

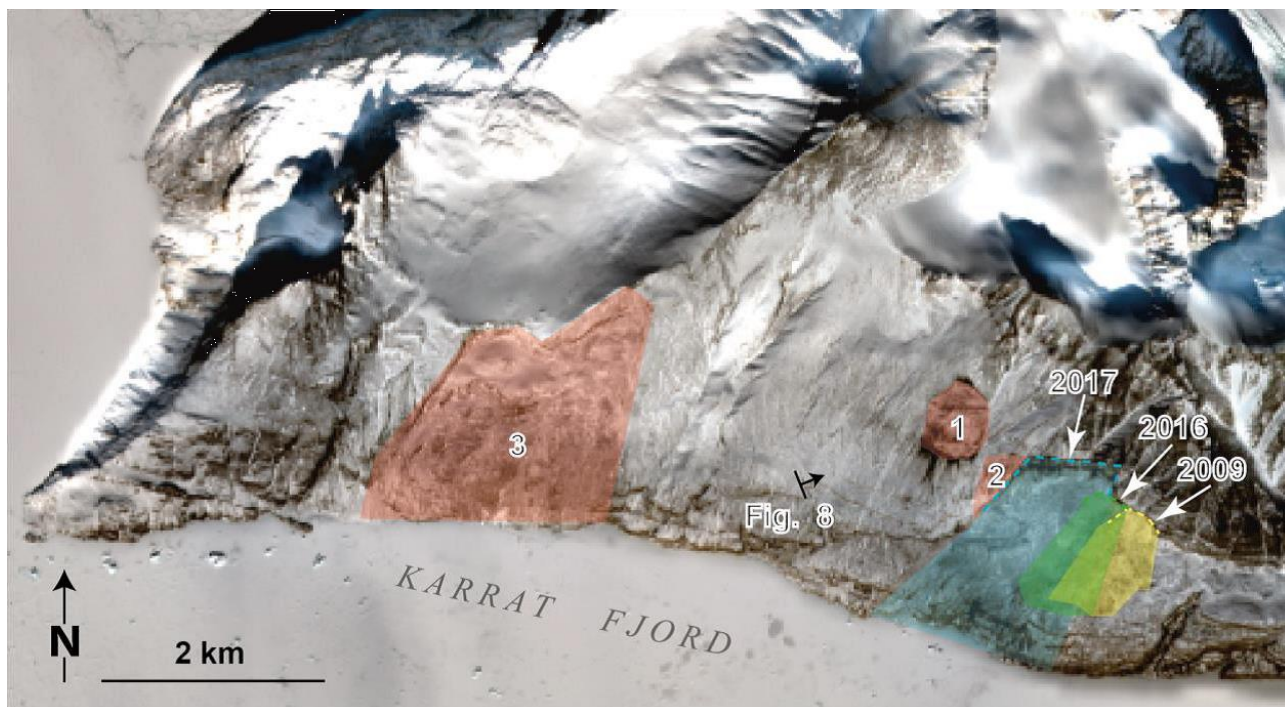
Notat

Til: Beredskabssekretariatet

Fra: Eva Mätzler

Emne: Fjeldskredspotentiale ved Karrat 3 og tilknyttede opskylskort ved Illorsuit

Dato: 04/01/2021



Beliggenhed af Karrat 3 er ca. 4 km vest fra 2017 fjeldskredsområdet (fra GEUS notat, 9. oktober 2020)

Beskrivelse af Karrat 3 (GEUS notat 9. oktober 2020)

Karrat 3 er et område, som har vist tegn på bevægelse gennem mange år. Området er meget stort, ca. 2000 x 1600 meter, og har en veludviklet bagvæg på op til 120 meter og veludviklede frigørelsesflader til begge sider. InSAR data viser, at der er bevægelse over hele området, som strækker sig fra havniveau til fjeldplateauet i 1000 meters højde. Den største bevægelse ses i to områder i den nederste halvdel af ustabiliteten, som dekorrelerer i InSAR, hvilket viser, at bevægelsen sandsynligvis er større end ca. 1 cm om ugen. Det anses for sandsynligt, at det ustabile område fortsætter under havniveau. Området er meget opbrudt med adskillige sprækker og buler og en generelt ujævn overflade. Ustabiliteten ses tydeligt i flyfoto fra 1953, hvilket viser, at området har været aktivt i meget lang tid, muligvis hundreder eller tusinder af år.

Baseret på dimensionerne af ustabiliteten og højden af bagvæggen estimeres volumen over havniveau til at være mindst $380 \times 10^6 \text{ m}^3$, hvilket i sig selv er ti gange så stort som volumen af 17. juni 2017 skredet. Det er ikke muligt at forudsige, om ustabiliteten vil fortsætte sin jævne nedadgående bevægelse, eller om den vil udvikle sig til et fjeldskred. Hvis der sker fjeldskred fra

området, er det ligeledes heller ikke muligt at forudsige, om det vil involvere hele ustabiliteten eller dele af den.

Tsunami modelleringer

Med udgangspunkt i GEUS notat og Karrat 3 beskrivelser er der gennemført tre forskellige tsunami modelleringer, som beskrives nedenfor. Tsunami-modelleringerne inkluderer alle nærliggende beboede steder, og er udført af Prof. Patrick J. Lynett fra University of Southern California. Efter et fjeldskred ved Karrat 3 vil den første tsunamibølge nå Illorsuit på omtrent samme tidspunkt som i 2017, og ca. et minut tidligere de andre steder (se nedenstående tabel). Ankomsttider er det sammen for alle beskrevne modeller nedenunder. For alle modeller følger en animationsvideo med. Det er ikke offentlige videoer, og de kan kun ses med de foreliggende links.

1) Tsunami modellering 1:

Genereret på Karrat 3 med tsunami-egenskaber identiske med 2017-tsunamien

I modellering 1 har man taget 2017-tsunamiens dimensioner og placeret den på det nye skredområde. Dette giver muligheden for at forstå, hvilken indflydelse denne placering har på tsunamien dynamik. Modellen viser, at den nye placering vil føre til en større tsunami, da Karrat 3 er længere mod vest og er i stand til at sende energi mere direkte ud af Karratfjorden. Som det fremgår i nedenstående tabel, er de maksimale opskylshøjder i Nuugaatsiaq og Illorsuit ca. 30% større end i 2017, mens de fleste andre steder ligner 2017. Det maksimale opskyl i Illorsuit sker ca. 35 minutter efter fjeldskredet. En animation af dette scenarie kan ses her:

<https://www.youtube.com/watch?v=hBKUeMSHsG0>

2) Tsunami modellering 2:

Genereret på Karrat 3 med tilpasset bølgelængde og -bredde beregnet fra det nye skred, men med tsunami-amplitude (bølgehøjde) identisk med tsunamien i 2017

Dette scenarie giver mulighed for at estimere effekten af Karrat 3 området med et større rumligt aftryk i forhold til 2017-skredet. Hvis fjeldskredet sker i hele Karrat 3 området som en sammenhængende blok, vil det generere en tsunami med større dimensioner end i 2017. Dette scenarie kan anses som et realistisk potentiale, da vi ved, at jordskred i dette område er i stand til at producere en tsunami med denne amplitude (2017). I dette tilfælde er det maksimale tsunami-opskyl ved Illorsuit næsten 2,5 gange så højt som i 2017. Det maksimale opskyl i Illorsuit vurderes at være ca. 34 minutter efter fjeldskredet, men i dette tilfælde er de største opskylshøjder fordelt jævnt over en længere tidsperiode, som starter allerede med ankomsten af de første bølger. Den store stigning i opskyl hænger sammen med tsunamien's øgede bølgelængde. (Amplitudeforfald er en funktion af [vanddybde / bølgelængde], som er mindre her med større bølgelængde). En animation af dette scenarie kan ses her: <https://www.youtube.com/watch?v=N3a6hvHjNqM>

3) Tsunami modellering 3: worst-case scenario

Tsunami genereret på Karrat 3 med beregnet bølgelængde, -bredde- og -højde taget fra det nye skred

Da det nye skred er ca. 10 gange større i volumen end 2017-skredet, er den nye beregnede tsunamis bølgelængde, bredde og amplitude blevet øget med ca. faktor 2. Dette er worst-case scenario og en ekstrapolering af 2017-tsunami-egenskaberne til Karrat 3 området. Til denne begivenhed er det maksimale tsunami-opskyl i Illorsuit ca. 3 til 3,5 gange større end i 2017, og det betyder et opskyl, der er sammenligneligt med det i Nuugaatsiaq i 2017. Den maksimale opskyl i Illorsuit sker ca. 24 minutter efter fjeldskredet. Ved siden af Nuugaatsiaq og Illorsuit vil det også være potentielt opskyl på 4 m eller mere ved Niaqornat, Qaarsut og Uummanaq. En animation af dette scenarie kan ses her: <https://www.youtube.com/watch?v=8MiY4YYGwTA>

Oversigtstabellen herunder viser ankomsten af første bølge efter skred fra Karrat 3, samt modellerede maksimale opskylshøjder for de enkelte steder:

By / Bygd	Ankomst af første bølge ved skred fra Karrat 3 [minutter efter skred]	2017 fjeldskred opskyl [m over SVN*]	Tsunami modellering 1 [m over SVN*]	Tsunami modellering 2 [m over SVN*]	Tsunami modellering 3 (worst-case) [m over SVN*]
Nuugaatsiaq	7	9,3	13,2	22,5	28,4
Illorsuit	12	2,7	3,5	6,3	8,7
Niaqornat	25	1,1	0,9	1,9	3,8
Qaarsut	26	1,6	1,6	3,3	4,8
Ukkusissat	28	0,3	0,3	0,8	1,6
Uummanaq	31	0,8	1,2	2,9	4,0
Saattut	32	0,2	0,2	0,7	1,3
Ikerasak	42	0,1	0,2	0,5	1,2

*SVN = stillestående vandniveau, hvilket er tidevandsniveau på det tidspunkt tsunamien ankommer

Tabel 1. Oversigtstabellen for fjeldskredscenario ved Karrat 3 med tilknyttede opskylshøjder og ankomsttid af første bølge. De røde tal indikere kritiske opskylshøjder i forhold til infrastruktur og sikkerhed.

Opskylskort fra Illorsuit med visualisering af de enkelte scenarier kan ses i vedlagt pdf *Opskylskort Illorsuit Karrat 3*.

De kritiske (røde) værdier i Tabel 1 indikerer ifølge tsunamimodellen en mulig sikkerhedsrisiko for mennesker og infrastruktur, og understreger behovet for et advarselssystem. I Niaqornat, Qaarsut og Uummanaq vil de største sårbarheder være i og omkring havnene. På disse steder skulle det være muligt at afbøde tsunamirisici med en vis planlægning og advarselssystem. I Illorsuit kan et korrekt opsat advarselssystem give beboerne mellem 5 til 10 minutter til at løbe til højere områder.

Baggrundsinformation om tsunami modelleringerne

Tsunamimodelleringerne er baseret på IBCAO (International Bathymetric Chart of the Arctic Ocean) version 3.1 på 100m rumlig opløsning. Dybdemålinger er blevet indsamlet og kvalitetssikret af forskellige forskningstogter. IBCAO inkluderer også topografiske højdeinformationer i 100m rumlig opløsning, som stammer fra højdemodellen GIMP (Greenland Ice Sheet Mapping Project).

Informationer om et nyt potentielt fjeldskreds beliggenhed, dimensioner og orientering er taget fra GEUS notat fra oktober 2020. Som GEUS anfører, er det på nuværende tidspunkt ikke muligt at forudsige, om hele området eller dele af området ville danne et nyt fjeldskred. For tsunamimodellering har det en stor indflydelse, med hvilken energi et nyt fjeldskred vil ramme vandoverfladen, dvs. hastighed, orientering, volumen og tæthed af et nyt skred er vigtige parametre.

Da ikke alle disse informationer er tilgængelige skal tsunamimodellen fortolkes med en hvis forsigtighed.

En anden usikkerhed er påvirkning af havisen. Ifølge tsunamieksperten findes der ingen tsunamimodel, som tager hensyn til havis. Hans vurdering er, at en frossen fjord vil ha en stor effekt på tsunamien. Dvs. ved fjeldskredområdet ville tilstedeværelsen af havis have minimal effekt, da et fjeldskreds slagkræfter vil være mange gange større end isens modstandskraft. Isens virkning på dannelsen af tsunamien er vanskelig at forudsige: Hvis havisen er stærk nok til at modstå tsunamiens opad- og nedadgående træk uden at gå i stykker, ville tsunamien simpelthen rejse under isen som en trykbølge med meget lidt tab af energi. Men da bølgetoppe kan nå over 10 meters højde må det forventes, at havisen på et tidspunkt vil bryde op når tsunamien passerer. Denne vekselvirkning mellem tsunamien og frisk brudt havis vil højst sandsynligvis have en dæmpende virkning på tsunamien og derved mindske opskylshøjderne.

Perspektivering

Følgende anbefalinger til opfølgende arbejde vil muliggøre mere nøjagtige og mere detaljerede opskylskort:

- Inkludering af højt opløselige bathymetriske informationer fra berørte steder i tsunamimodellen, dvs. fra kyst og op til 1 km offshore.
- Inkludering af en højopløselig og opdateret højdemodel fra fjeldskredsområdet i tsunamimodellen, såsom for eksempel ArcticDEM, eller med droneopmåling.
- Undersøgelse af en tsunamis påvirkning af havisen.
- Mere detaljerede vurderinger af et potentielt fjeldskred ved Karrat 3, såsom volumen, orientering, hastigheden osv.

Med hjælp af disse anbefalinger vil det være mulig at tegne maksimale opskyl mere detaljerede og ikke nødvendigvis vandret over hele bygd som i nuværende kort.

De aktuelle resultater understreger behovet for et overvågnings- og advarselssystem ved Karrat 3. Asiaq kan tilbyde assistance for at undersøge nærmere, hvilke teknologiske muligheder, der kunne være gennemførlige til overvågning og advarsel af potentielle fjeldskred ved Karrat 3. Videre drøfter vi gerne de ovennævnte perspektiver nærmere med jer.