



Overvåking av Joasetbergi

Dokumentasjon av instrumenteringen på det ustabile fjellparti Joasetbergi i Aurland kommune

48
2018



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 48-2018

Overvåking av Joasetbergi

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Lene Kristensen, Tore Bergeng

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: Lene Kristensen / NVE

ISBN 978-82-410-1701-8

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Joasetbergi ved Stampa, Aurland kommune ble klassifisert som et høyrisiko fjellskredobjekt i 2016. I sommeren og høsten 2017 ble fjellpartiet instrumentert for permanent overvåking av bevegelser. Denne rapporten beskriver Joasetbergi, overvåkningsløsningen, instrumentlokasjoner og varslingsrutiner.

Emneord: Joasetbergi, Fjellskred, Overvåking, Instrumentering, Stampa

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
1 Innledning og bakgrunn.....	4
2 Stampa og Joasetbergi	4
2.1 Lokalitet	4
2.2 Geologi	5
2.3 Beskrivelse av Joasetbergi	5
3 Bevegelser og scenario	7
3.1 Bevegelser.....	7
3.2 Scenario	8
4 Sannsynlighet og risikoklassifisering	9
4.1 Risikoklassifisering.....	9
4.2 Konsekvenser	10
5 Instrumentering av Joasetbergi	10
5.1 Forberedelse til instrumenteringen.....	11
5.2 Strømforsyning	11
5.3 Instrumenter for måling av bevegelse	11
5.3.1 Strekkstag	11
5.3.2 Wire ekstensometer	12
5.3.3 Totalstasjon robot	13
5.4 Værstasjon	14
5.5 Dataoverførsel	14
5.6 Måling av bevegelse med InSAR radar	14
5.6.1 Bakkebasert radar.....	14
5.6.2 InSAR satellittreflektorer	15
5.7 Instrumentplassering.....	15
5.8 Foreløpige måleresultater	16
6 Farenivå og varslings.....	17
7 Oppsummering	18
8 Etterord.....	19
9 Referanser.....	19

Forord

NVE har ansvar for overvåking av fjellparti som kan gi fjellskred med store konsekvenser. Gjennom den statlige kartleggingen av fare for store fjellskred ble det ustabile fjellpartiet Joasetbergi i Aurland kommune klassifisert som et høyrisiko fjellskredobjekt. I 2017 startet NVE startet arbeidet med etablering av operativ overvåking. Arbeidet er nå ferdigstilt. Rapporten presenterer bakgrunnen for overvåkingen, overvåkningsløsningen og varslingsrutiner og danner grunnlaget for en trygg framtid i de fjellskredutsatte områdene.

Oslo, mars 2018



Anne Britt Leifseth
Direktør



Lars Harald Blikra
seksjonssjef

Sammendrag

I 2016 ble det ustabile fjellpartiet Joasetbergi, Aurland, Sogn og Fjordane klassifisert som et høyrisiko fjellskredobjekt etter flere års kartlegging av Norges geologiske undersøkelse (NGU). NVE er ansvarlig for overvåking av høyrisikoobjekter i Norge og overtok etter klassifiseringen ansvaret for oppfølging av Joasetbergi. Befaringer og planlegging av instrumentering i fjellpartiet begynte umiddelbart. Konsekvensene av et skred er utredet gjennom en tsunamimodellering utført av NGI, og en ROS-analyse gjennomført av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. I løpet av sommeren og høsten 2017 ble strømtilførsel og instrumentering montert i fjellet og dataoverførsel kom på plass. Fjellpartiet er nå overvåket 24/7 med kontinuerlig dataoverførsel på internett og GSM. Overvåkingen består av flere strekkstag, et wireekstensometer; en totalstasjon som automatisk måler mot et antall prismar og en værstasjon. I tillegg måles det med en bakkebasert InSAR radar fra dalen, og mot reflektorer fra satellitt. NVE er ansvarlig for varsling til kommune, fylkesmann og politi ved økt farenivå. Farenivå og bevegelser rapporteres ukentlig online på:

www.nve.no/flaum-og-skred/fjellskredovervaking/vekesrapporter-for-overvaka-objekt/

Denne rapporten beskriver Joasetbergi, overvåkningsløsningen, instrumentlokasjoner og varslingsrutiner.

1 Innledning og bakgrunn

Joasetbergi er en liten del av det ustabile fjellpartiet Stampa (Aurland Kommune), som har vært kartlagt siden 2005. Det er i samme periode periodisk målt bevegelse i en rekke punkter på fjellet med GPS (NGU rapport 2011.025; NGU fjellskredatabase). Fra 2011 er det også målt med bakkebasert radar (NVE rapport nr 84-2016). Stampa betegner et stort ustabil fjellparti på flere hundre millioner m³, mens Joasetbergi utgjør en liten del av dette, med et volum på 280.000 m³. I mesteparten av Stampa er det målt årlig bevegelse på 1,5 – 2 mm/år, mens bevegelsen er opp mot 1 cm/år for Joasetbergi (NGU fjellskredatabase).

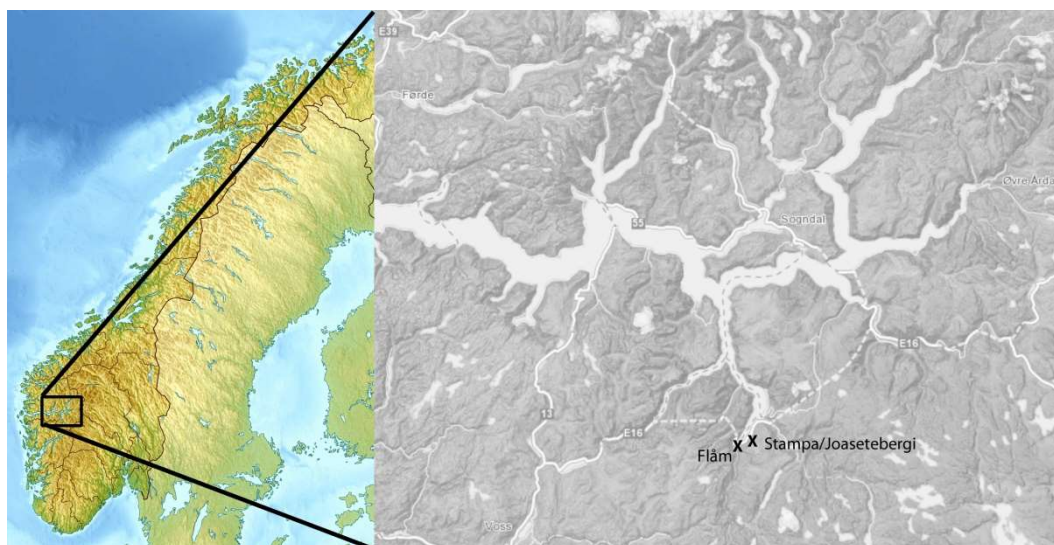
I 2016 ble Joasetbergi klassifisert som et høyrisikoobjekt på bakgrunn av den geologiske kartleggingen, med strukturer og bevegelser i fjellpartiet, samt store konsekvenser (tsunami) i tilfelle av skred (NVE rapport 77, 2016). Den årlige sannsynlighet for skred fra Joasetbergi er vurdert til litt større enn 1/1000. Det ligger ingen hus i skredbanen og utløpsområdet, men konsekvensklassen er høy på grunn av muligheten for at skredet kan danne flodbølge/tsunami i Aurlandsfjorden. Et skred vil også krysse E16.

Fjellskred, som er klassifisert som høyrisikoobjekt (ved både å ha høy sannsynlighet og stor konsekvens), blir overvåket kontinuerlig av NVE. NVE varsler kommune, politi og fylkesmann ved økt fare for fjellskred, og politiet vedtar om evakuering. Overvåkingen tar utgangspunkt i å redde liv og helse til folk i faresonen. I denne rapporten beskrives objektet, valg av overvåkingsteknologi, dataoverførsel og foreløpige målinger av bevegelse. Dessuten beskrives NVEs bruk av farenivå og varslingsrutiner.

2 Stampa og Joasetbergi

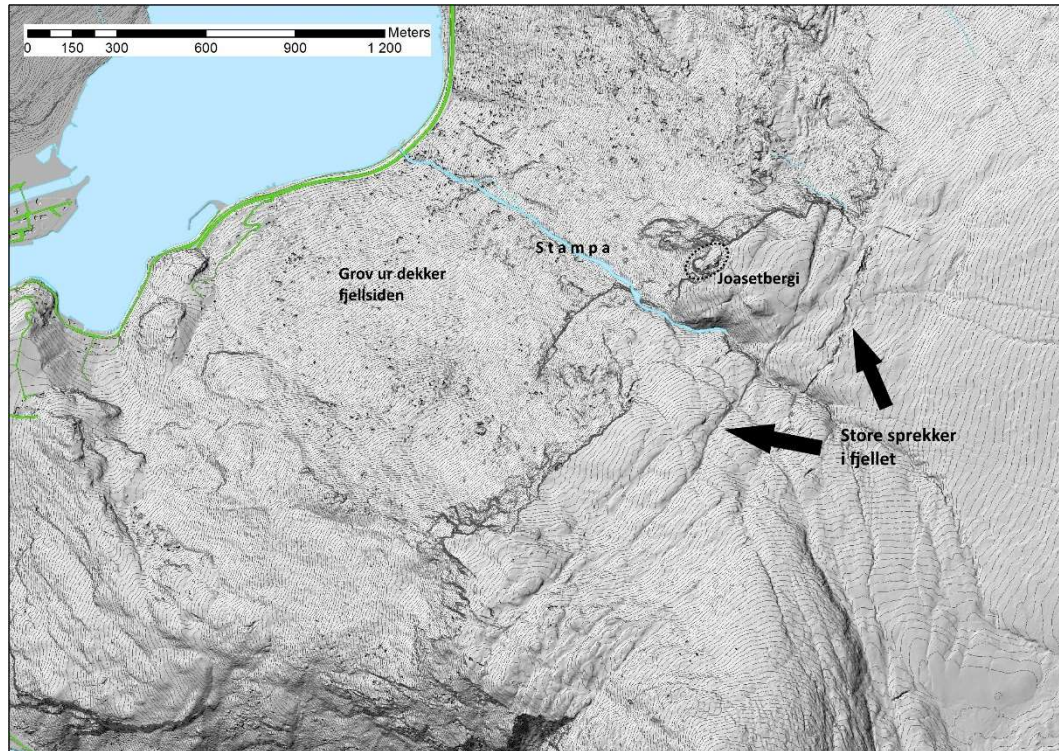
2.1 Lokaltet

Det store ustabile fjellpartiet Stampa ligger innerst i Sognefjorden, på østsiden over Aurlandsfjorden, 1-2 km utenfor Flåm, Aurland kommune i Sogn og Fjordane. Joasetbergi utgjør bare en liten del av Stampa.



Figur 1 Flåm og Joasetbergi i Aurlandsfjorden, indre Sognefjorden.

Navnet Stampa kommer fra elven Stampa, som renner ned mellom fjellene Liahovden og Tvenningaberget, og det ustabile fjellpartiet ligger på begge sider av elven. Det ustabile fjellpartiet er dannet i et svakt skrånende platå i 850 – 1.000 m høyde, som er gjennomskåret av store dalparallelle sprekker, som avslører tidligere bevegelser i fjellpartiet (Figur 2).



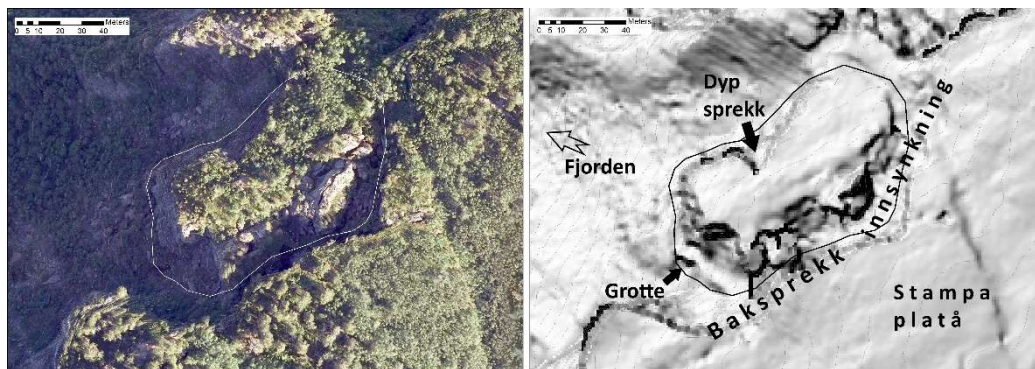
Figur 2 Oversikt over fjellpartiet stampa, der en ser sprekker i platået og en grov ur som dekker fjellsiden mot fjorden.

2.2 Geologi

Fjellet i området består av sterkt foldet fyllitt, som er et skyvedekke flyttet inn over grunnfjellet under dannelse av den kaledonske fjellkjede. Foliasjonen (lagdelingen) faller generelt svakt mot vest, og er ikke bratt nok til i seg selv til å danne glideplan for fjellskredet. Fallretningen for foliasjonen (vest og nordvest) er dessuten i en vinkel til skråningen (NVE rapport 30, 2013), slik at bevegelsen må finne sted i andre svakhetssoner (NGU fjellskreddatabase). Over tid vil sakte bevegelse danne glideplan som utvikles bedre og bedre jo mer bevegelse finner sted. En mer detaljert beskrivelse av geologien og tidligere undersøkelser er gitt av Böhme m.fl. (2013) og NVE rapport 30, 2013.

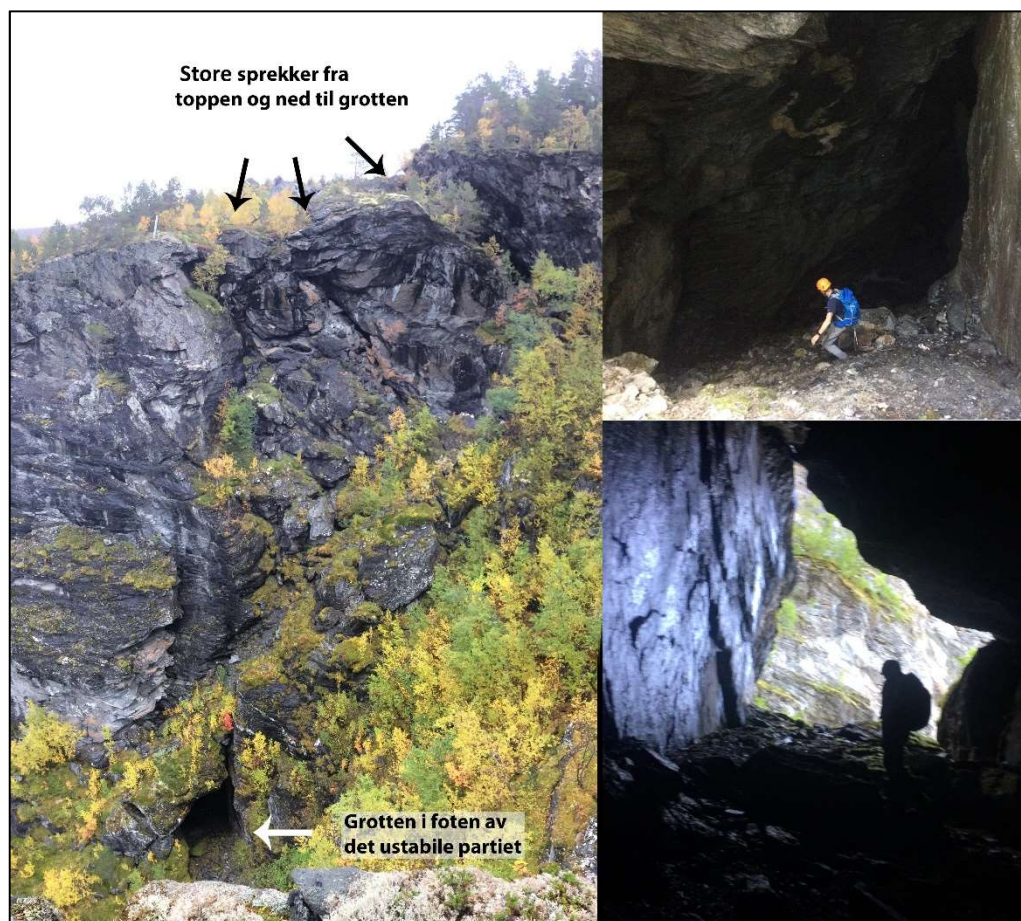
2.3 Beskrivelse av Joasetbergi

Joasetbergi er en liten del av Stampa, der bevegelsen er betydelig større enn i det øvrige ustabile fjellpartiet. Området ligger nord for elva Stampa og består av en nesten helt løsnet blokk som er sunket 20 m ned i forhold til platået bak. Et kart med flybilde og inntegning kan ses på Figur 3.



Figur 3 Joasetbergi innsirklet. Venstre ses området på flybilde og høyre med skyggekart

Baksprekken mot platået er vertikal og til dels med stort overheng. Bakprekken er en 10 – 15 m bred innsynkning med store blokker som tilsynelatende er veltet ut fra den bratte bakveggen. Nordøstlige avgrensning er en forsenkning mot en ryggform som danner scenario 2A (kapittel 3.2) med betydelig mindre bevegelse. Fremre nordvestlige avgrensning ligger tilsynelatende langs foten av et bratt ($70 - 90^\circ$) heng på om lag 50 m høyde, som nedenfor går over i en mer jevn skråning bestående av skredmasser ($35 - 45^\circ$) mot fjorden. Langs nedre avgrensning finns en sone med deformert fjell som enkelte plasser er helt nedknust til leire som kan graves ut med fingrene. Et sted er det dannet en stor grotte som er bredest nederst og omkring 6 m høy og går noe inn under Joasetbergi (Figur 4, lokasjon Figur 3). I denne grotten ble det observert mye is på en befaring i slutten av august 2017. Fra grotten går det sprekker opp til overflaten i bakre avgrensning (innsynkningssonen). NVE har ikke kartlagt strukturgeologien i området, men tilsynelatende er det intens foldning og bratt foliasjon her, som styrer sprekkesystemet (Figur 4, venstre).



Figur 4 Grotte i sørvestlige del av det ustabile fjellpartiet.

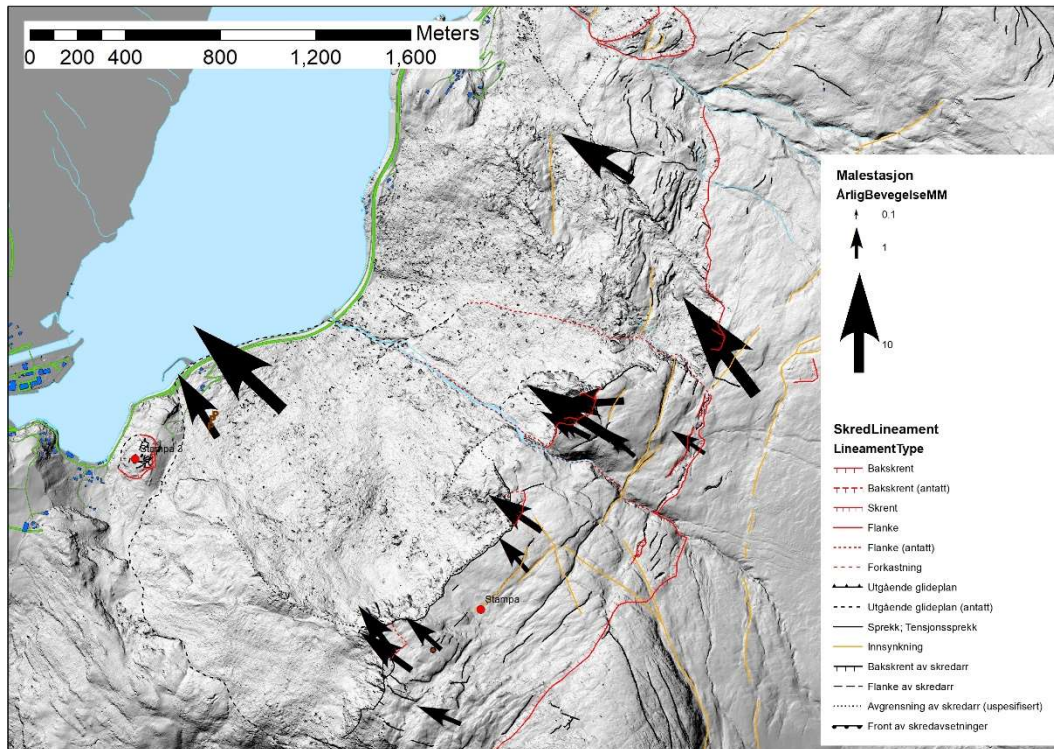
3 Bevegelser og scenario

3.1 Bevegelser

Når sprekken på Stampa er oppstått er usikkert, men bevegelsene kan ha vært relativt konstante helt siden siste istid. Fra 2005 har NGU periodisk målt bevegelser i fjellpartiet med GPS, og det er registrert sakte bevegelse i mesteparten av platået siden målingene startet. Figur 5 viser gjennomsnittlig årlig bevegelse og retning og NGUs kartlagte geologiske strukturer. Bevegelsen i platået er mellom 1,4 og 2,3 mm/år, mens hastigheten i mindre blokker mot kanten er opp mot 10 – 15 mm/år. Dette gjelder blant annet Joasetbergi, og bevegelsen i blokkene er sannsynligvis oppstått senere eller har økt i nyere tid. I deler av uren mot fjorden er bevegelsen større, noe som er naturlig da dette er løsmasser med grunnere bevegelser.

Siden 2011 er det målt bevegelse i fjellpartiet med bakkebasert InSAR radar (Kristensen & Anda, 2016: NVE rapport 84). For de mindre scenarioer er bevegelsene målt med radar sammenlignbare med bevegelsene målt med GPS. Bevegelsene i det store scenarioet har ikke blitt fanget opp med bakkebasert radar. Radaren registrerer også en del bevegelse i uren, især under snøsmelting eller regntunge perioder på høsten. Det er dessuten målt relativt store bevegelser i en mindre blokk på 50 – 60.000 m³ som ligger mellom scenario

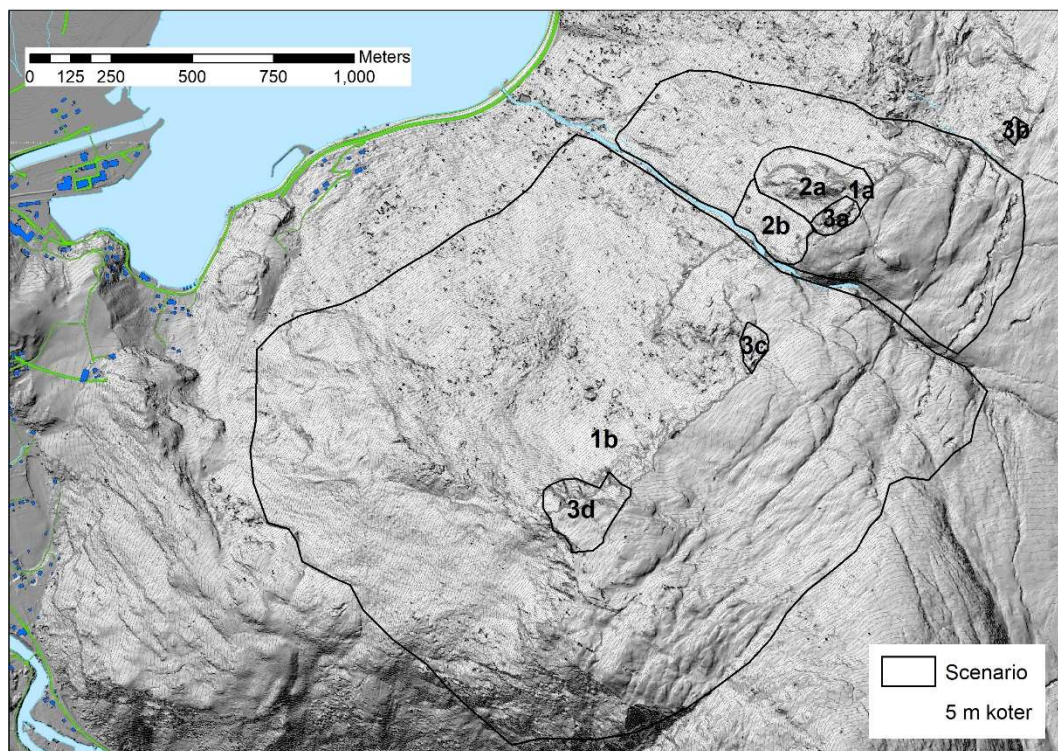
3c og 3d (Figur 6). Bevegelsene var på 4 cm siste år og størst på høsten. Området under blokken er relativt slakt og vi forventer ikke at denne blokken vil nå veien eller fjorden ved en eventuell kollaps.



Figur 5 Pilene viser gjennomsnittlig bevegelse i mm/år i ulike deler av Stampa sammen med kartlagte fjellskredstrukturer. Kartlegging og GPS-målinger er gjennomført av NGU.

3.2 Scenario

Utfra kartleggingen av sprekker, strukturer og bevegelser er fjellpartiet inndelt i flere scenarioer av ulik størrelse og med ulik sannsynlighet for skred. Scenarioene er inntegnet på kart i Figur 6.



Figur 6 De kartlagte scenario med navn inntegnet på kart.

4 Sannsynlighet og risikoklassifisering

4.1 Risikoklassifisering

Norges geologiske undersøkelse (NGU) utfører, på oppdrag fra NVE, kartlegging og risikoklassifisering av fjellskred i Norge. Potensielt ustabile fjellsider blir identifisert på flybilder og terrengmodeller og deretter kartlagt geologisk. I mange tilfeller måles også bevegelse og utfra et sett av kriterier, blir objektene risikoklassifisert (NGU rapport 2012.029). I 2016 ble risikoklassifiseringen av 22 kartlagte objekter publisert (NVE rapport 2016_077) og en oppdatert oversikt kan ses på <https://temakart.nve.no/link/?link=Fjellskred>

Bevegelsene i Joasetbergi eller scenario 3a (beskrevet i kapittel 2.3) er om lag 10 mm/år og 15 mm/år i scenario 3b. Den nominelle årlige sannsynlighet for skred fra begge scenarioer (Joasetbergi og 3b) er vurdert til større enn 1/1.000 pr. år. Sannsynligheten for skred i de større scenarioer er mindre enn 1/5.000 pr år, men konsekvensene er svært store.

Joasetbergi og hovedparten av de øvrige scenarioene ved Stampa (Figur 6) er nå risikoklassifisert. Joasetbergi er klassifisert som høyrisikoobjekt for fjellskred siden et skred kan skape flodbølge i fjorden. 3b har derimot svært lav konsekvensklasse og trenger ikke videre oppfølging. De store scenarioer på Stampa med lav sannsynlighet men med store konsekvenser vil de bli periodisk overvåket. Som et høyrisikoobjekt blir

Joasetbergi nå overvåket tilsvarende de seks øvrige objekter i Norge, som krever kontinuerlig overvåkning (Åknes, Mannen, Hegguraksla, Indre Nordnes, Jettan, Gamanjunni). Etter risikoklassifiseringen begynte NVE umiddelbart planlegging av instrumentering av Joasetbergi. NGU jobber videre med klassifisering av andre deler av Stampa (Stampa 2 og Stampa 3).

4.2 Konsekvenser

Det ligger ingen bebyggelse i utløpsområdet for et fjellskred fra Joasetbergi, men et skred vil imidlertid krysse E16. Utover ødeleggelse av veien er konsekvensene ved skred i hovedsak knyttet til flodbølge eller tsunami som vil oppstå når skredmassene treffer fjorden.

På bestilling fra NVE har Norges Geotekniske Institutt (NGI) gjennomført modellering av flodbølge etter skred fra Joasetbergi (2017, NGI rapport 20160855-01_R). I modellen er det tatt utgangspunkt i at 400.000 m³ fjellskredmasser vil ramme fjorden. NGU estimerer 3a til 280.000 m³ og har modellert medrivning av masser i skredbanen til ytterligere 120.000 m³. Resultatet av flodbølgemodellen er en detaljert faresone for Flåm, mens oppskyllingshøyder lengre ut i fjorden er gitt fra bestemte koter. I Flåm sentrum er oppskyllingshøyden om lag 2-3,5 m mens høyeste oppskyllingshøyde er opp mot 4,5 m øst for sentrum. For Aurlandsvengen er oppskyllingen maksimalt 2,5 m og knyttet til strandsonen, mens den lengre mot nord er maksimalt 2 m. Løsneområdet, skredbane og faresoner i Flåm og videre ut i fjorden kan ses på:

<https://temakart.nve.no/link/?link=fjellskred>

Fylkesmannen i Sogn og Fjordane utarbeidet både Beredskapsplan (objektplan), plan for informasjonsberedskap og mediehandling og en ROS-analyse for Joasetbergi.

5 Instrumentering av Joasetbergi

Med et volum på 280.000 m³ er Joasetbergi om lag 10 ganger mindre enn det nestminste fjellskredobjekt (Hegguraksla Øvre, 2-3,5 millioner m³) som NVE overvåker. På bakgrunn av dette har NVE vurdert at det trengs noe færre måleinstrumenter enn for de andre objektene. Det stilles krav i Tek17 §7-4 1.led, b (unntak for byggerestriksjoner) om uavhengige måleinstrumenter og duplisert signaloverførsel, noe som NVE bruker som grunnlag for den permanente overvåkingen.

Flere geologer fra fjellskredseksjonen i NVE befarte Joasetbergi på høsten 2016. De vurderte at det var nyttig å ha sensorer som måler bevegelse og bevegelsesretning i 3D og instrumenter som måler direkte på sprekkeutvidelse. Det ble besluttet å basere overvåkingen på noen strekkstag, et wireekstensometer og en totalstasjon som måler mot et antall prisme i 3D. Dessuten ble det besluttet å etablere en klimastasjon som måler drivende faktorer (regn, snøsmelting mm.) og andre meteorologiske parametere. Anleggsarbeidet og instrumenteringen ble gjennomført fra tidlig sommer til høsten i 2017, og dataoverførselen startet snart etter dette.

NVE har brukt instrumenter og løsninger som tidligere er benyttet i fjellskredovervåkingen og som vi har god erfaring med. I tillegg bruker vi for første gang et wireekstensometer. I de følgende underkapittel presenteres kort de ulike

instrumenttypene, deretter lokalisering og bevegelser som er målt i den korte perioden instrumenteringen har vært på plass.

5.1 Forberedelse til instrumenteringen

Lokasjon for instrumenter, landingsplass for helikopter, strømforsyning og kabeltraseer ble bestemt på befaringer i oktober 2016 og mai 2017. Graving, støyping av fundamenter og skogrydding ble gjennomført av innleid lokal entreprenør før sommerferien 2017. Skogryddingen og instrumenteringen er bare synlig om man går langs øvre kanten av Joasetbergi.



Figur 7 Befaring i forkant av instrumenteringen, oktober 2016.

5.2 Strømforsyning

Det ble vurdert å være vanskelig å kjøre strømtilførselen til overvåkingen med kun fornybare kilder og batteripakke alene. Totalstasjonen har større strømforbruk enn hva fornybare kilder og batteripakker kan gi. Også brenselceller krever hyppig tilsyn. Siden Joasetbergi ligger langt unna nærmeste overvåkingssenter (5 timer i bil), ble det besluttet å basere strømforsyningen på dieselaggregat og batteripakke, med stor dieseltank, slik at det ikke skal være nødvendig med hyppig dieselfylling. Det vil bli benyttet en autonom strømforsyning bestående av et 9kVa dieselaggregat med 1000l dieseltank og et solcelleanlegg på 4,5kW som lader en batteribank på 48kWh. Det er beregnet at ca. 2/3 av årlig energiforbruk vil bli dekket av solcelleanlegget. Stor kapasitet på batteribank og solcelleanlegg reduserer drivstofforbruk og serviceintervall betraktelig.

5.3 Instrumenter for måling av bevegelse

5.3.1 Strekkstag

Strekkstag (Figur 8) er et av de mest pålitelige instrumenter i fjellskredovervåkingen og NVE har strekkstag på samtlige overvåkte objekt i Norge. Staget boltes på hver side av en fjellsprekk og måler bevegelse i sprekken. Nøyaktigheten er svært bra, noen få tiendedels millimeter, og utstyret fungerer i alle værforhold og er robust i forhold til snøbelastning mm. Begrensningen for strekkstag er at sprekken må være mellom 50 cm til 3 m bred for at staget kan monteres. Det er satt opp 3 strekkstag i mindre sprekker på Joasetbergi.



Figur 8 Strekkstag på Joasetbergi. Boltes i fjell på hver side av en fjellsprekk og måler bevegelse i sprekk.

5.3.2 Wire ekstensometer

NVE har satt opp et wire-ekstensometer over den 10 m brede baksprekken på Joasetbergi, siden den er for bred for instrumentering med vanlig strekkstag. Det er første gang NVE bruker wire ekstensometeret, og det er et instrument som har potensial for å bli mer brukt fremover. En stål-wire eller tråd er spendt over sprekk (10 m på Joasetbergi). Tråden rulles opp på et hjul og rotasjon av dette hjulet måles som endring i avstand. Støynivået er betydelig høyere enn for de vanlige strekkstag, og er ifølge produsenten på om lag 8,5 mm, hvilket passer med våre vurderinger. Årsaken til det større støynivået er at måleområdet er svært mye lengre enn på de faste strekkstag (42,5 m i forhold til 1 m). Et bilde av wireekstensometeret på Joasetbergi ses på Figur 9.



Figur 9 Wire-ekstensometer på Joasetbergi som måler over en 10 m bred bakksprekk.

5.3.3 Totalstasjon robot

En totalstasjon er et vanlig landmålingsinstrument, som måler avstand og vinkler i 3D mot prismer. I fjellskredovervåkingen bruker vi en robotstasjon, som automatisk måler mot en rekke mastmonterte prismer hver time eller hyppigere. Bevegelsen måles i 3D i motsetning til strekkstag, wireekstensometer og InSAR radar som bare måler bevegelse i 1D (avstand). 3D bevegelsesretning gir nyttig tilleggsinformasjon om skredmekanisme. Totalstasjonen må ha sikt til prismene, og er ikke operativ i tåke eller uvær. Målingene kan også forstyrres av snø og is på prismene.



Figur 10 Venstre: Totalstasjon i rør med PC og strømforsyning på masten til venstre. Høyre: En av mastene med prismer.

På Joasetbergi er det satt opp seks reflektorer i områder med bevegelse og tre referanse-reflektorer. Cautus Geo AS stod for montering av totalstasjonen og er ansvarlig for vedlikehold av denne.

5.4 Værstasjon

På Joasetbergi (og alle overvåkte fjellskred) er det montert en værstasjon. Den måler drivende faktorer for bevegelse (nedbør/snøsmelting) og en rekke andre værparametere. På Joasetbergi måles vindhastighet og retning (10 m), lufttemperatur, overflate- og fjelltemperatur, luftfuktighet, snødybde og nedbør. Målingene lagres hver time. Værstasjonen er en del av Meteorologisk Institutt sitt nettverk, og data kan ses på ww.yr.no. ITAS (Scanmatic Instrument Technology AS) leverte klimastasjonen og stod for oppsett av værstasjonen på Stampa, med hjelp av personell fra NVE.



Figur 11 Værstasjon. Venstre: Temperatur (luft-fjell), fuktighet- og snødybdemåler. Høyre: Vindretning og styrke i 10 m høyde.

5.5 Dataoverførsel

Det benyttes radiolinker fra Joasetbergi til fiberoppkobling i Flåm som primærsamband. Som redundans benyttes 3G/4G mobilt bredbånd. På lang sikt er det planlagt å benytte satellitt som redundans.

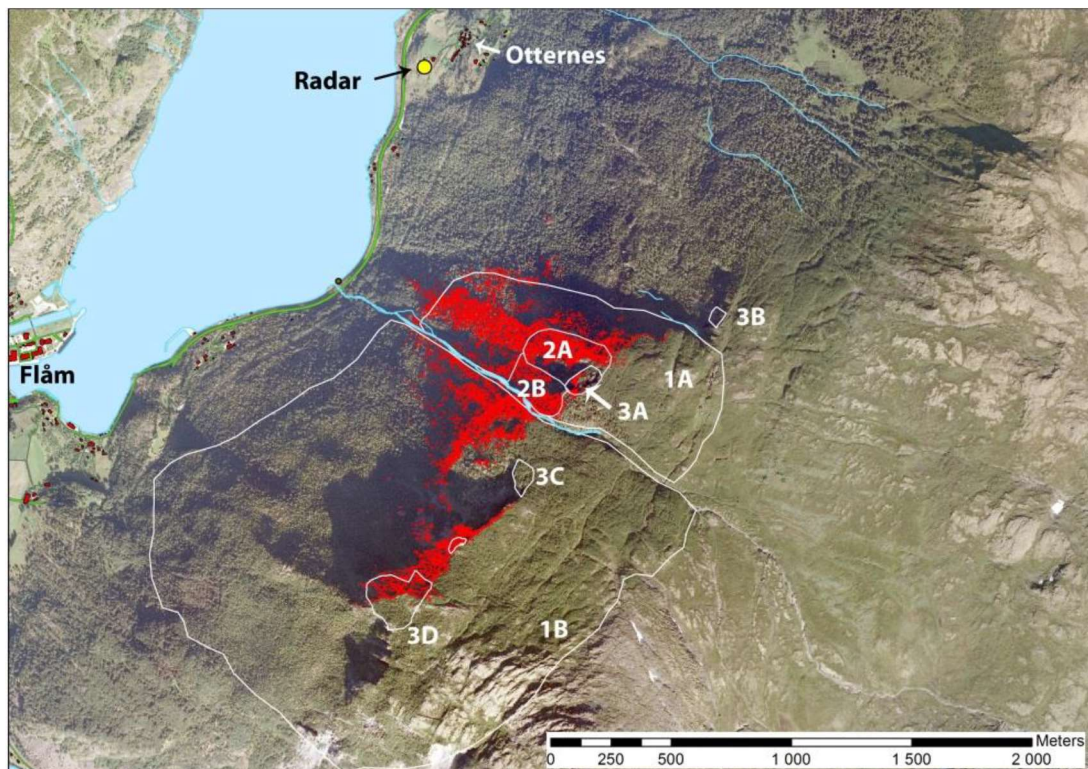
5.6 Måling av bevegelse med InSAR radar

Radarmåling kan brukes til kartlegging og overvåking av fjellskred. Det måles avstand til fjellet og gjentatte målinger kan avsløre bevegelse. NVE bruker både bakkebaserte og satellittbaserte radarmålinger som del av overvåkingen på Joasetbergi.

5.6.1 Bakkebasert radar

Siden 2011 har NVE periodisk målt bevegelser i fjellpartiet Stampa/Joasetbergi med bakkebasert radar. Datadekning fra radaren i forhold til scenarioene kan ses på Figur 12. Siden våren 2016 har målingene vært kontinuerlige, og var første operative overvåking NVE fikk på plass. Bevegelsene har vært relativt konstante siden målingene begynte, og er rapportert i NVE rapport 2016_84. Etter at overvåkingen er ferdigstilt og vi har

oppnådd redundans i dataoverførsel fra fjellet vil målingene gå fra å være kontinuerlige til periodiske.



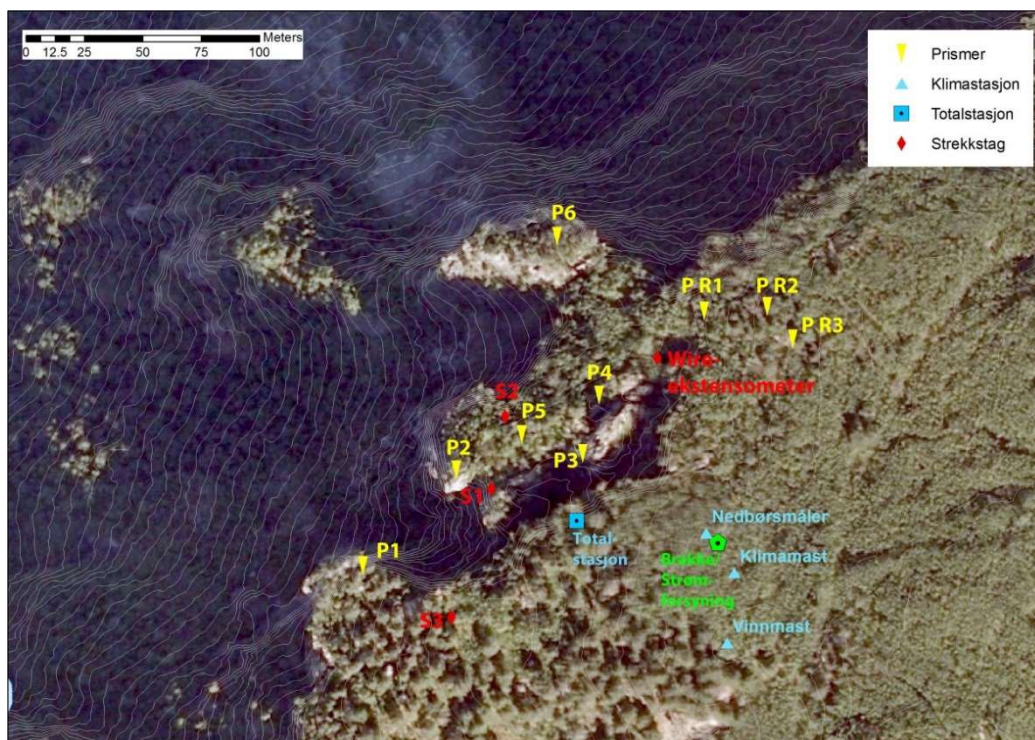
Figur 12 Plassering av radar på Otternes og datadekningen i fjellet. Se ellers NVE Rapport 2016_84).

5.6.2 InSAR satellitreflektorer

På og ved Joasetbergi er det satt opp tre reflektorer som ses fra radarsatellitter; den ene er referanse og står på relativt stabilt fjell. NVE deltar i et prosjekt med automatisk prosessering av InSAR-data i Norge, insar.no, der NGU, Norsk Romsenter og NORUT er andre deltakere. I prosjektet prosesseres InSAR-data fra de nye Europeiske Sentinel-satellitter og det kommer datapunkter med bevegelse fra hver reflektor hver 2. eller 3. dag. Vi får ukentlig oppdaterte data på bevegelsene i det ustabile fjellpartiet inn på FTP. Reflektorene er helt uavhengig av strøm, dataoverførsel og annen infrastruktur i fjellet og gir redundans om annen overvåking svikter. Det vil bli etablert satellitreflektorer på de store Stampa-scenarier i løpet av 2018.

5.7 Instrumentplassering

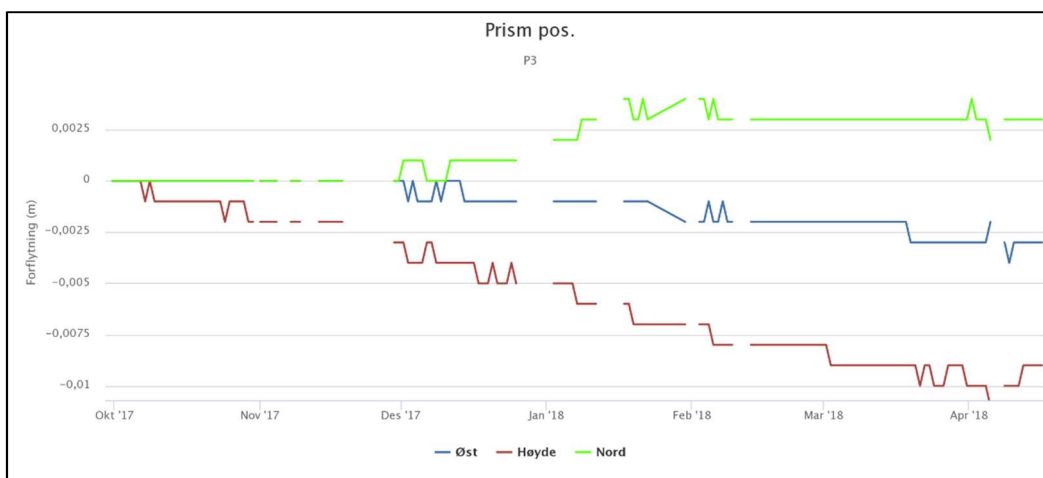
Et kart med alle instrumenter er vist på Figur 13. De nordøstligste prismene (R1, P R2 og P R3) er referansepriser som står på delvis fast fjell. Ideelt sett hadde de vært plassert i ulike retninger i forhold til totalstasjonen, men det var ikke mulig uten omfattende skogrydding. Totalstasjonen burde stå på stabilt fjell, men det er 1-2 mm bevegelse i fjellet der den står. Det var heller ikke mulig å få finne fastpunkter uten bevegelse som totalstasjonen kan måle mot. Det vil muligvis bli montert en GPS ved totalstasjonen senere, som kan si noe om bevegelsen der. Vi antar at bevegelsen ved totalstasjonen og bevegelsen ved referanseprismene er lik og vi vurderer dette oppsettet som tilfredsstillende.



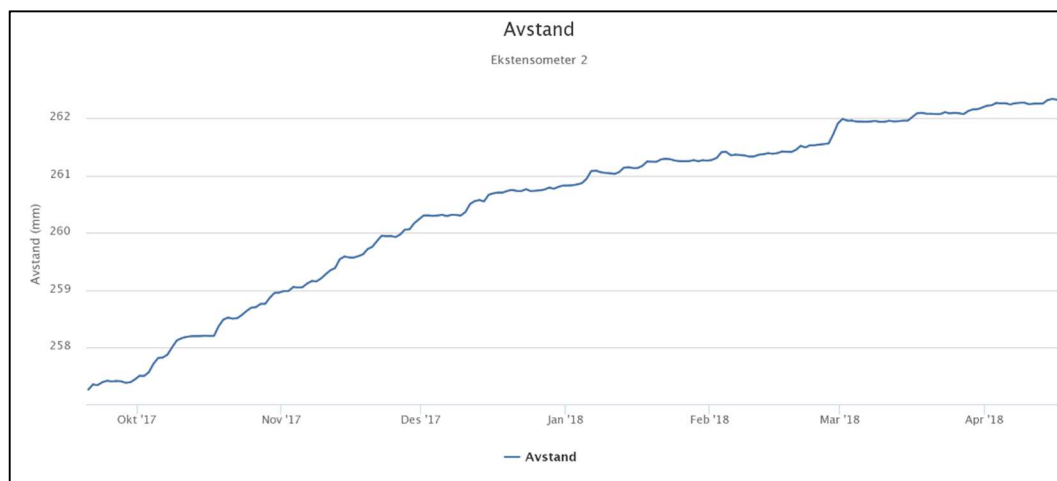
Figur 13 Kart med instrumentlokalisering på Joasetbergi. De to prismene P5 og P6 er plassert på satellitt-reflektorene i det aktive området, mens referanse-reflektoren ikke ses i kartutsnittet.

5.8 Foreløpige måleresultater

Etter seks måneders måling finns begrenset grunnlag for detaljert analyse og evaluering av årstidsvariasjoner. Bevegelsene vi har målt passer omtrent i retning og størrelse med det vi forventet. Foreløpig måler prismene bevegelse mot nordvest med noe innsynkning. Mest innsynkning ses på P3 (Figur 14), hvilket er som forventet siden den står i en innsynkningsstruktur. Vi måler en del bevegelse i strekkstag 2 (Figur 15), der det finns en dyp sprekk som ser ut til å dele scenario 3a i to (Figur 16). På dette strekkstaget minket bevegelsene i løpet av desember, men denne trenden ses ikke på prismene, som hadde økt bevegelse i desember/januar.



Figur 14 Bevegelse på prisme P3 i meter i perioden 29. september 2017 til 16. april 2018. De ulike farger viser bevegelsen i ulike retninger.



Figur 15 Bevegelse på strekkstag 2 i millimeter i perioden 29. september 2017 til 16. april 2018.



Figur 16 Bilder av sprekken og strekkstag 2, hvor vi måler mest bevegelse.

Foreløpig stemmer bevegelsene overens med NGUs GPS-målinger, men en nærmere analyse av bevegelse, retninger og årstidssvingninger vil følge når vi har lengre tidsserier.

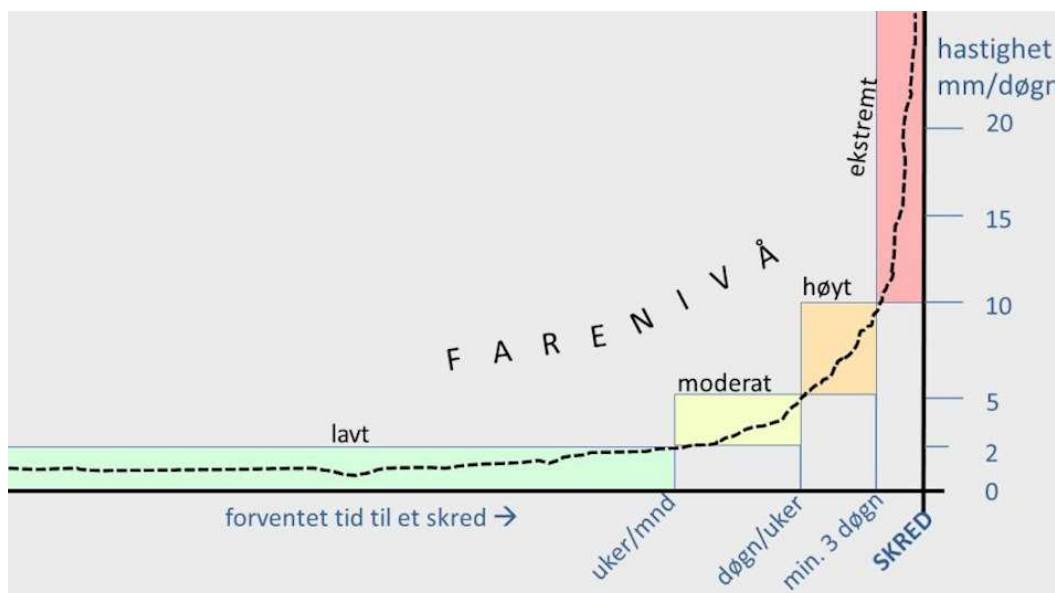
Selv om blokken med mest bevegelse er mindre enn totalscenarioet 3a vil NVE foreløpig vurdere og varsle eventuell akselerasjon i ytre del på samme måte som totalscenarioet. Vi anser det som sannsynlig at en kollaps fra ytre del vil forplantes bakover mot hovedsprekken (bakre avgrensning) selv om et mindre skred ikke kan utelukkes.

6 Farenivå og varsling

I områder med lav jordskjelvaktivitet (som i Norge) varsler fjellskredene seg selv gjennom langvarige forstadier (årtier – århundrer) med sakte bevegelser (mm - cm pr år). I forkant av et fjellskred akselererer bevegelsen. Denne fasen varer fra noen uker til flere

måneder. Bevegelsene i de ustabile fjellpartiene overvåkes fortløpende i «sann tid», det vil si uten særlige forsinkelser av måledataene.

Ut fra internasjonale erfaringer med overvåkede fjell som har utviklet fjellskred, er det for hvert av de overvåkede fjellpartiene etablert kurver over forventet hastighetsutvikling fram mot et skred. Den nasjonale beredskapsplanen for fjellskred definerer fire farenivå gradert etter fjellets hastighet: lavt/grønt, moderat/gult, høyt/oransje, og ekstremt/rødt som utgjør selve skredvarselet (Figur 17).



Figur 17 Farenivå for ustabile fjellparti

NVE fastsetter til enhver tid farenivået for de overvåkede fjellpartiene og melder endringer i farenivå til alle beredskapsaktørene. Aktørplaner beskriver hvilke tiltak de forskjellige beredskapsaktørene (kommuner, politiet, fylkesmannen, sektormyndigheter m.fl.) skal iverksette under de ulike farenivåene (www.nve.no/flaum-og-skred/fjellskredovervaking/fareniva-for-fjellskred). Ukentlig rapporterer NVE målinger og farenivå for alle høyrisiko fjellskredobjekter på: www.nve.no/flaum-og-skred/fjellskredovervaking/vekesrapporter-for-overvaka-objekt/

7 Oppsummering

I 2016 ble Joasetbergi i Aurland, Sogn og Fjordane klassifisert som et høyrisikoobjekt etter flere års kartlegging av NGU. NVE er ansvarlig for overvåking av høyrisikoobjekter i Norge og begynte umiddelbart jobben med befarings, planlegging og etablering av instrumentering i fjellpartiet. Konsekvensene ble utredet med tsunamimodellering (NGI – på bestilling fra NVE) og ROS-analyse gjennomført av Fylkesmannen i Sogn og Fjordane. Fjellpartiet er nå overvåket 24/7 med kontinuerlig dataoverførsel med internett og GSM. Overvåkingen består av flere strekkstag, et wireekstensometer, en totalstasjon som automatisk måler mot et antall prismar og en værstasjon. Dessuten måles bevegelser med InSAR-radar, både med et instrument på bakken og fra satellitt. NVE er ansvarlig for varsling til kommune, fylkesmann og politi i tilfelle av økt farenivå. Farenivå og bevegelser rapporteres ukentlig online på:

8 Etterord

Feltarbeidet på Joasetbergi ble gjennomført av NVEs tekniske gruppe på Stranda. Steffen Häger hadde ansvar for instrumenteringen og ledet effektivt feltaktivitetene for instrumentering, oppsetting av brakke helikopter landingsplass og midlertidig strømforsyning. Tore Bergeng designet permanent strømforsyning og løsning for dataoverførsel. Med på feltarbeidet fra NVE var dessuten: Sven Häger, Pål Røssevold og Eldar Gjerde. I tillegg til ovenstående har Ingrid Skrede og Lars Harald Blikra, Kjell Jogerud, Åge Kjølås deltatt på befaring. Flere fra Cautus Geo AS og en montør fra Scanmatic Instrument Technology AS har bidratt i felt. Skogrydding og graving ble utført av Olav O Hæreid AS og støpning ble gjort av Lokreim Bygg og Betong AS.

9 Referanser

Böhme, M, Hermanns, R. L. m.fl. Analyzing the complex slope deformation at Stampa, western Norway, by integrating geomorphology, kinematics and numerical modeling. 2013. Engineering Geology 154. 116-130.

NGI rapport, 20160855_01_R. Glimsdal, S & Gauer, P. 2017: Aurland kommune – oppskylling av flodbølger etter skred fra Joasetbergi – beregninger for et volum på 280.000 m³.

NGU rapport 2011.25. Hermanns, R., Bunkholt, H., Böhme, M., Fischer, L., Oppkofer, T., Rønning, J. S. & Eiken, T. Foreløpig fare- og risikovurdering av ustabile fjellpartier ved Joasete-Furekamben-Ramnanosi, Aurland kommune.

NGU rapport 2012.029. Hermanns, R. Oppikofer, T., Anda, E. Blikra, L.H. Böhme, M., Bunkholt, H., Crosta, G. B., Dahle, H., Devoli, G., Fischer, L., Jaboyedoff, M., Loew, S., Sætre, S, Molina, F. Y. 2012. Recommended hazard and risk classification system for large unstable rock slopes in Norway.

NGU fjellskredatabase: <http://geo.ngu.no/kart/ustabilefjellparti/>

NVE rapport nr. 30 – 2013. Blikra, L.H., Hermanns, R. og Berg, H. 2013. De ustabile fjellsidene i Stampa – Flåm, Aurland kommune: Sammenstilling, scenario, risiko og anbefalinger.

NVE rapport nr 77-2016. Majala, G., Anda, E., Berg, H, Eikenæs, O., Helgås, G., Oppikofer, T. Hermanns, R, Böhme, M. (2016). Fare- og risikoklassifisering av ustabile fjellparti. Redaktør: Lars Harald Blikra.

NVE rapport nr 84-2016. Kristensen, L og Anda, E. 2016. Bakkebaserte radarmålinger på Børa i Romsdalen og Stampa ved Flåm.

NVE webside 2017: www.nve.no/flaum-og-skred/fjellskredovervaking/fareniva-for-fjellskred

NVE fjellskredatabase: <https://temakart.nve.no/link/?link=Fjellskred>



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no