

GEUS Notat om analyse af seismologiske data i det centrale Vestgrønland 2017–2022

Indholdsfortegnelse

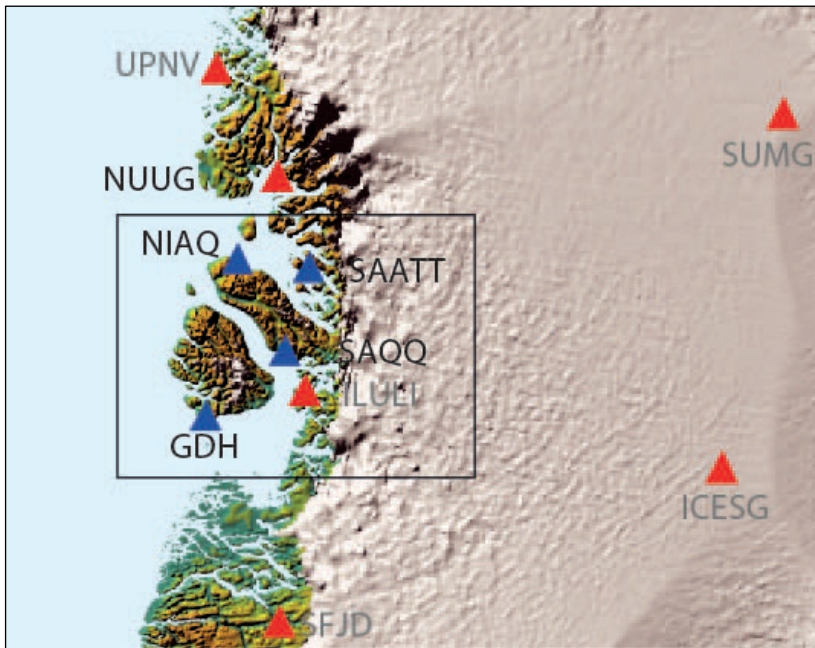
| | |
|--|---|
| Indledning..... | 1 |
| Udvidelse af det seismologiske netværk til registrering af rystelser | 1 |
| Den seismologiske analyse | 3 |
| Udvikling af tsunamivarsling..... | 6 |
| Konklusion | 8 |
| Referencer | 8 |

Indledning

Inden fjeldskredet i Karrat den 17. juni 2017 blev kun tektoniske rystelser, som skyldes jordskælv, rutinemæssigt lokaliseret i den seismologiske tjeneste ved GEUS, men databasen indeholder mange markeringer af andre ikke-tektoniske rystelser, der kan stamme fra aktivitet ved gletsjere som f.eks. gletsjerkælvning eller skred. Som en del af projektet "Screening af risiko for alvorlige fjeldskred i Grønland" i 2017–2018 blev de historisk registrerede seismologiske signaler fra de seismografiske stationer på den centrale del af Grønlands vestkyst undersøgt og lokaliseret. I det efterfølgende projekt "Undersøgelse af risiko for alvorlige fjeldskred i Grønland" i 2019–2022 er de tektoniske og ikke-tektoniske registreringer fra stationerne i området blevet undersøgt, klassificeret og lokaliseret løbende umiddelbart efter de er registreret. For alle stationer er data åbent tilgængelige på GEUS' server umiddelbart efter registrering.

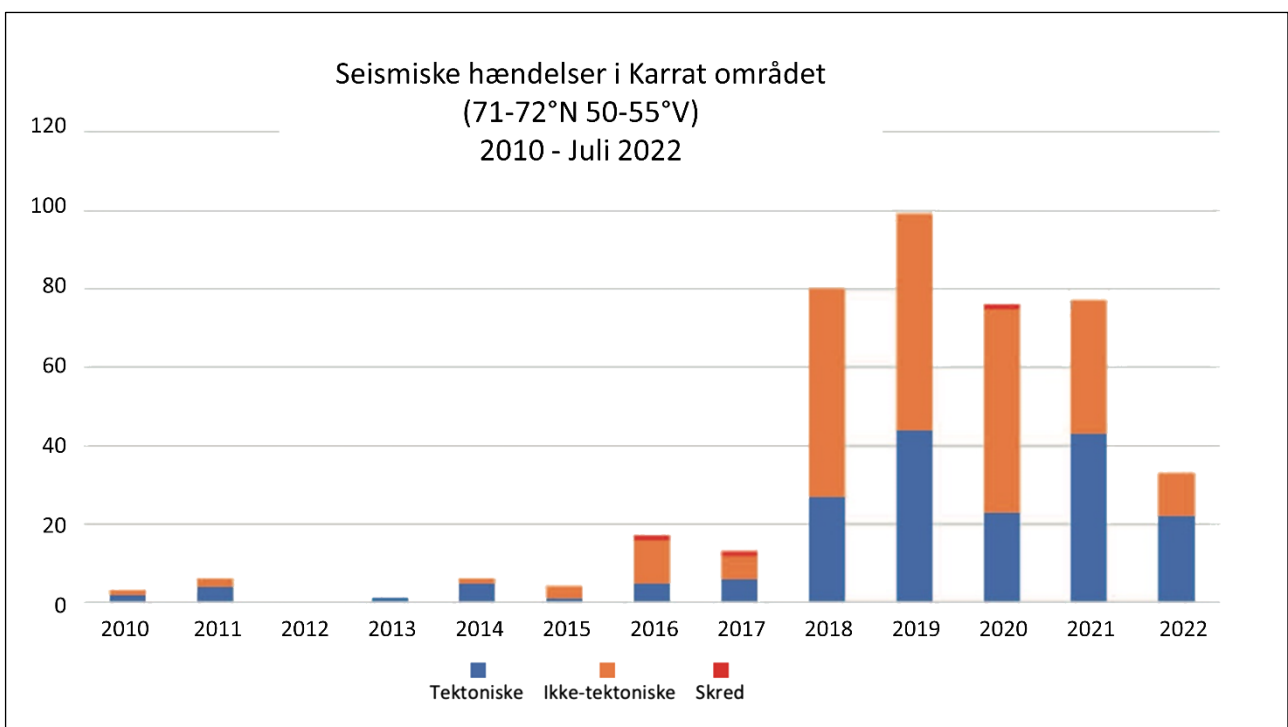
Udvidelse af det seismologiske netværk til registrering af rystelser

I 2017 blev der opsat en ekstra seismografisk station i Uummannaq, og i 2019 blev det seismologiske netværk i det centrale Vestgrønland opgraderet med yderligere tre nye målestationer i Niaqornat, Saqqaq samt Qeqertarsuaq, og stationen i Uummannaq blev samtidigt flyttet til Saattuut. De nye stationer muliggør en bedre lokalisering af rystelser i det centrale Vestgrønland, inklusiv Karrat området, idet de øvrige stationer i netværket ligger langs kysten, og derfor ikke tillader en god lokalisering i øst-vest retning. Figur 1 viser fordelingen af stationerne i området. Ansvar for de tre midlertidige stationer Niaqornat, Saattuut samt Qeqertarsuaq er nu i 2022 overdraget til det grønlandske selvstyre. Stationen i Saqqaq blev ramt af en oversvømmelse medio marts 2021 og er nu nedtaget.



Figur 1: Oversigtskort med fordeling af de seismologiske stationer i det centrale Vestgrønland.

Som det kan ses i Figur 2, bliver langt flere rystelser i området registreret og lokaliseret efter 2017 fjeldskredet, hvor opmærksomheden på selv meget små rystelser i området blev skærpet, og efter de nye målestationer kom i drift 2019 blev lokaliseringen også forbedret.



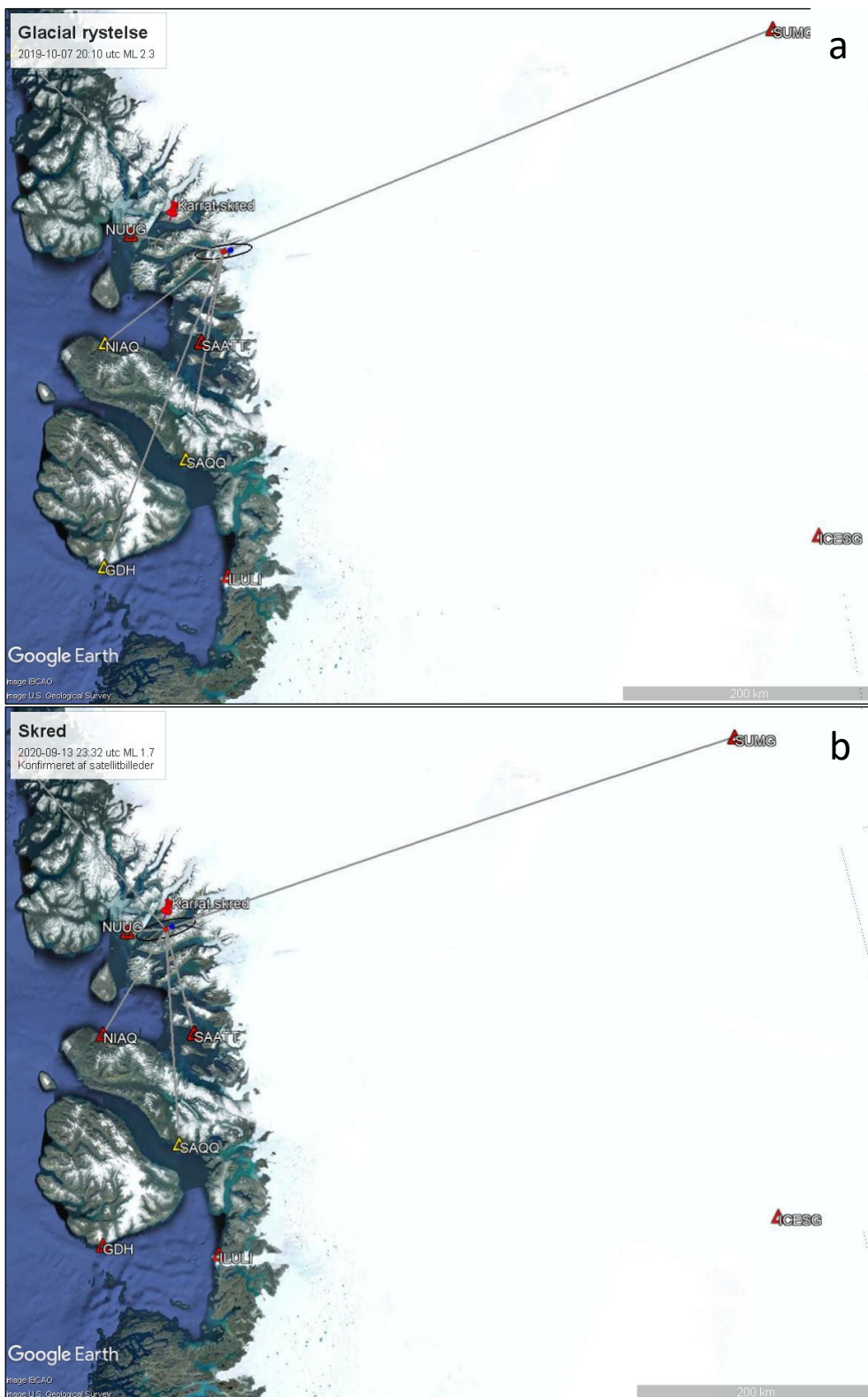
Figur 2: Histogram med antal tektoniske, ikke-tektoniske og konfirmerede skredhændelser. Skredhændelserne skete 2016-11-15, 2017-07-17 og 2020-09-13.

Den seismologiske analyse

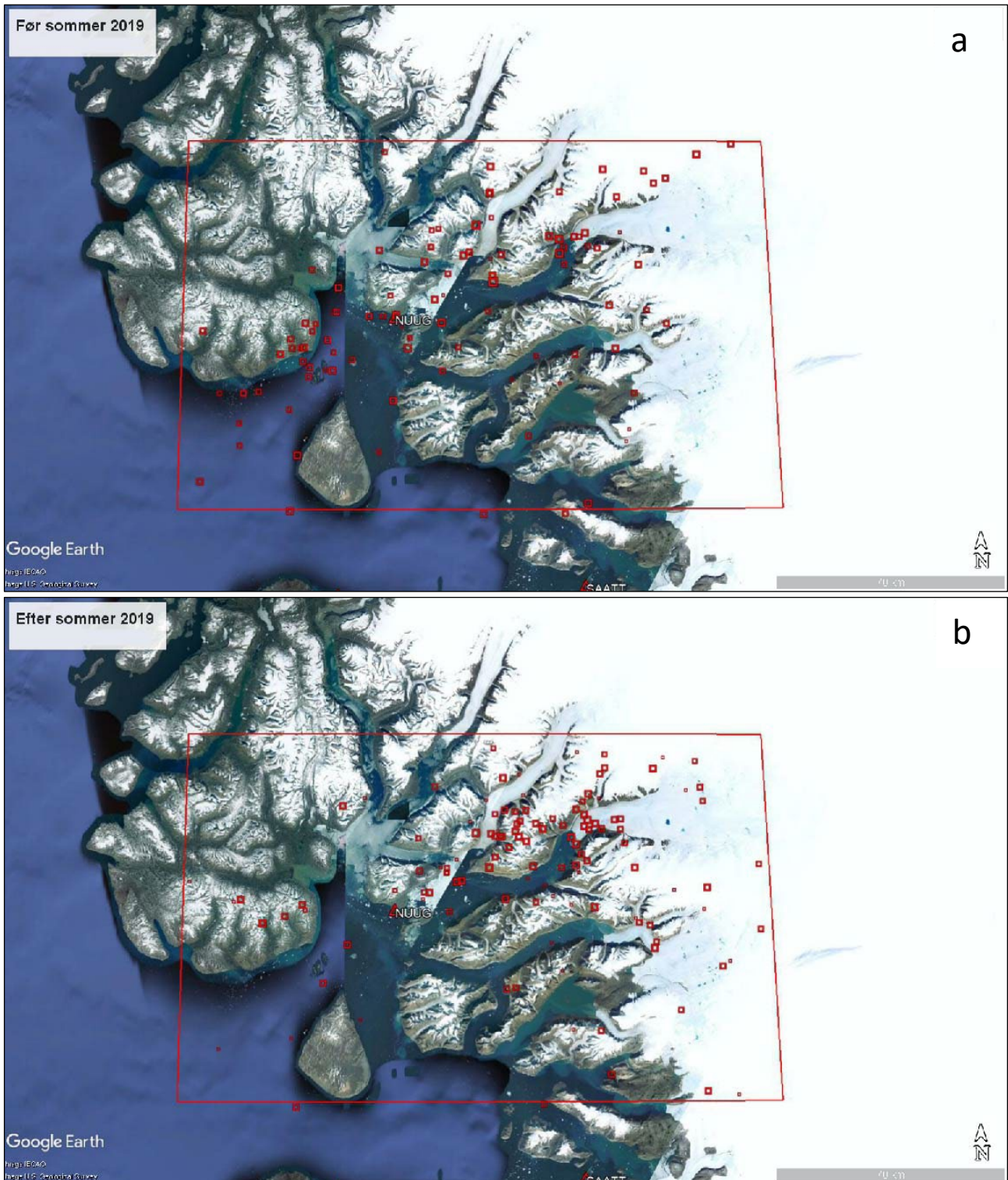
I perioden efter de seneste stationer kom i drift medio august 2019, er der registreret 215 rystelser (Figur 2) i Karrat området, hvilket her er afgrænset af følgende bredde og længdegrader: 71-72N/50-55W. Af disse er 117 (58 %) klassificeret som ikke-tektoniske hændelser, og heraf en som en skredhændelse (2020-09-13 kl. 23:32 utc). De øvrige 42 % er klassificeret som tektoniske jordskælv.

Med de nye målestationer er det blevet lettere at bestemme, hvor rystelserne er lokaliseret. Figur 3 viser to eksempler på lokalisering af rystelser, hvor usikkerhedsellipserne er relativt små og klart muliggør at bestemme, om en hændelse er tæt ved et af de store gletsjerudløb. Figur 4 viser lokalisering af ikke-tektoniske hændelser før og efter opsætningen af de nye regionale seismologiske stationer. Det fremgår, at de samler sig bedre ved de store gletsjerudløb, og det er vurderingen, at det især skyldes de bedre muligheder for lokalisering.

Tidspunktet for en seismologisk hændelse, der mistænkes for at kunne være en skredhændelse, undersøges rutinemæssigt for eventuelle bevægelser ved inspektion af satellitbilleder i det samme område. Ved kombinationen af seismologi (som bestemmer tidspunktet meget nøjagtigt, men ikke positionen) og satellitbilleder (som bestemmer positionen meget nøjagtigt, men ikke tidspunktet) øges muligheden for at afklare, om en seismologisk hændelse reelt er et skred. Det fungerer også den anden vej, hvor en observeret bevægelse på en fjeldside udløser, at det undersøges, om det har skabt en rystelse. Et eksempel på dette er Assapaat skreddet på Vaigat kysten, som blev observeret visuelt og på satellitbilleder, men som ikke udløste rystelser, der kunne registreres regionalt, og ej heller lokalt. Et Geocenter-projekt mellem GEUS og KU havde geofoner opsat tæt ved skreddet. Dette studie er beskrevet i Svennevig et al., 2022.



Figur 3: Eksempler på a) glacial rystelse (7/10-2019 kl. 20:10 utc) og b) skred (13/9-2020 kl. 23:32 utc; set på satellitbilleder). De nye stationer SAATT, NIAQ, SAQQ og GDH muliggør en lokalisering, der hjælper med at bestemme typen af rystelse. Usikkerheden for lokaliseringen er markeret med en ellipse. Trekkanterne er målestationer. De grå streger er fra rystelsen ud til de målestationer, der har registreret rystelsen.



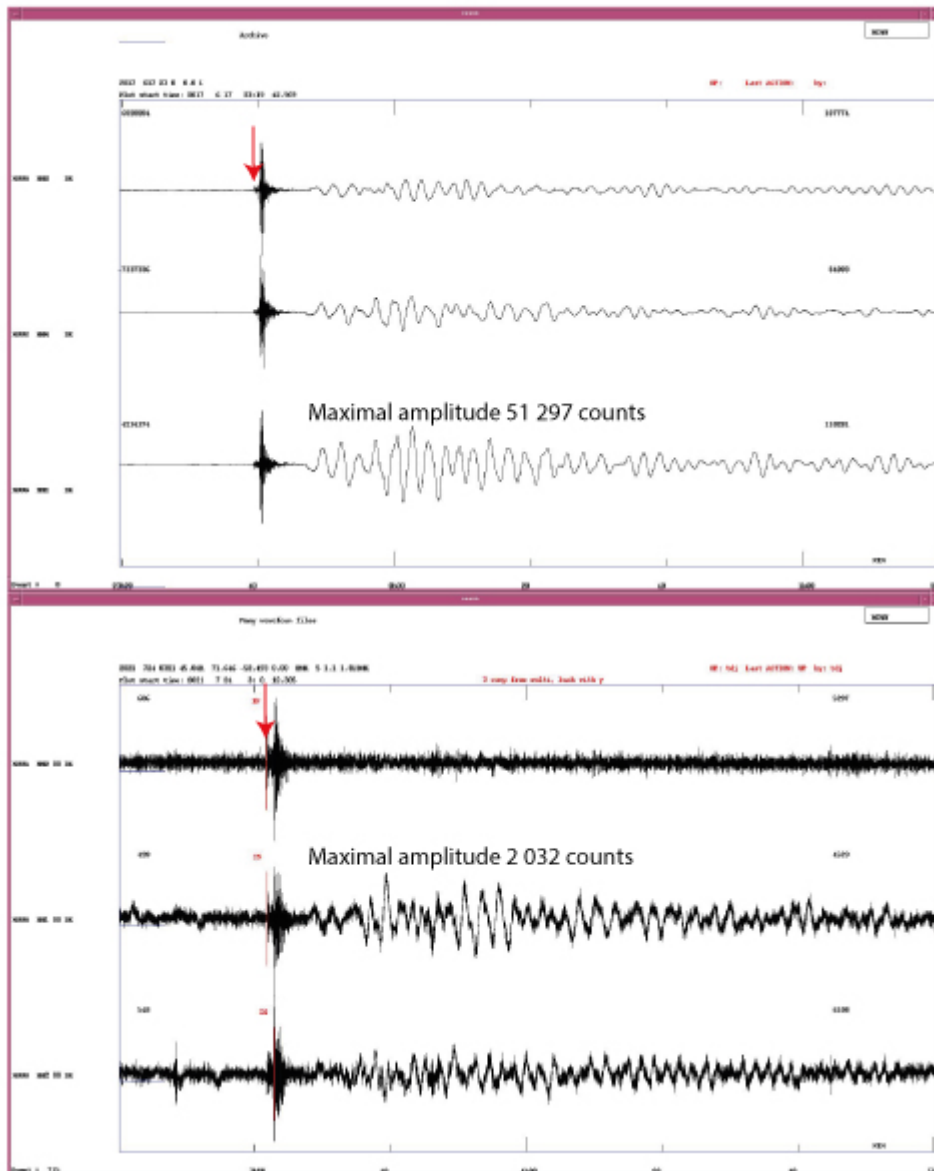
Figur 4: Ikke-tektoniske hændelser a) før opsætning af nye regionale stationer og b) efter opsætningen. I a) spredte de ikke-tektoniske hændelser sig bredt, idet usikkerheden på lokaliseringen er stor. I b) er langt flere hændelser lokaliseret ved de store gletsjerudløb.

Udvikling af tsunamivarsling

Både fjeldskredet og tsunamien den 17. juni 2017 blev registreret på den seismografiske station i Nuugaatsiaq (Figur 5a). Fjeldskredet skabte jordrustelser svarende til et jordskælv på ca. M 4 (sammenligneligt med Richterskalaen). Da tsunamibølgerne efterfølgende ramte Nuugaatsiaq, blev der registreret en serie tydelige, langsomme svingninger, formentligt forårsaget af trykændringer ud for kysten, som fik seismometeret til at tilte.

Det vurderes, at et seismologisk system til automatisk detektion af tsunamibølgen sandsynligvis vil kunne udvikles, da tsunamisignalet på flere måder afviger fra andre seismologiske signaler. Denne metode er anbefalet af og diskuteret med vores seismologiske kollegaer ved ETH i Schweiz. Sammenlignet med internationale tsunamivarslingssystemer er der dog meget begrænsede data til at øve systemet med i Grønland, hvorfor det sandsynligvis vil tage flere år, før der er udviklet et system, som kan fungere med en høj grad af sikkerhed. F.eks. er det seismologiske signal fra tsunamien fra 2017 kun kendt fra stationen i Nuugaatsiaq, og denne station er derfor vigtig i udviklingen af et system for dette område. For andre områder i Grønland, hvor der ikke findes seismologiske målinger af en tsunami, kræves yderligere arbejde for at kunne detektere en tsunami. En forudsætning for et eventuelt kommende varslingsystem er, at data fra de seismologiske stationer i Nuugaatsiaq og på Karrat er til rådighed i real tid og af god kvalitet. Det kan ske ved at der etableres et system for kvalitetskontrol af data og datatransmission.

Som eksempel på den analyse, som er nødvendig for at skelne et tsunamisignal fra andre seismologiske signaler, er der i Figur 5 vist en hændelse der skete i Karrat området 2021-07-24 kl. 03:21 utc. Signalet fra denne hændelse (Figur 5b) er meget lig signalet fra fjeldskredet 17. juni 2017, dog med en mindre amplitude. Vi har undersøgt i satellitdata om der har været en samtidig skredhændelse, men det har der ikke været. Vi vurderer, at ved en løbende monitoring af data kunne dette signal have udløst en trigger om en tsunami, uden der havde været reel fare. Dette viser, at udviklingen af et system til automatisk detektion ikke er trivielt, og at dette arbejde sandsynligvis vil tage flere år, fordi der er begrænset data at øve systemet med.



Figur 5: Data fra stationen i Nuugatsiaq fra a) fjeldskredet og tsunamien 2017-06-17 og b) en senere hændelse 2021-07-24. Der er to timers data i begge plot, men skala på y-aksen (amplituden) er forskellig. Det seismologiske signal fra hhv. fjeldskredet i 2017 og den senere hændelse i 2021 er markeret med røde pile. Efterfølgende ses i begge plot langsommere svingninger, som på a) er tolket til at stamme fra tsunamien. De langsomme svingninger på b) må derfor antages at stamme fra noget der har sat vandet i fjordsystemet i bevægelse (en seiche), omend med betydeligt lavere bølgehøjde end tsunamien fra 2017. Den maximale amplitude af tsunamisignalet fra 2017 er (i arbitrære enheder) 51297 counts, mens det for den senere hændelse i 2021 er 2032 counts, svarende til 4% af 2017 skredet.

Konklusion

Analyse af seismologiske signaler har bekræftet, at der i det centrale Vestgrønland registreres en mængde ikke-tektoniske rystelser, som vurderes for en stor dels vedkommende at stamme fra aktivitet ved gletsjere, f.eks. gletsjerkælvning, eller skred. Siden august 2019 er 117 (58 %) af rystelser lokaliseret i Karrat-området klassificeret som ikke-tektoniske hændelser, og heraf er én efterfølgende klassificeret, som en skredhændelse (2020-09-13 kl. 23:32 utc).

Med en begrænset udvidelse af det seismologiske netværk er muligheden for at lokalisere disse rystelser øget betydeligt.

Der findes pt. ikke analysesoftware, der kan skelne automatisk mellem seismologiske signaler fra tektoniske og ikke-tektoniske rystelser, og heller ikke mellem forskellige ikke-tektoniske hændelser som gletsjerkælvning og skred.

Det vurderes derimod, at et system til automatisk detektion af en tsunamibølges seismologiske signal sandsynligvis vil kunne udvikles, men at det vil tage flere år, før der er udviklet et system, som kan fungere med en høj grad af sikkerhed med et acceptabelt antal falske alarmer.

Referencer

Svennevig, K., Hermanns, R. L., Keiding, M., Binder, D., Citterio, M., Dahl-Jensen, T., Mertl, S., Sørensen, E. V., Voss, P. H. 2022. A large frozen debris avalanche entraining warming permafrost ground- the June 2021 Assapaat landslide, West Greenland. Landslides. <https://doi.org/10.1007/s10346-022-01922-7>.