4: Skråningskart, vurdert hytte er vist med sort firkant.

5. SKREDFAREUTREDNING PER SKREDTYPE

5.1 Steinsprang

Ifølge NVEs veileder for skredfare i bratt terreng (2020), brukes begrepet steinsprang om hendelser der én eller et fåtall steinblokker løsner og faller, spretrer, ruller eller skir nedover en skråning. Steinsprang har normalt et relativt lite volum, inntil noen hundre kubikkmeter. Steinblokkene beveger seg nedover stort sett uavhengig av hverandre, og vil tape energi når de slår ned i bakken og spretrer, eventuelt knuses. I bratte fjellsider faller de vertikalt, men når terrenget blir slakere, kan blokkene bøye av og gå ut til sidene for fallretningen. Løse enkeltblokker som ligger i bratt terreng kan utgjøre en fare ved at de løsner igjen senere, såkalt remobilisering. I prinsippet kan alle blokker remobiliseres. Det gjelder særlig blokker som ligger fritt i hellende terreng, eller som ikke er låst i ur. Steinsprang kan forekomme gjennom hele året, men ofte ser vi en økt hyppighet om våren og høsten. Dette har bakgrunn i fryse/tine-prosesser, rotspregning eller store nedbørsmengder som fører til høyt vanntrykk i sprekene i fjellet.

Flogstein, eller steinsprut, oppstår typisk når en steinblokk faller ned fra en stor høyde og knuses mot en hard bergflate (sva) i foten av fjellsiden. Hellingen ved foten av fjellsiden er normalt vesentlig slakere enn fjellsiden ellers (rundt 30°). Mindre steinfragmenter slynges da ut i stor hastighet og i stor høyde. Dette gir en ideell utslagsvinkel, og flogstein følger gjerne en uvanlig høy bane med resulterende langt utløp – nærmest som et prosjektil som skytes ut. Det er observert tilfeller hvor større blokker (inntil ca. 0,1 m³) har gått betydelig lengre ut enn øvrige skredmasser. Flogstein er likevel som oftest små, typisk mellom 0,001 og 0,01 m³, men erfaringer viser at flogstein kan ha landingshastighet på mellom 70 og 80 m/s og kan følgelig slå ned med betydelig kraft. Det betyr at flogstein kan gjøre mye skade, selv om fragmentet er små. (NVE, 2020).

5.1.1 Er steinsprang aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Fjellsider og skrenter brattere enn 45 grader kan gi fare for steinsprang – så fremt skråningen har områder med bart fjell eller usammenhengende løsmassedekke (NVE, 2020). Skråningen over hytten har ikke skråninger over 45 grader i påvirkningsområdet, og det er ikke klipper i toppen. Det er ikke kartlagt steinsprangavsetninger i aktuell skråning. Steinsprang er en aktuell prosess lengre inn i Todalen, under klipper. Det vurderes at steinsprang ikke er aktuell prosess i påvirkningsområdet.

5.2 Steinskred

Et steinskred er en massebevegelse der et større bergparti beveger seg ned en skråning. Partiklene i skredet interagerer og splittes ofte i mindre deler nedover i skredbanen. Energien i et steinskred vil tapes på grunn av indre friksjon, altså støt mellom blokkene i skredet, og ved kontakten med underlaget.

Det antas at utløpet er økende med økende volum, men dette er også avhengig av de lokale topografiske forholdene, bruddmekanismen og om skredet er samlet (kanalisiert) eller blir spredd. I en del tilfeller kan steinskred dra med seg løsmassene i en fjellside og til forveksling få

utløpslengder som et fjellskred. En steinskredavsetning er vanligvis tungeformet bestående av steinmateriale delvis sortert med de største blokkene i foten av skråningen. (NVE, 2020).

5.2.1 Er steinskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Steinskred krever store løsneområder. I tillegg må skråningen være brattere enn 45 grader og man må ha strukturer til stede som muliggjør avløste partier av stor nok størrelse (større enn steinsprang).

Det er ikke kartlagt aktuelle løsneområder for steinskred i påvirkningsområdet til hytten.

5.3 Snøskred

Ifølge NVEs veileder (2020) defineres et snøskred som snø i rask bevegelse nedover en fjellside eller en skråning. Snøskred deles gjerne inn i to hovedtyper, basert på hvordan de utløses; løssnøskred og flakskred. I tillegg har vi snøskredproblematikk relatert til skavlbrudd og skredvind.

Skog kan ha en forbyggende effekt på utløsning av snøskred. Effekten avhenger av treslag, og øker med økt stammetykkelse og kronedekning. Tilstedeværelse av trær hjelper også for å forhindre lagdeling av snø, som kan gi flakdannelse. Dette gjøres ved «mellomlagring» av snø i trærne og redusert vind mot snødekket. Effekten av trær er ikke relevant i denne skredfarevurderingen.

Meteorologiske data gir grunnlag for snømengden i utløsningsområdet og videre høyden på bruddkanten. Dette gir også indikasjoner på snømengden i skredbanen som kan rives med og tas opp av skredet. Formen på terrenget spiller en viktig rolle for hvor mye snø som kan samles, en skålformasjon vil samle mer snø enn en ryggformasjon. Store flate arealer i tilgrensning til utløsningsområdet gjør at vinden får tilgang på snø som kan avsettes i utløsningsområdet.

5.3.1 Er snøskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Alle fjellsider og skrenter brattere enn 25 grader er regnet for å gi fare for snøskred - så fremt snømengden i året kan overstige 0,2 meter, og det ikke er tilstrekkelig skogdekning i området (NVE, 2020).

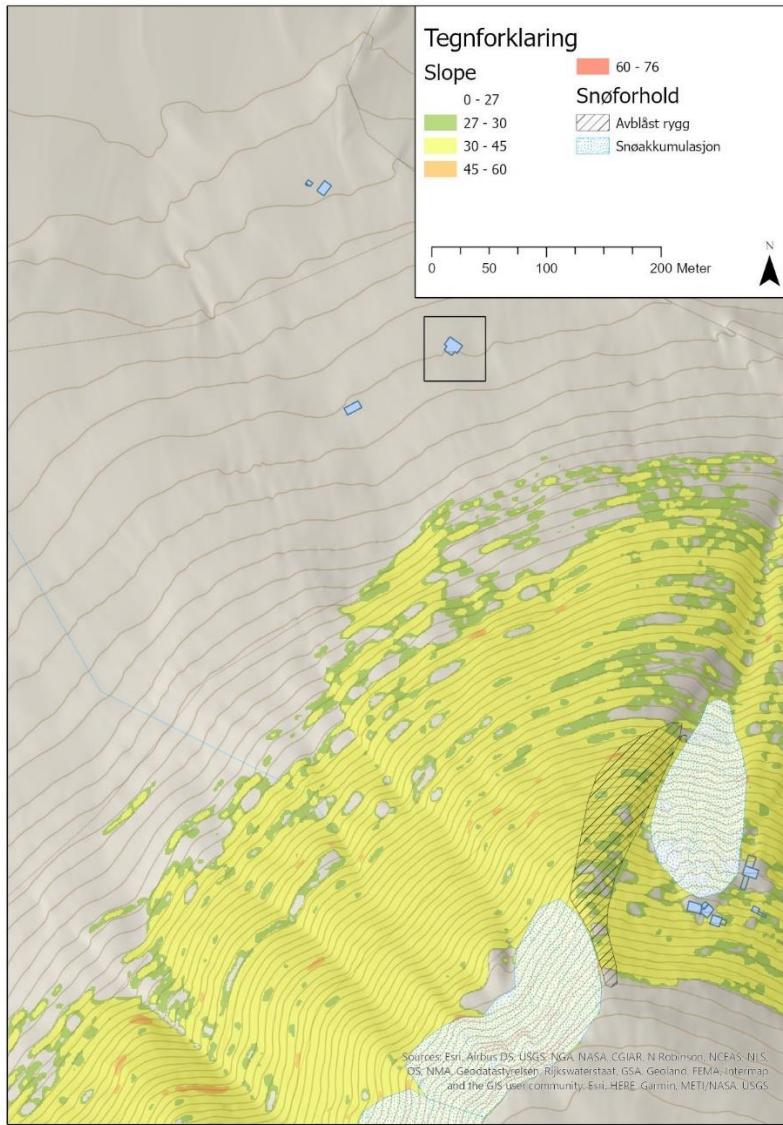
Skråningen i påvirkningsområdet har et sammenhengende bratt område på 25-40°. Dette området starter ca. 200 meter fra hytten ved 125 m.o.h og går opp til ca. 300 m.o.h. Snømengden overstiger 0,2 meter i området og snøskred er en kjent skredtype i området for øvrig. Snøskred vurderes som en aktuell prosess i påvirkningsområdet.

5.3.2 Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet

Faktorene som har størst betydning for snømengde i utløsningsområdet og høyden på bruddkant er nedbør, vindforhold og terrenghformasjon.

Potensielt løsneområde over hytten er en ca. 175m høy skråning der det er bratt nok til at det kan gå snøskred. Denne skråningen er ca. 600m bred ved skråningsfoten og utgjør en skulder mellom to aktive skredløp. Snøforholdene er observert gjennom vinteren 2020/21, se bilder under. På toppen av skråningen går det en ryggformasjon mot nord-øst, og bildene vi har tatt viser tydelig at ryggen lett blir avblåst. Dette er karakteristisk for ryggformasjoner og det løsner

sjeldent snøskred fra rygg. Øst for ryggen er det en forsenkning mot gruve 6. Denne forsenkingen er et aktivt skredløp for løssnøskred og flomskred. Det forventes at vindtransportert snø fra platået sør-øst for ryggen vil i stor grad avsettes i denne forsenkningen. Denne situasjonen er observert på bilder. Dette fører til at den delen av skråningen som potensielt kan ha snøskred-utløp mot hytten i normalsituasjon har begrenset med tilgang på snø og at løsnesannsynligheten er liten. Observerte snøforhold er vist under.



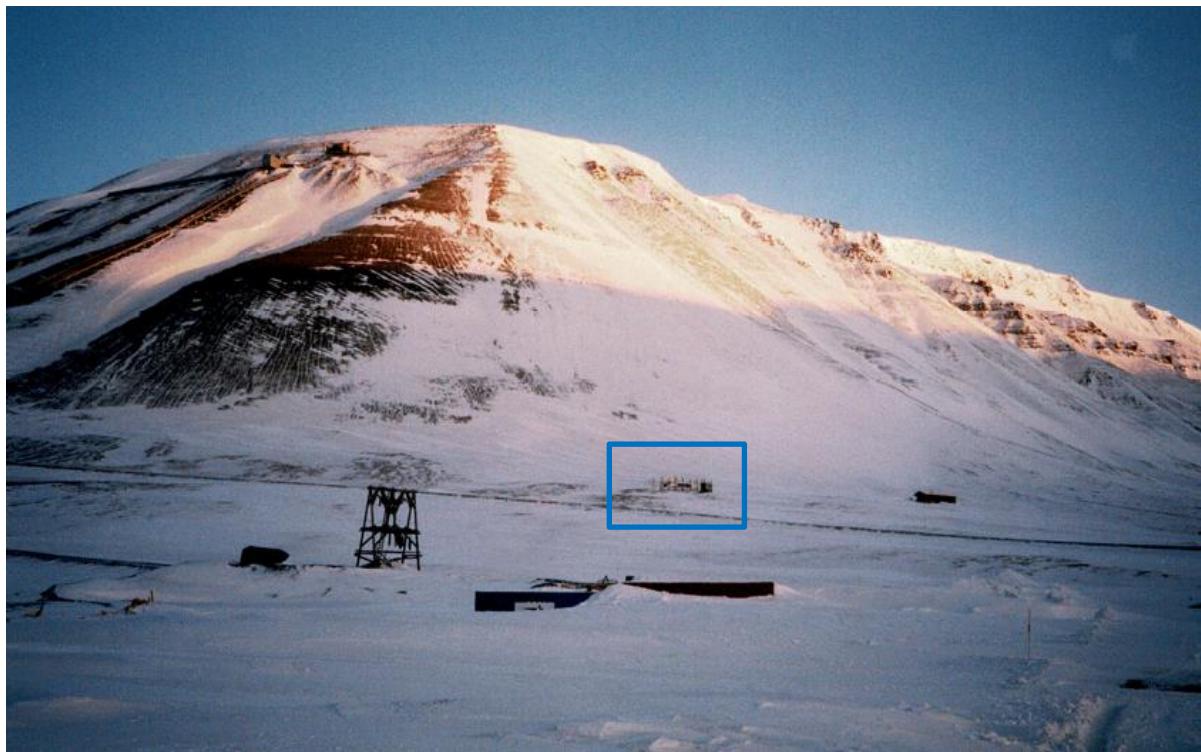
Figur 5: Figur som viser typiske snøforhold for skråningen.



Figur 6: Foto 1.12.20.



Figur 7: Foto 10.4.21



Figur 8: Foto scannet fra 1998. Hytte vist med blått.

Snøforholdene som er beskrevet over er å anse som en normalsituasjon. I sjeldne tilfeller kan værsituasjonen føre til andre snøforhold, for eksempel før snøskredene fra Sukkertoppen i 2015 og 2017. Eksponeringen på skråningen som vurderes i denne vurderingen og Sukkertoppen er sammenlignbare, men i Todalen har man ikke et platå som kildeområde for snødrift som er tilfellet på Sukkertoppen. Med tanke på framtidige klimaprognosører, er det likevel vanskelig å utelukke at det kan samle seg snø i skårningen over hytta under ekstreme værsituasjoner som unnviker fra normalsituasjonen. Det er derfor valgt å utrede en slik ekstremsituasjon ved å modellere skred i ramms, som beskrevet under.

5.3.3 Utredning av utløp

I denne skredfarevurderingen er det kjørt snøskredmodellering med RAMMS Avalanche. Resultater er vist i Figur 16 og Figur 17, og følgende parametere er brukt:

Open slope parameters:

Mu: 0.190 - 0.170 - 0.155

Xi: 2000 - 2500 - 3000

Channelled parameters:

Mu: 0.240 - 0.220 - 0.210

Xi: 1500 - 1750 - 2000

Gully parameters:

Mu: 0.300 - 0.285 - 0.270

Xi: 1200 - 1350 - 1500

Flat parameters:

Mu: 0.170 - 0.150 - 0.140

Xi: 3000 - 3500 - 4000

Forest parameters:

Mu (delta): 0.020 - 0.020 - 0.020

Xi: 400 - 400 - 400

RETURN PERIOD (y): 300

VOLUME category: Large

Det ble kjørt modellering med 0,7 og 1,5m bruddkant.

Modelleringen med 0,7m bruddkant stopper ca. 40m fra hytten og modellering med 1,5m bruddkant stopper 1m fra hytteveggen. Ut fra snøforholdene er dette å anse som konservative scenarioer. Rambøll mener at Alfa-beta modellen blir for konservativ i denne skråningen på grunn av observerte snøforholdene, topografiens og skredhistorikken. Det kan likevel gå mindre snøskred eller overflateutglidninger lengre ned i skråningen, men basert på våre beregninger vurderer vi at dette ikke kan ha nå hytta og gjøre skade.

Det er også modellert et scenario med vindtransportert snø som legger seg vest for ryggen. Her er det brukt samme friksjonsverdier som NVE i rapporten om dimensjonerende skred fra Sukkertoppen (NVE, 2018). Hendelsen har et gjentaksintervall på 1/1000.

Altitude_limit_1: 150 m a.s.l

Altitude_limit_2: 50 m a.s.l

Format of following parameters: [< 50] - [50 - 150] - [> 150]

Open slope parameters:

Mu: 0.240 - 0.220 - 0.205

Xi: 1750 - 2100 - 2500

Channelled parameters:

Mu: 0.290 - 0.280 - 0.260

Xi: 1350 - 1530 - 1750

Gully parameters:

Mu: 0.370 - 0.340 - 0.330

Xi: 1100 - 1200 - 1350

Flat parameters:

Mu: 0.220 - 0.200 - 0.180

Xi: 2500 - 2900 - 3250

Forest parameters:

Mu (delta): 0.020 - 0.020 - 0.020

Xi: 400 - 400 - 400

RETURN PERIOD (y): 100

VOLUME category: Medium

Det ble kjørt modellering med 1m bruddkant.

Snømassene i denne modelleringen stopper ca. 20m fra hytten, og støtter vurderingen om at det er lite sannsynlighet for at hytta er utsatt for snøskred.

Rambøll har ikke utført beregninger for skredvind, dette på bakgrunn av områdehistorikk og resultat av modelleringen.

For en 1/5000-snøskredhendelse er det store usikkerheter, i følge veilederen (NVE, 2020) skal en anta mulig bruddforplanting på tvers av rygger. For en slik ekstremesituasjon er det tatt utgangspunkt i alfa/beta-modellen omtalt i kap 6. En slik hendelse kan gå forbi hytten.

5.3.4 Når snøskred inn i kartleggingsområdet?

Det vurderes at sannsynligheten for at snøskred skal treffe hytten er mindre enn 1/1000 og større enn 1/5000.

5.4 Jord- og flomskred

Jordskred er utglidinger i vannmettede løsmasser i bratte skråninger, vanligvis brattere en 25-30° (NVE, 2020). Skredene kan utløses og kanaliseres i bekkeløp og forsenknings, eller opptrer som såkalte grunne skred. Grunne skred utløses i finkornet jord og leire, og skjer ofte på dyrket mark eller i naturlig terrasseformede skråninger, gjerne om våren når løsmasser kan gli på teleoverflaten.

Forskning viser at skråninger i nedbørsrike områder er mer stabile under kraftigere nedbørintensiteter enn skråninger i områder der det normalt er tørt klima (Sanderson, Bakkehøi, Hestnes, & Lied, 1996). På generelt grunnlag sies det at det er rimelig å forvente at faren for utløsing av jordskred er stor dersom 1-døgns nedbørsmengde utgjør ca. 8% av normal årsnedbør.

Flomskred er hurtige, flomlignende skred som opptrer langs elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større steinblokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet. (NVE, 2020). For at et flomskred skal kunne forekomme trenger man en forsenkning eller bekkeløp som er brattere enn 15 grader. For at fare for flomskred skal utredes må det også være mulighet for løsmasser i disse forsenkningene eller bekkeløpene, eller løsmasser kan bli tilgjengelig som følge av for eksempel erosjon eller andre skredprosesser.

Skog og vegetasjon vil ha en stabiliseringseffekt på løsmassedekket ved å binde materialer og fjerne vann fra systemet.

5.4.1 Er jord- og flomskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Skråningen over hytten er bratt nok til at jordskred er en aktuell prosess. Flomskred er ikke en aktuell prosess akkurat i skråningen over hytten, men er en aktuell prosess i ravinene øst og vest for hytten. Det er ikke observert store tegn til løsmasseerosjon i skråningen like over hytten, ingen levever, løsmassevifter eller tungeformer. Det er flere eksempler i området på løsmasseutglidninger i skråninger som tilsvarende har lite erosjon. Typisk skjer utglidninger i det aktive laget (i permafrostområder) i perioder med mye nedbør/snøsmelting. Jordskred kan dermed ikke utelukkes og utredes videre.

5.4.2 Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet.

Historikk viser at løsneområdet for utglidninger rundt Longyearbyen skjer typisk midt på skråningen. Midt i skråningen over hytten er skråningsgradient ca. 35°. Løsmassene er relativt grove, bestående av forvitringsmateriale. Det er ikke registrert tidligere jordskredhendelser i

Todalen. Med utgangspunkt i gjeldende klimaprognosør må det likevel forventes økt sannsynlighet for flere utglidninger på grunn av mer nedbør og et tykkere aktivt lag over permafrosten.

5.4.3 Utredning av utløp

Det er utført jordskredmodellering i RAMMS debris flow med følgende parametere:

- Block release, 1,5m bruddkant.
- Viscous-turbulent friction, ξ [m/s²] 150, er anbefalt for grove løsmasser. (Standard parameter er 200).
- Volum: 2500 m³.
- Ellers standard parametere.

Utløp i modelleringsvedlegg (Figur 15) viser at simulerte løsmasser stopper 66m fra hytte. Dette er i overenstemmelse med utløpslengder til skredavsetninger i andre områder med tilsvarende topografi som over hytten. Skråningsgradienten avtar markant 130m over hytten (<27°) og det vurderes at jordskred vil miste energi relativt raskt å stoppe på det flatere området.

Det vurderes at sannsynligheten for jord- og flomskred er lavere enn 1/5000 for hytten.

5.4.4 Når jordskred inn i kartleggingsområdet?

Det vurderes at jord- og flomskred ikke når hytten. Det vurderes at sannsynligheten for jord- og flomskred er lavere enn 1/5000 for hytten.

5.5 Sørpeskred

Sørpeskred er hurtige, flomlignende skred av vannmettet snø med varierende innhold av sediment. De blir utløst når vann tilføres snødekket raskere enn det kan dreneres, slik at vann samles i snødekket. Dette fører til at bindingene mellom snøkristallene svekkes og brytes ned, slik at det faste snødekket endrer form og oppfører seg som en væske. (NVE, 2020).

Sørpeskred kan forekomme dersom et område har forsenkninger eller bekkeløp som kan samle vann i snødekket. Det skjer oftest i forsenkninger og slake områder som kan føre til oppdemming eller ansamling av vann i snødekket. Eksempler på slike områder er slake partier, myrer, innsjøer eller smale partier som for eksempel stikkrenner.

5.5.1 Er sørpeskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Det er ingen definerte forsenkninger eller bekkeløp som kan samle vann og lede sørpeskred nedover skråningen. Det er ingen oppdemningsområder i skråningen over hytten. Sørpeskred er en typisk skredprosess på den andre siden av Todalen og Longyearbyen, men over hytten er det ingen relevante løsneområder. Det vurderes at sørpeskred ikke er en aktuell prosess i påvirkningsområdet.

5.6 Hva er den samlede skredfaren?

Den samlede skredfaren består av en kombinasjon av jordskred og snøskred. Faresoner er vedlagt.

5.7 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Denne skredfarevurderingen gjør en revidert vurdering av et område som er faresonekartlagt. Området er kartlagt av Multiconsult i 2017. Detaljer og begrunnelse for eksisterende faresoner er vist i kap. 6.1. Etter forrige kartlegging er det kommet oppdatert metodikk i *Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terren* (NVE, 2020) og det er utført flere skredfarevurderinger og sikringsprosjekter i Longyearbyen (NVE, 2018). Eksisterende vurdering fra Multiconsult (Multiconsult, 2017) trekker 1/1000 faresone etter alfa-beta modellen pluss ett standardavvik. Rambøll mener det er for konservativt for vurdert skråning over hytte. Rambølls skredfarevurdering tar i større grad hensyn til observerte snøforhold, terren og ekstremvær. Revidert vurdering flytter 1/1000-faresone 23m mot skråningen. 1/100 og 1/5000-faresone er vurdert relativt likt.

6. GRUNNLAGSMATERIALE

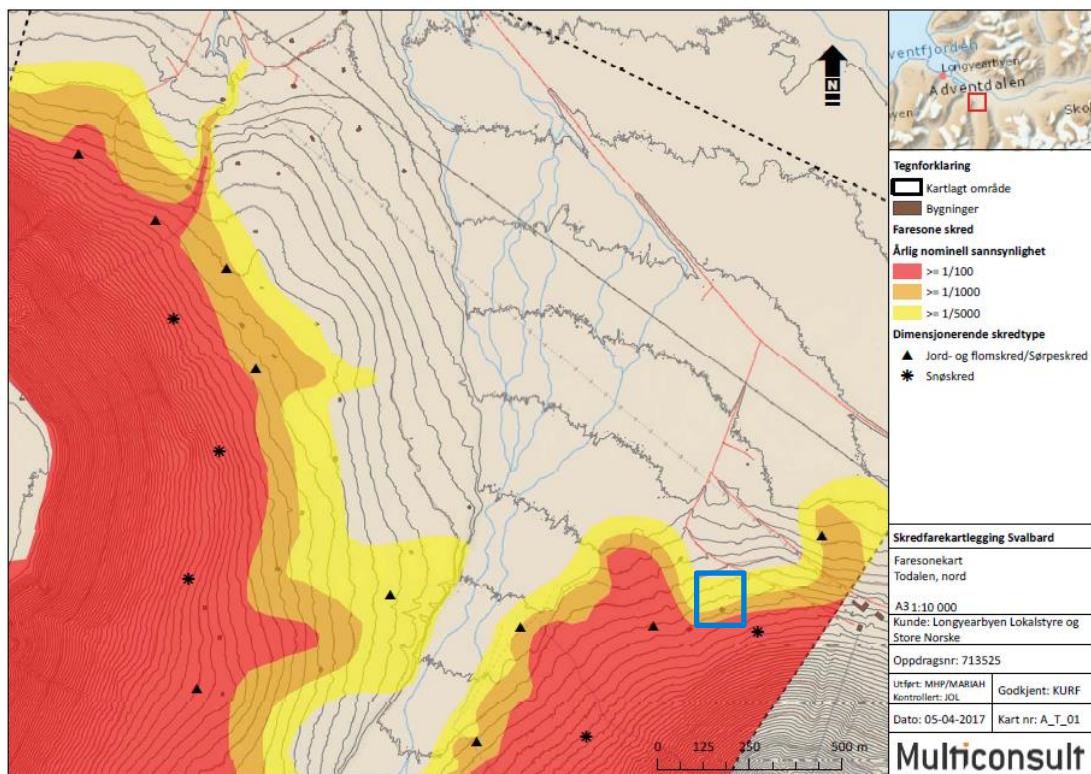
Vi har benyttet følgende grunnlagsmateriale i vår vurdering av skredfare:

- Lovgrunnlag fra Plan- og bygningslovens tekniske forskrift (TEK17) § 7-3, samt veileder til forskriften av Direktorat for byggkvalitet, www.lovdata.no og www.dibk.no.
- Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terren – Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak (www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terren, versjonsdato: 12.11.2020)
- Kartgrunnlag fra Longyearbyen lokalstyre
- Kvartærgеologisk kart fra NGU (Rubensdotter, 2015).
- Topografisk kart, helningskart, berggrunnskart og løsmassekart fra NGU (www.ngu.no).
- Observasjoner fra befaring, inkludert fotografering og videooppptak fra drone.
- Tidligere registrerte skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, snøskred og jord-/flomskred (NVE Atlas, www.atlas.nve.no og NVEs skredhendelsesdatabase).
- Ortofoto og topografiske kart fra Statens Kartverk (www.norgeskart.no).
- Klimadata fra Norsk Klimaservicesenter (2021) og SeNorge (2021)
- Varsom Regobs, snø og skredobservasjoner (NVE, 2021)
- Tidligere utførte vurderinger fra området, beskrevet i kapittel 6.1
- Climate in Svalbard 2100 (I.Hanssen-Bauer, 2019)

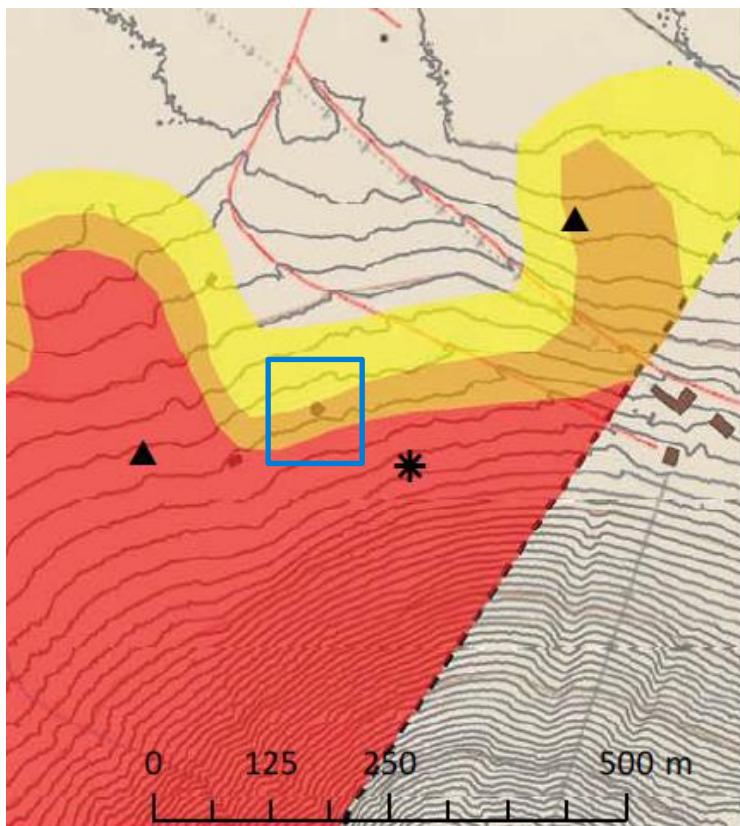
Enkelte grunnlagsmaterialer er beskrevet i større detalj i følgende delkapitler.

6.1 Tidligere utførte vurderinger

Multiconsult har i 2017 utført detaljert skredfarekartlegging i bratt terreng for utvalgte områder på Spitsbergen/ Svalbard (Multiconsult, 2017). Oppdragsgiver var Longyearbyen lokalstyre og Store Norske Spitsbergen Kullkompani AS. Todalen er ett av områdene som er kartlagt i denne skredfarekartleggingen. Det er tegnet faresoner for kartleggingsområdet vist under i Figur 9. Hytten ligger ytterst i faresone 1/1000, og snøskred er angitt som dimensjonerende skredtype for denne faresonen, se Figur 10.



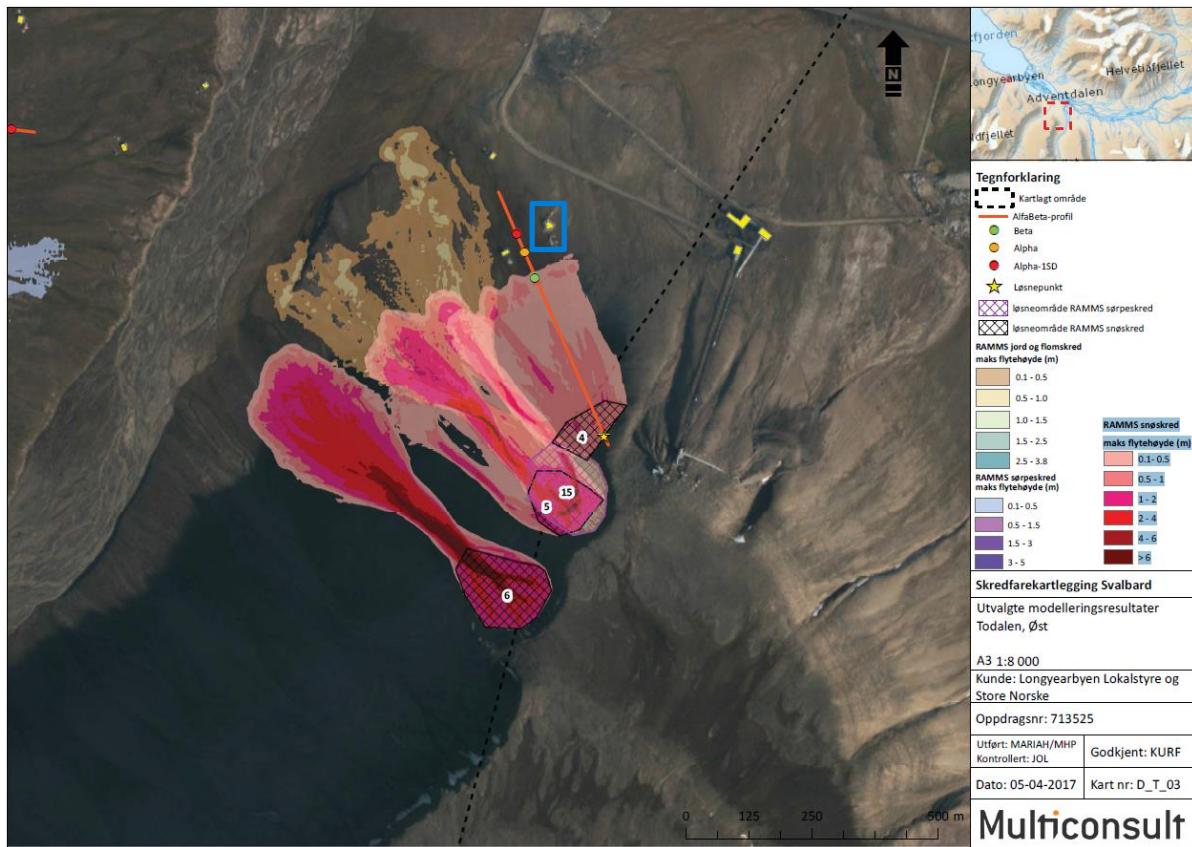
Figur 9: Faresonekart fra tidligere utført skredfarevurdering (Multiconsult, 2017). Hytten som vurderes i denne skredfarevurderingen er vist med blå firkant.



Figur 10: Detalj eksisterende faresonekart (Multiconsult, 2017). Hytten som vurderes i denne skredfarevurderingen er vist med blå firkant.

Argumentasjon for faresonen som berører hytten gjengis her: "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 (ravinene 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." (Multiconsult, 2017). Se under for modelleringsresultater.



Figur 11: Modelleringsresultater (Multiconsult, 2017). Hytten som vurderes i denne skredfarevurderingen er vist med blått.

Alfa-Beta modellen er en statistisk topografisk modell utviklet på 1980-tallet for å estimere maksimum utløpsdistanse for snøskred. Den tar utgangspunkt i over 200 store snøskred som har forekommet i Norge, og utfra analyser av hvor skredet startet og stoppet har man utarbeidet en matematisk formel for å estimere utløpslengden på et skred. Eksisterende vurdering fra Multiconsult (Multiconsult, 2017) trekker 1/1000 faresone etter alfa-beta modellen pluss ett standardavvik for denne skråningen. I samme vurdering er det også gjennomført snøskredmodellering med RAMMS, der utløp stopper i god avstand til hytta.

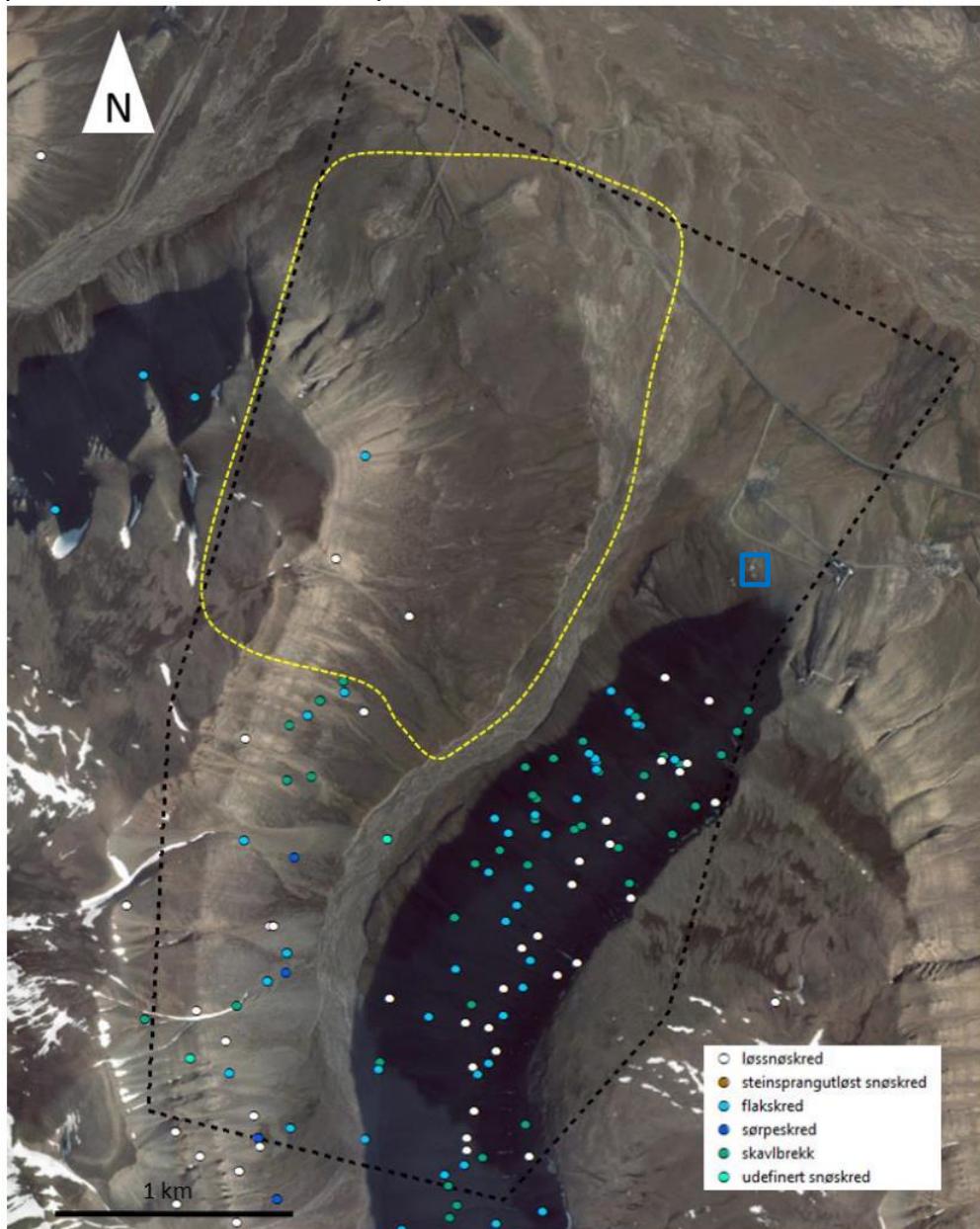
6.2 Digital terrenngmodell (DTM)

For helningskart og modellering er det benyttet kartgrunnlag fra Longyearbyen lokalstyre. Det er generert en 1x1m terrenngmodell i ArcGIS Pro ut fra høydekoter med 1m ekvidistanse.

6.3 Historiske skredhendelser

I Cryoslope-databasen er det registrert skredhendelser mellom 2007 og 2009. Multiconsult har gjengitt disse på kart vist under. Utbredelsen av snørelaterte skred gir en indikasjon på hvilke områder og snøskredprosesser som er aktuelle. Vi ser at skavlbrudd er typisk i overgang platå-klippe og at det har gått to løssnøskred i området. Vest for gjeldene skråning, ellers er det mange

sørpeskred i forsenkninger i terrenget. Det er ikke registrert skred over vurdert hytte i perioden (markert med blå firkant under).



Figur 12: Snørelaterte skredhendelser fra Cryoslope-databasen (Multiconsult, 2017). Den vurderte hytten er vist med blå firkant. Gul stiptet linje henviser til kartleggingsområde for kvartærgеologisk kartlegging som ikke omfatter vurdert område for denne skredfarevurderingen.

6.3.1 Historiske skredhendelser som er registrert i NVE Atlas

I NVE Atlas er ingen skredhendelser registrert innenfor kartleggings- og påvirkningsområdet. Det er flere snøskredhendelser og flomskred registrert under klipper og i raviner lengre inn i Todalen.

6.3.2 Skredhendelser registrert i felt

Det er ikke registrert skredhendelser i felt. Det er tatt bilder gjennom vinteren 2020-21 for å få et grunnlag for å vurdere snøforholdene. Det er også brukt noen eldre bilder. Det er ikke registrert skredhendelser på disse bildene.

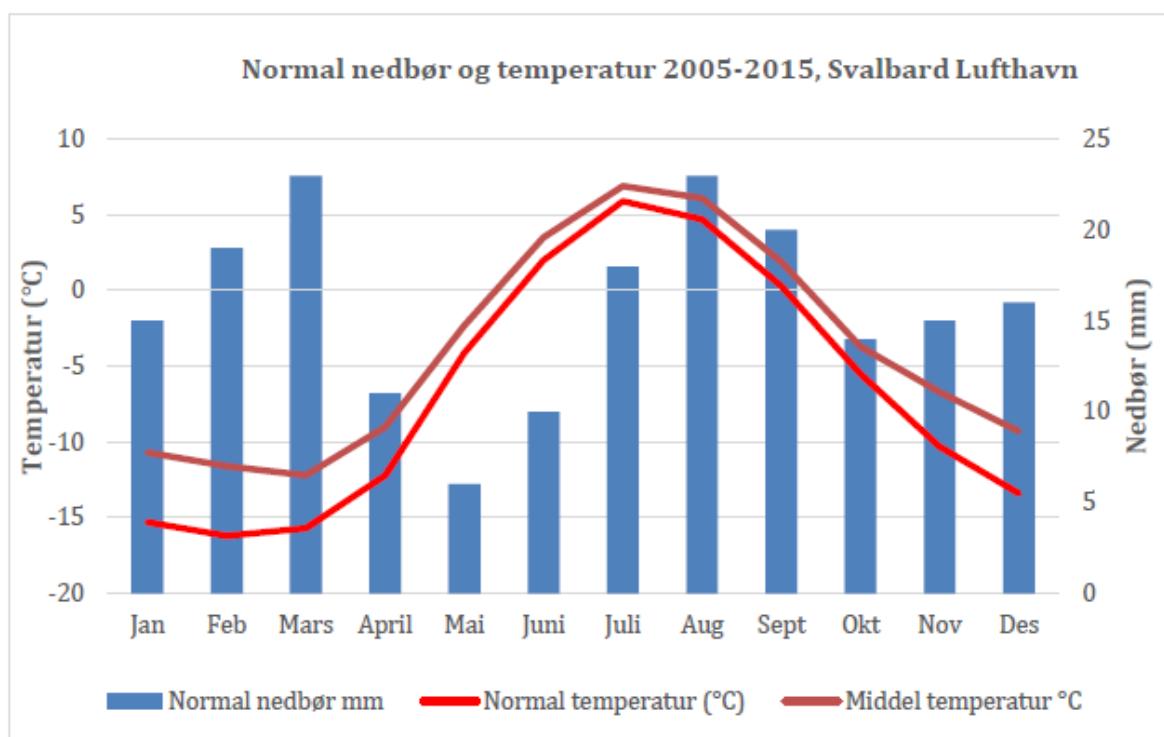
6.4 Sikringstiltak

Det er ingen sikringstiltak i skråningen over hytta.

6.5 Klimatologiske data

6.5.1 Historisk klima

Det er hentet verdier fra Multiconsults klimaanalyse fra 2017. Basert på vinddata fra Adventdalen og gruvefjellet er dominerende vindretning fra sør, med sterkest vind fra sør-øst. Dette fører til at skavler bygges opp på de vestvendte fjelltoppene. Dette er også tilfellet i Todalen og typisk situasjon på Platåfjellet ved Longyearbyen.



Figur 13: Månedsnormaler for nedbør og temperatur ved Svalbard Lufthavn (Multiconsult, 2017).

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 14: Ekstremnedbør (mm) for sesonger med 100 og 1000 års returperiode. Data fra Svalbard Lufthavn (1964-2015) (Multiconsult, 2017).

Svalbard har et tørt og kaldt klima med lite nedbør, noe som gir gode forhold for dannelse av svake lag i snødekket, men med begrensede snømengder generelt. Det er vanlig å benytte tre døgn ekstremnedbør som grunnlag til bruddkanthøyde for simulering av snøskred. 3 døgns vinter nedbør med 1000års returperiode er 62-65mm. Svalbard lufthavn har mindre nedbør enn Longyearbyen og Todalen, i denne vurderingen er det kjørt snøskred simuleringer med 0,7 og 1,5m bruddkant. 0,7m bruddkant brukes fordi 3 døgns vinternedbør med 1000års returperiode er ca. 0,7m. 1,5m bruddkant representerer en situasjon med sjeldnere returperiode.

6.5.2 Fremtidig klima

Svalbard blir svært påvirket av klimaendringer, og temperaturen har økt tre ganger mer enn på fastlandet siden 1900. Climate in Svalbard 2100 – a knowledge base for climate adaptation er en rapport bestilt av Miljødirektoratet og inneholder klimaframskrivninger mot 2100 (I.Hanssen-Bauer, 2019). For middels til høye utslipps-scenarier er de viktigste funnene:

- Årstemperaturen vil øke (ensemble-median ca. 10 °C for høye og 7 °C for middels utslipp)
- Årsnedbøren vil øke (ensemble-median ca. 65 % for høye og 45 % for middels utslipp)
- Hendelser med kraftig nedbør vil forekomme hyppigere og bli mer intense
- Vannføringen i elvene på Svalbard vil øke, men hvor mye vil være svært avhengig av hvor mye nedbør, temperatur og bidrag fra bresmelting øker
- I områder hvor det beregnes reduserte snømengder, forventes mindre snøsmelteflommer
- Økt nedbør, og en økende andel som regn, vil gi flere og større regnflommer og kombinerte snøsmelte-/bresmelte- og regn-flommer
- Snøsesongen vil bli kortere
- Erosjon og sedimenttransport vil øke
- Permafrosten varmes opp over hele Svalbard og de øverste meterne av permafrosten vil tine i kyst- og lavereliggende områder (gjelder scenario for høye utslipp)
- Mange typer snøskred og løsmasseskred vil forekomme hyppigere
- Både massebalanse for breer og breareal forventes å bli betydelig redusert innen 2100

- Økningen i massetap fra isbreer vil gi betydelig økning i bidrag til havsnivåøkning
- På grunn av endringer i gravitasjon og stor landheving vil midlere havsnivå ved Spitsbergen sannsynligvis bli lavere

«Fordi meteorologiske faktorer er viktige utløsningsårsaker til skred, vil klimaendringer føre til økt sannsynlighet for de fleste typer skred i de kommende tiårene.

Ved en økning av ekstreme hendelser med kraftig snøfall eller kraftig regn på snø, kan vi forvente en økning i antallet snøskred, inkludert våtsnøskred og sørpeskred. Mot slutten av århundret, i områder hvor snøsesongen blir kortere og snømengdene reduseres, vil sannsynligheten for tørrsnøskred reduseres. Imidlertid øker sannsynligheten for våtsnøskred og sørpeskred.

Oppvarmingen av permafrost kan spille en rolle i fremtidig utløsning av større fjellskred. Økt temperatur vil mange steder gi flere fryse-tine-syklinger og kan dermed føre til flere steinsprang. Økt dybde av det aktive laget og høyere permafrosttemperatur fører til mer aktive skråningsprosesser og betydelig større ustabilitet i fjellsidene. Sammen med mer nedbør og økt hyppighet av episoder med kraftig nedbør i skrånende terrenget, vil dette øke sannsynligheten for ulike typer løsmasseskred, inkludert kvikkleire-lignende skred i utsatte områder.» (I.Hanssen-Bauer, 2019)

6.6 Skog

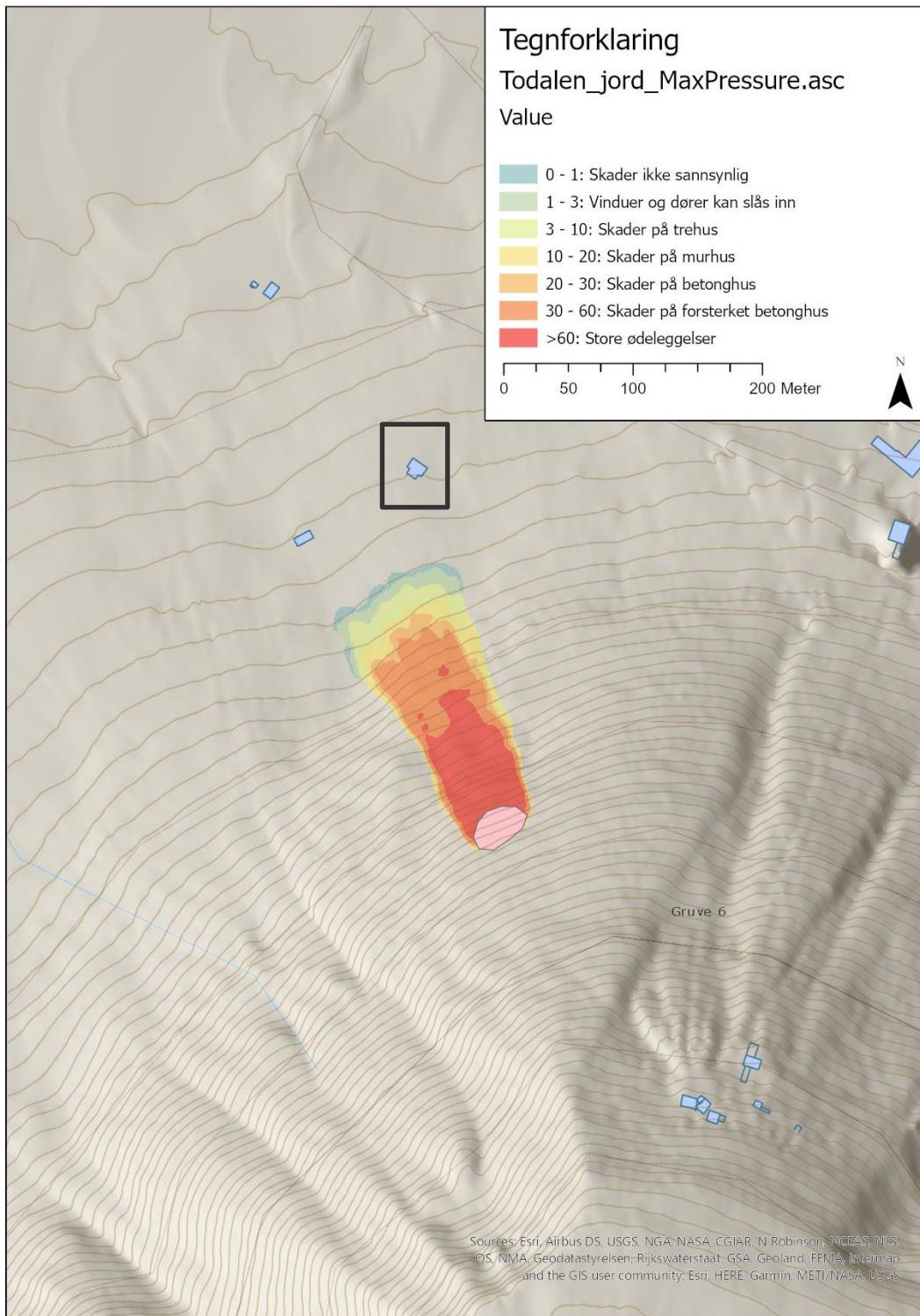
Det er ingen skredrelevant skog i influensområdet.

7. REFERANSER

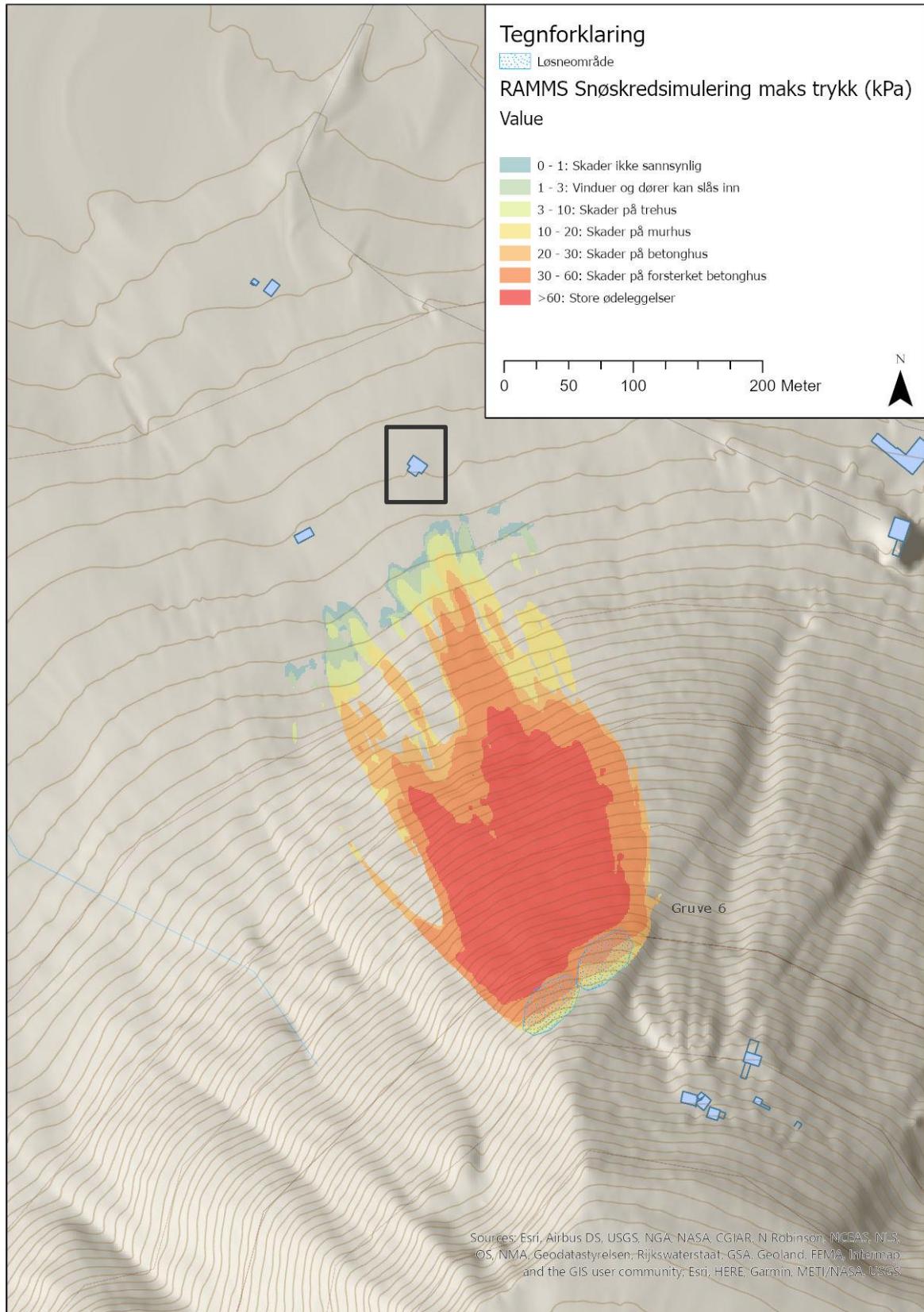
- I.Hanssen-Bauer, E. H. (2019). *Climate in Svalbard 2100 - a knowledge base for climate adaptation.*
- Multiconsult. (2017). *Skredfarekartlegging for Longyearbyen Lokalstyre.*
- NGU. (2021, 08 01). *Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase.* Hentet fra NGU:
http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/
- NGU. (2021, 08 01). *Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase.* Hentet fra
http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
- NIBIO. (2021, 08 09). *Kilden.* Hentet fra <https://kilden.nibio.no/>
- NVE. (2018). *Skredrapport Sukkertoppen, DIMENSJONERENDE SKRED FRA SUKKERTOPPEN OG FARESONER.*
- NVE. (2020). *Veileder - Sikkerhet mot skred i bratt terrenget.* NVE.
- NVE. (2021, 08 06). *NVE Atlas.* Hentet fra <https://atlas.nve.no/>
- NVE, Jernbaneverket og Statens Vegvesen. (2014). *Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentaksintervaller? Manual for å beregne returverdier av nedbør for ulike gjentaksintervaller (for ikke-statistikker).* NVE.
- Rubensdotter. (2015). *Landskapsformer og løsmasser: Todalen, øvre Gangdalen og øvre Bødalen, Svalbard. Kvartærgеological kart 1:25 000.* NGU.
- Sandersen, F., Bakkehøi, S., Hestnes, E., & Lied, K. (1996). *The influence of meteorological factors on the initiation of debris flows, rockfalls, rockslides and rockmass stability.* NGI.

8. VEDLEGG

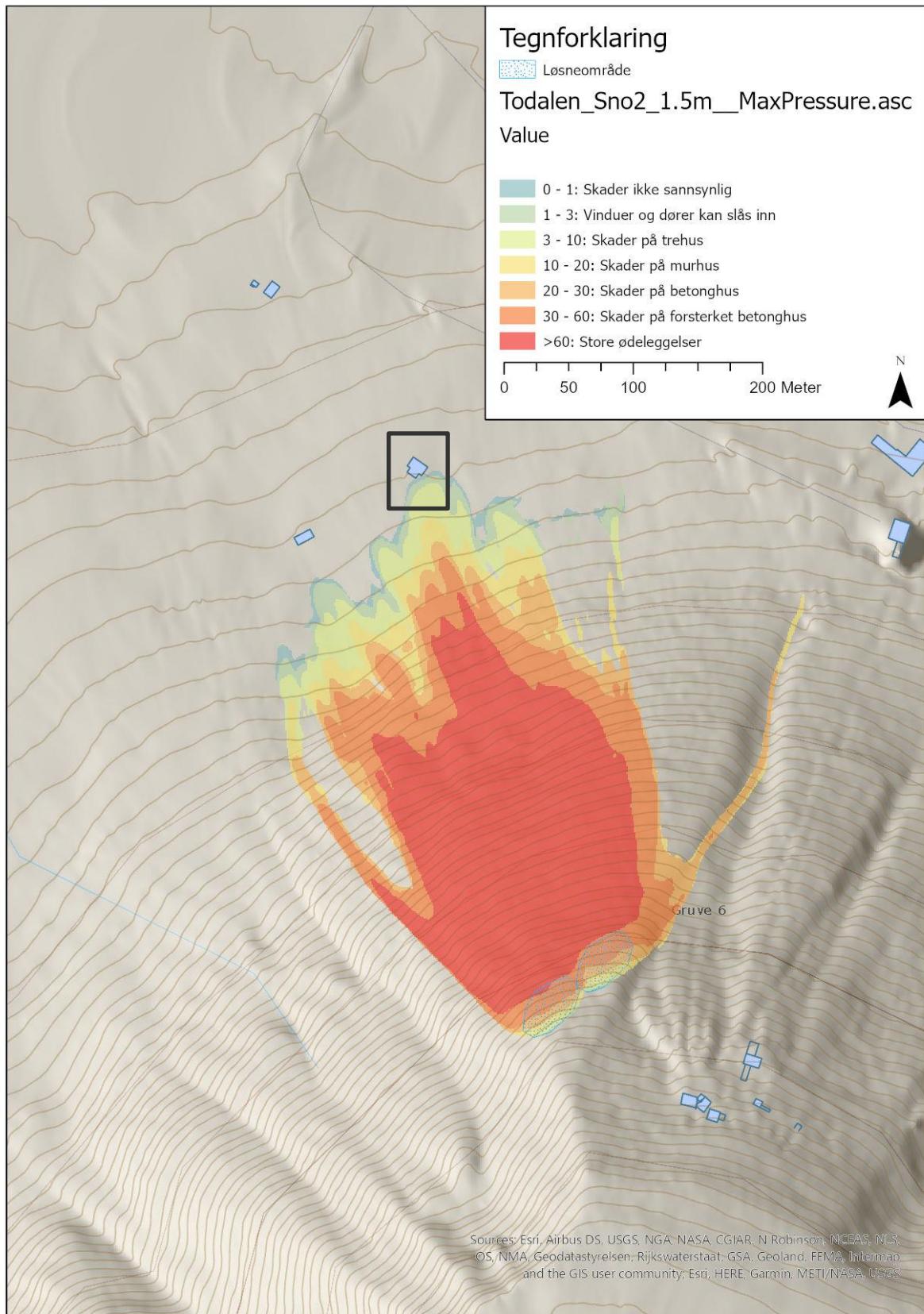
8.1 Vedlegg - Modelleringsresultat



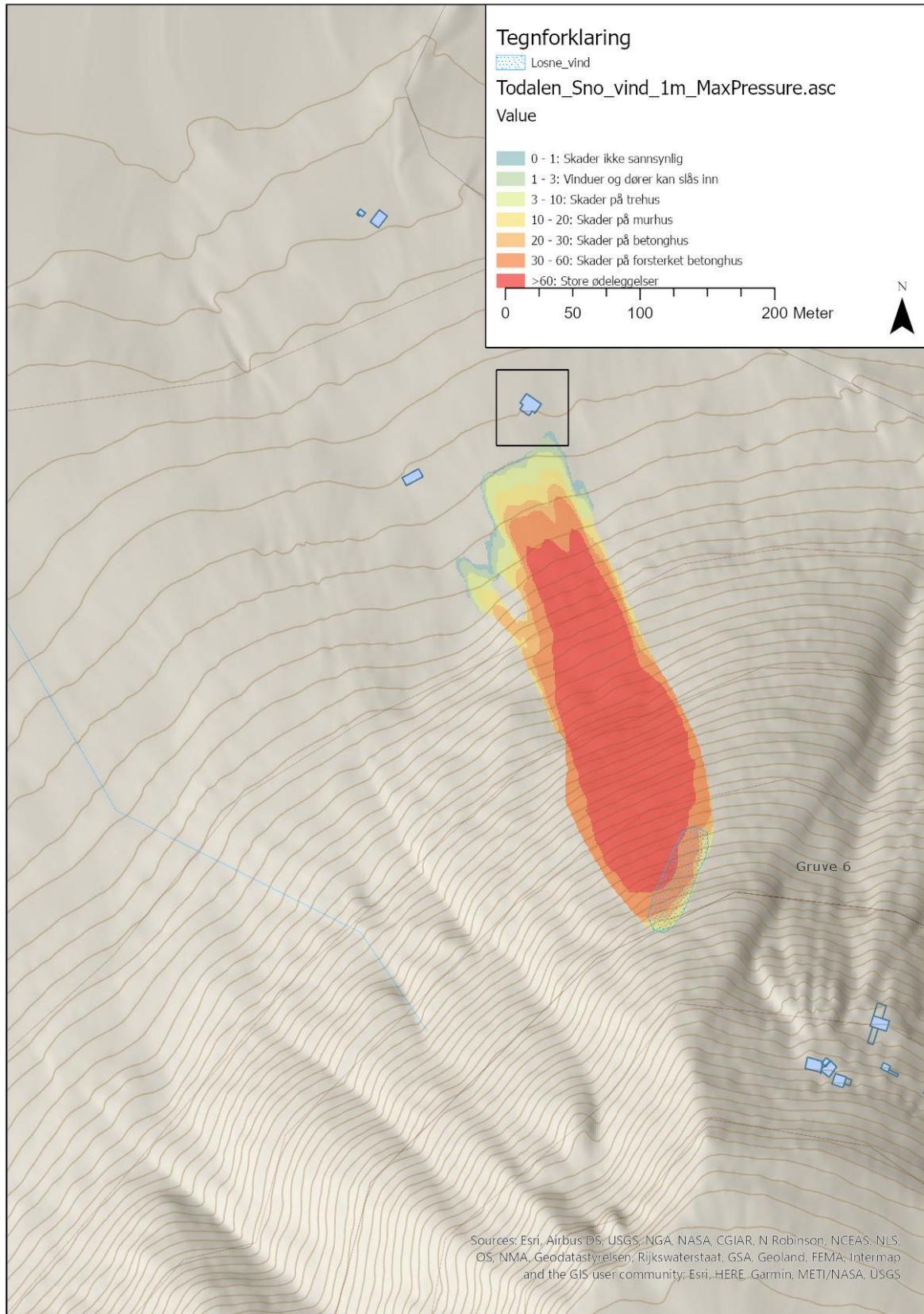
Figur 15: Jordskredsimulering (block release) med 1,5 bruddkant.



Figur 16: Snøskredsimulering med 0,7m bruddkant.



Figur 17: Snøskredsimulering med 1,5m bruddkant.



Figur 18: Snøskredsimulering med parametere brukt i NVE rapport om Sukkertoppen (NVE, 2018), 1m bruddkant. Vinstransportert snø er inkludert.

8.2 Vedlegg - Faresoner

