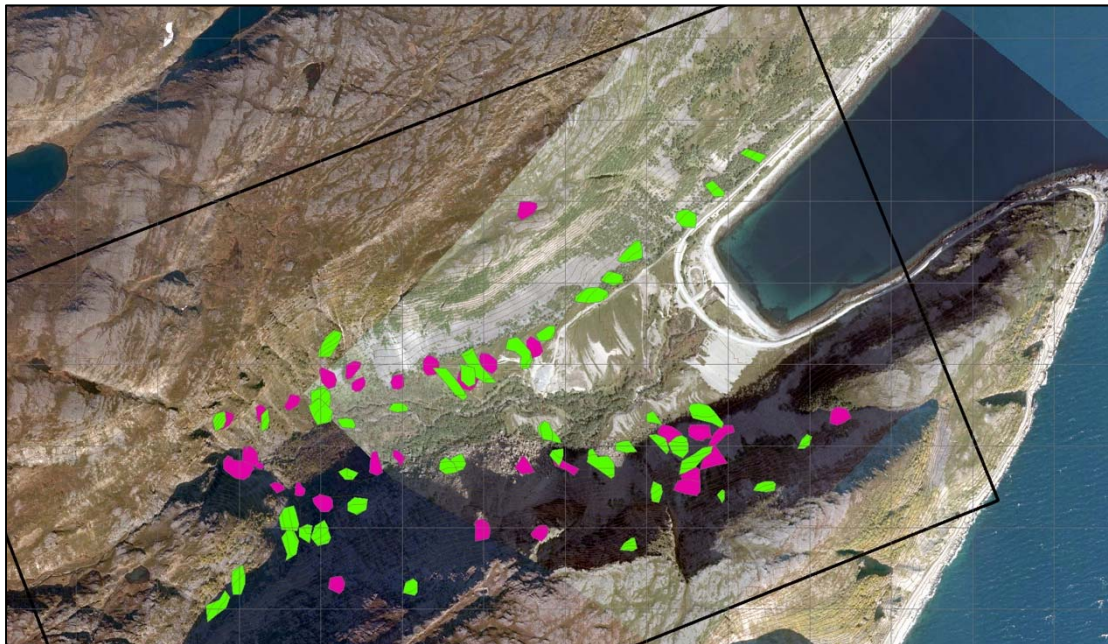


# SKREDDETEKSTJON E69 SKARVBERGTUNNELEN



**Authors:** Markus Eckerstorfer, Eirik Malnes

---

**PROJECT:** Skreddeteksjon E69 Skarvberg tunnelen

**PROJECT NR.:** 755 NAS

**CONTRACTOR:** Statens Vegvesen

---

Document number: 12/2018

Type of document: Report

Status: Open

ISBN 978-82-7492-411-6

ISSN 2535-3004

Number of pages: 11

Project leader: Markus Eckerstorfer

Date: 08.06.2018

**AUTHORS** Markus Eckerstorfer, Eirik Malnes

**TITEL:** SKREDDETEKSJON E69 SKARVBERGTUNNELEN

---

**Summary:**

Oppdraget handlet om å detektere snøskred i et definert område på ca. 2.5 km<sup>2</sup> for vinteren 2017-2018 ved bruk av radarsatellitdata fra Sentinel-1 satellittene. Området skal brukes til anleggsarbeid i forbindelse med nybygging av Skarvberg tunnelen på E69 i Porsangerfjorden i Finnmark.

Vi valgte å kvantifisere skredaktivitet i vinteren 2016-2017 og 2017-2018 for å minimere usikkerheten knyttet til en kort tidsserie. I begge vintere detekterte vi små til middels store skred i begge dalsidene som nådde til den flate dalbunnen.

I denne rapporten introduserer vi metoden og data vi brukte, og framstiller noen resultater samt en diskusjon om usikkerhetsfaktorer og begrensinger av bruk av radarsatellitovervåking av skredaktivitet.

---

Keywords: Radarsatellit, Skreddeteksjon, Sentinel-1

Notes: -

---

**Published by:** Norut, PB 6434, 9294 Tromsø, Norway

# Table of contents

<b>1. INTRODUKSJON</b> .....	<b>4</b>
<b>2. DATA OG METODE</b> .....	<b>4</b>
2.1. Skredeteksjon ved bruk av radarsatellitt .....	4
2.2. Valg av satellittsensor, satellittgeometri og dekning .....	5
<b>3. RESULTATER</b> .....	<b>7</b>
3.1. Romlig fordeling av detektert skredaktivitet.....	7
3.2. Topografiske skredparametre .....	7
3.3. Temporal fordeling av detektert skredaktivitet.....	8
<b>4. DISKUSJON</b> .....	<b>9</b>
4.1. Usikkerhet tilknyttet skredeteksjon med radarsatellitt .....	9
4.2. Usikkerhet tilknyttet kort overvåkingsperiode.....	10
<b>5. KONKLUSJON</b> .....	<b>10</b>
<b>6. REFERANSER</b> .....	<b>11</b>
<b>VEDLEGG:</b> .....	<b>11</b>

# 1. Introduksjon

Oppdraget handler om å detektere snøskred (heretter kalt skred) i et definert område av ca. 2.5 km<sup>2</sup> for vinteren 2017-2018. Området vil bli brukt til anleggsarbeid i forbindelse med nybygging av Skarvberg tunnelen på E69 i Porsangerfjorden i Finnmark.

Overvåkingsperioden ble definert som perioden mellom 1 desember 2017 og 31 mai 2018. Siden det var et veldig tørt vinter, med lite nedbør i lange perioder i Nord-Norge, bestemte vi oss for å detektere skred også i vinteren 2016-2017. Det gir oss et bedre datagrunnlag som reduserer usikkerheten tilknyttet en kort tidsserie med data bare for en vinter. Samtidig vet vi også fra operasjonell, daglig skreddeteksjon i Troms, at vinteren 2016-2017 hadde betydelig mer skredaktivitet en 2017-2018.

I denne rapporten skal vi introdusere data vi brukte, vår skreddeteksjonsmetode og gi en fremstilling av resultatene. Til slutt skal vi forklare usikkerheten tilknyttet skreddeteksjon med radarsatellitt og overdeteksjon av skred.

## 2. Data og metode

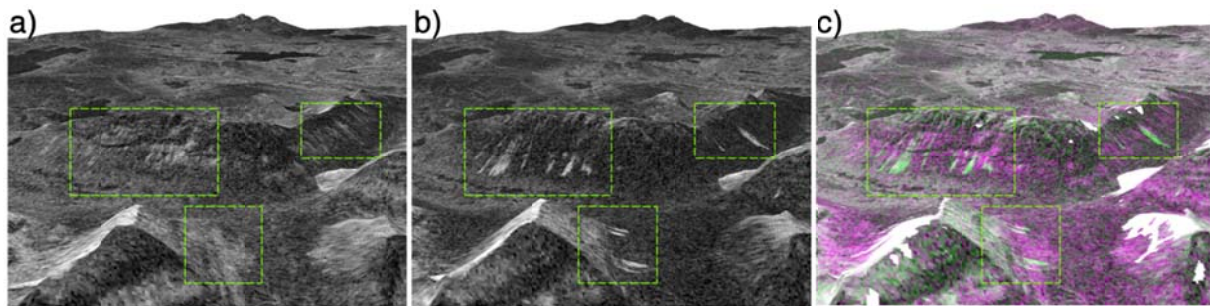
### 2.1. Skreddeteksjon ved bruk av radarsatellitt

Fjernmåling av skred er et ungt og raskt utviklende vitenskapelig felt, der Norut har en verdensledende rolle (Eckerstorfer et al., 2015, Vickers et al., 2016; Vickers et al., 2017, Eckerstorfer et al., 2017). Radarbilder fra satellitt viser tilbakespredt energi (backscatter), som er en refleksjon av energi tilbake til satellitten. I Figur 1a viser vi et eksempel av en radar backscatter bilde. Ulike gråtoner i bilde samsvarer med ulikt tilbakespredt energi fra bakken til satellitten.

Ulike overflater har forskjellige spredningsegenskaper. På grunn av den grove overflaten i skredavsetninger sammenlignet med uberørt snø, kommer det mer energi fra snøskred tilbake til satellitten. Det kan vi se i Figur 1b, hvor i samme område som i Figur 1a utløste noen skred (i de grønne firkantene). Bildene av samme geometri (dvs samme innfallsvinkel og retning) ble tatt av satellitten med 6 dagers tidsforskjell. I dette tidsintervallet utløstes det en del skred som er synlig som lyse-gråe og hvite, avlange 'features' som skiller seg tydelig fra resten av bildet. Til manuell skreddeteksjon sammenstiller vi bilder med samme geometri (Figur 1a og 1b) par-vist og lager RGB bilder hvor endringer i tilbakespredning er farget (Figur 1c). Skredene framstilles som grønt, som gjør manuell deteksjon enklere.

I dette prosjektet geokodet vi radarbildene og laget RGB bilder automatisk over interesseområdet. Skredene ble avgrenset manuelt i GIS og skredpolygonene ble lagret med tilhørende metainformasjon i en geodatabase. Etter avgrensing av alle skredpolygonene, har vi pålagt en helningsmaske der alle områder som er brattere enn 60 grader maskeres bort. Skreddeteksjoner innenfor maskerte områder blir forkastet. Til slutt la vi skredpolygonene over et flybilde

fra Norge Digitalt for visuell inspeksjon. Skredpolygonene som for eksempel var i tett skog ble da også forkastet.



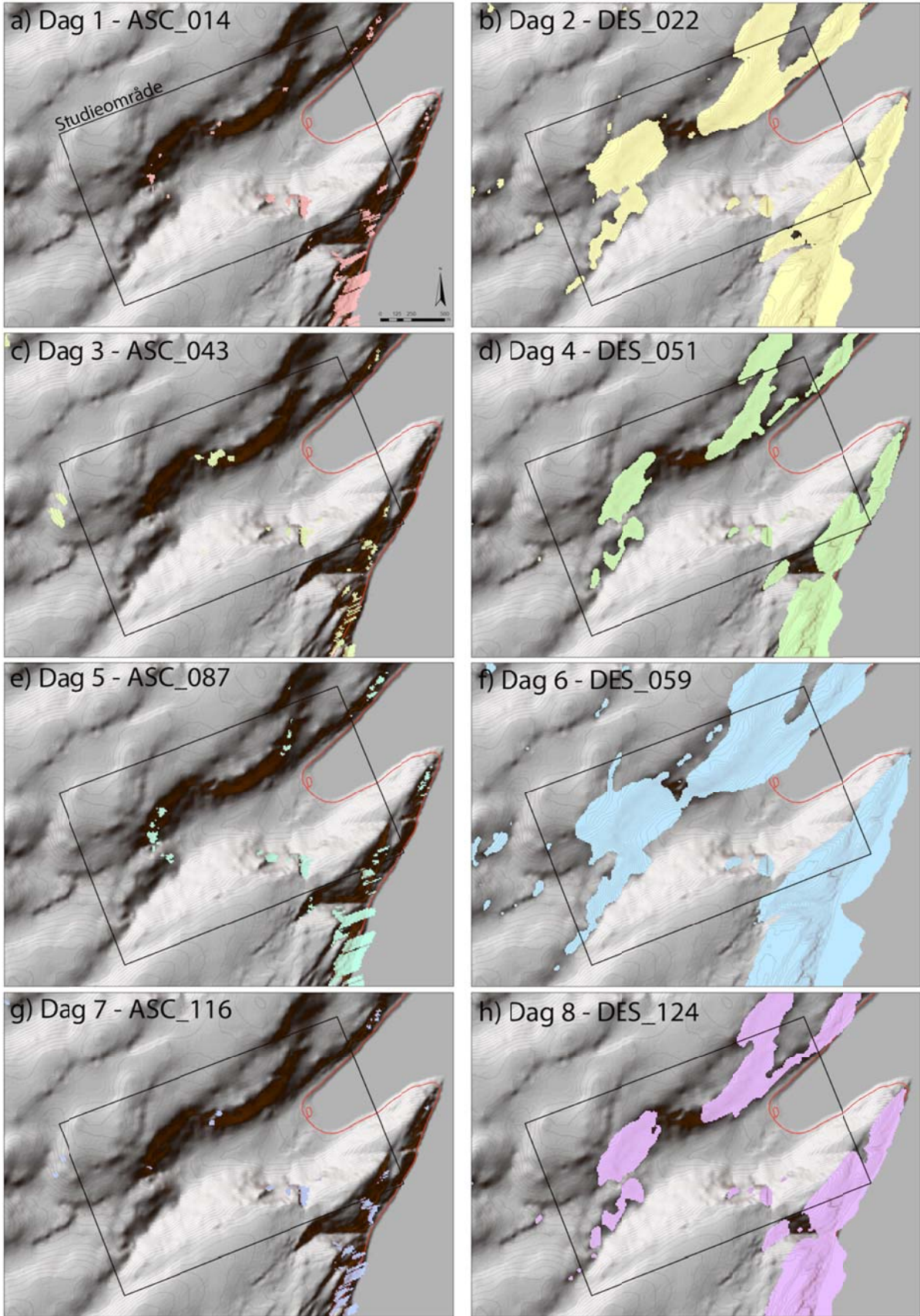
Figur 1: Eksempel av endringsdeteksjon i Sentinel-1 radarsatellittbilder av samme geometri i et tidsintervall av 6 dager.

## 2.2. Valg av satellittsensor, satellittgeometri og dekning

Informasjon kan hentes ut av radarbilder året rundt, siden mørke eller skyer ikke forstyrrer signalet. Vi brukte radarbilder fra Sentinel-1A og B satellittene siden de leverer gratis data, hver dag over Nord-Norge for store områder (250 x 250 km er typisk bildestørrelse). Pikselstørrelse kan nedjusteres for mindre områder til 10 x 10 m, som er godt nok til å detektere også små skred.

Siden satellitten peker ned på skrå, så får man ingen informasjon fra bratte heng som er bortvendt fra satellitten (radarskygge). Det betyr for eksempel at ikke alle satellittpasseringer kan brukes for et sørvendt heng. I vårt tilfelle for det aktuelle interesseområdet i Porsanger, har vi åtte forskjellige satellittgeometrier tilgjengelig for hver 6 dagers periode, hvorav de fire 'ascending' bilder egner seg veldig bra til deteksjon (Figur 2). De andre fire (descending) inneholder delvis områder som er dekket av radarskyggen og layover effekter. Det betyr likevel at vi hadde dekning hver dag i interesseområde og dermed klarte å tidsfastsette skredutløsninger veldig nøyaktig. Total hadde vi 237 bilder tilgjengelig i vinteren 2016-2017 og 268 bilder tilgjengelig i vinteren 2017-2018.





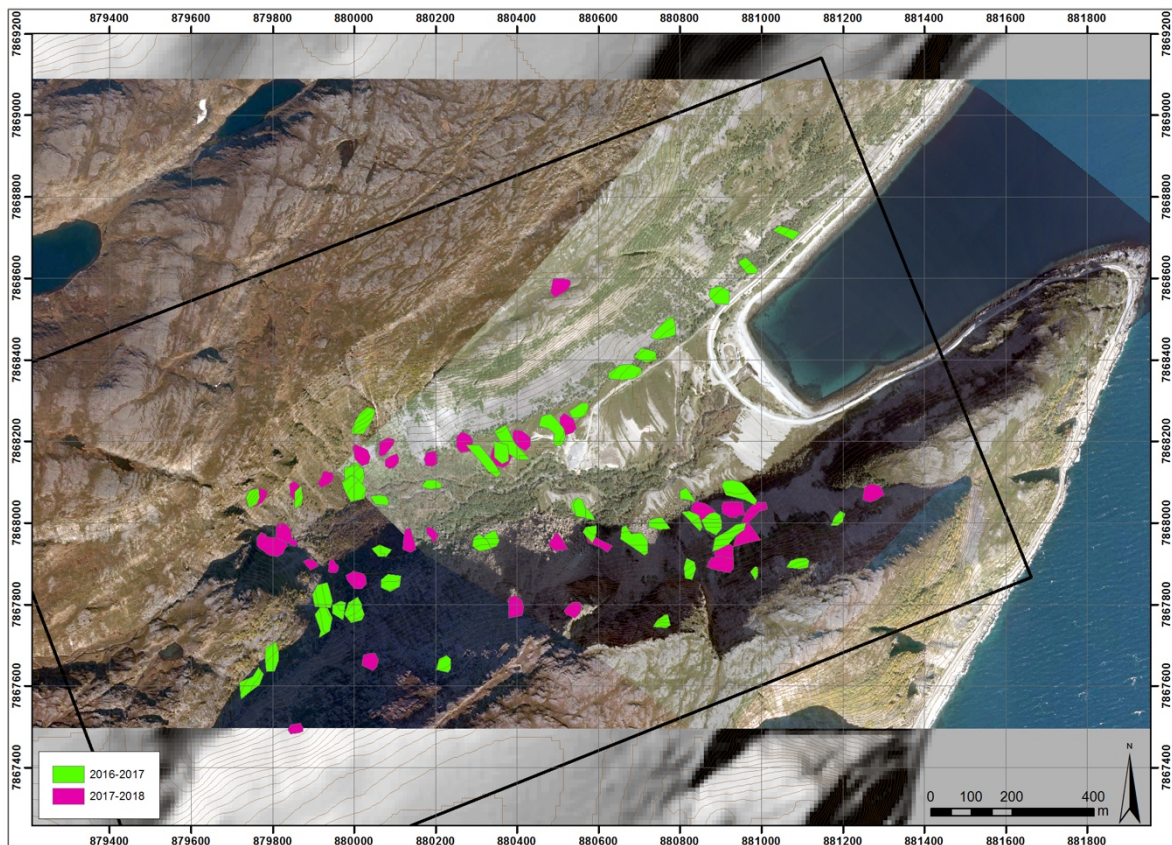
Figur 2: Åtte forskjellige satellittgeometrier var tilgjengelig til skreddeteksjon i interesseområdet. Den svarte firkanten viser området det vi gjennomførte skreddeteksjoner. Fargede områder viser områder berørt av radarskygge og 'layover' effekter og kan dermed ikke bruke til skreddeteksjon.



## 3. Resultater

### 3.1. Romlig fordeling av detektert skredaktivitet

45 og 36 skred ble detektert i henholdsvis vinterene 2016-2017 og 2017-2018. Skredaktiviteten i 2016-2017 var utspredd over et litt større område enn i vinteren 2017-2018, og med noe større aktivitet langs E69 og anleggsveien inn dalen i den sørvendte fjellsiden av interesseområdet. I noen områder, særlig i den nordvendte fjellsiden og lengst inne i dalen har skredene gått på omtrent samme sted. Disse områdene kan tolkes som delvis mer skredutsatt og med kanskje kortere returperiode.



Figur 3: Flybilde fra Norge Digitalt med skreddeteksjoner fra vinteren 2016-2017 (grønn) og 2017-2018 (rosa). Det svarte firkant viser deteksjonsområde.

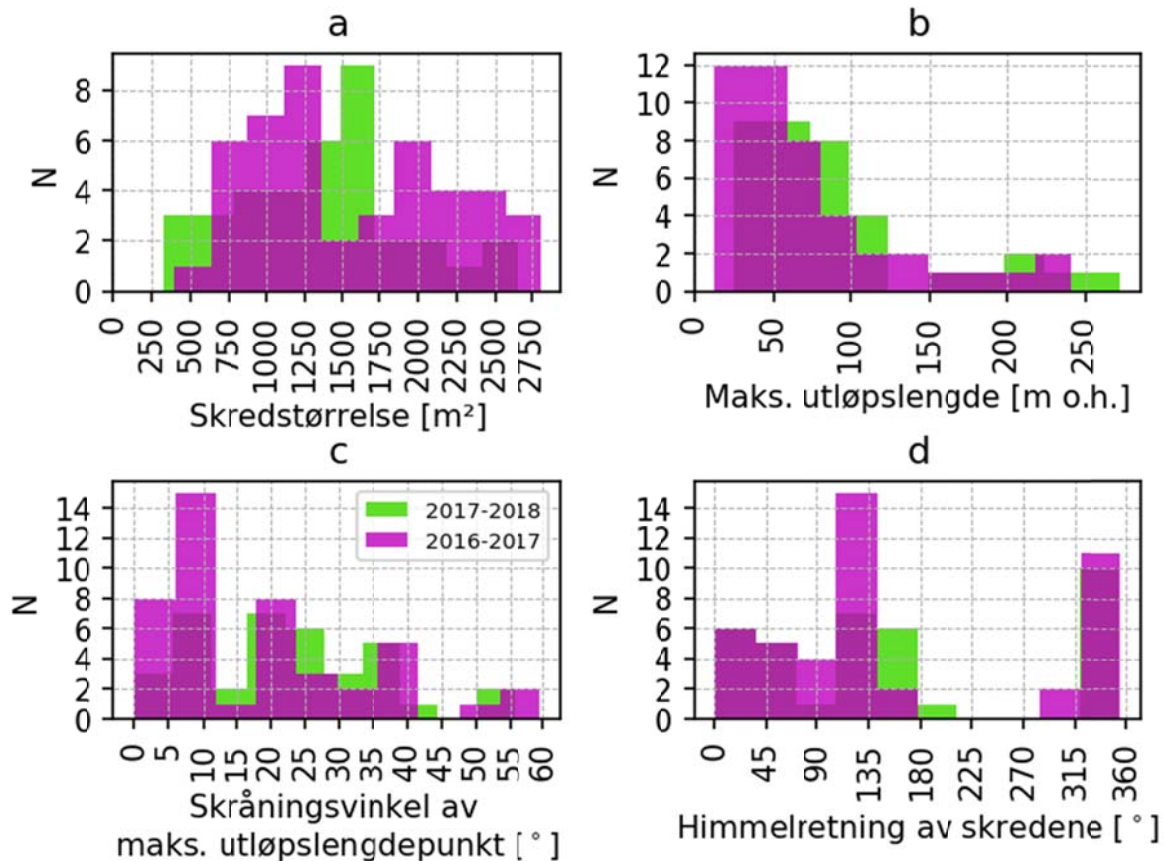
### 3.2. Topografiske skredparametre

Fra skredpolygonene vi presenterer i Figur 3 kan vi hente ut topografisk informasjon om de detekterte skredene som vi presenterer i Figur 4. I begge vintrene klarte vi å detektere små skred (skredstørrelse 2) som minste skredstørrelse, gitt en antagelse at skredavsetninger hadde en tykkelse på rundt 1 m (Figur 4a). De største skredene var middels store (skredstørrelse 3), hvorav de fleste middels store skredene ble utløst vinteren 2016-2017.

Figur 4b viser høyden over havet for den maksimale utløpslengden, dvs. punktet i terrenget som skredene nådde. I sammenheng med skråningsvinkelen av disse punktene, som vi viser i Figur 4c, kan man se at de alle fleste skredene når den flate dalbunnen som ligger noen få

meter over havet. Fordelinger for begge parameterne vi viser i Figur 4 b og c mellom begge vintrene er mer eller mindre like. Det finnes en ikke signifikant, positiv sammenheng mellom skredstørrelse og maksimum utløpslengde.

Himmelretningen for skredene er en funksjon av dalens orientering (Figur 4d). Hoveddelen av aktiviteten i begge vintre skjedde i nord og sør- til sørøstvendte heng.



Figur 4: Topografiske skredparametre som a) skredstørrelse, b) maksimum utløpslengde, c) skråningsvinkel av maksimum utløpslengdepunkt og, d) himmelretning av skredene. De tre siste parameterne er punktmålinger i motsetning til skredstørrelsesparameter. Verdier på y-aksene er absolutte verdier for antall skred (N).

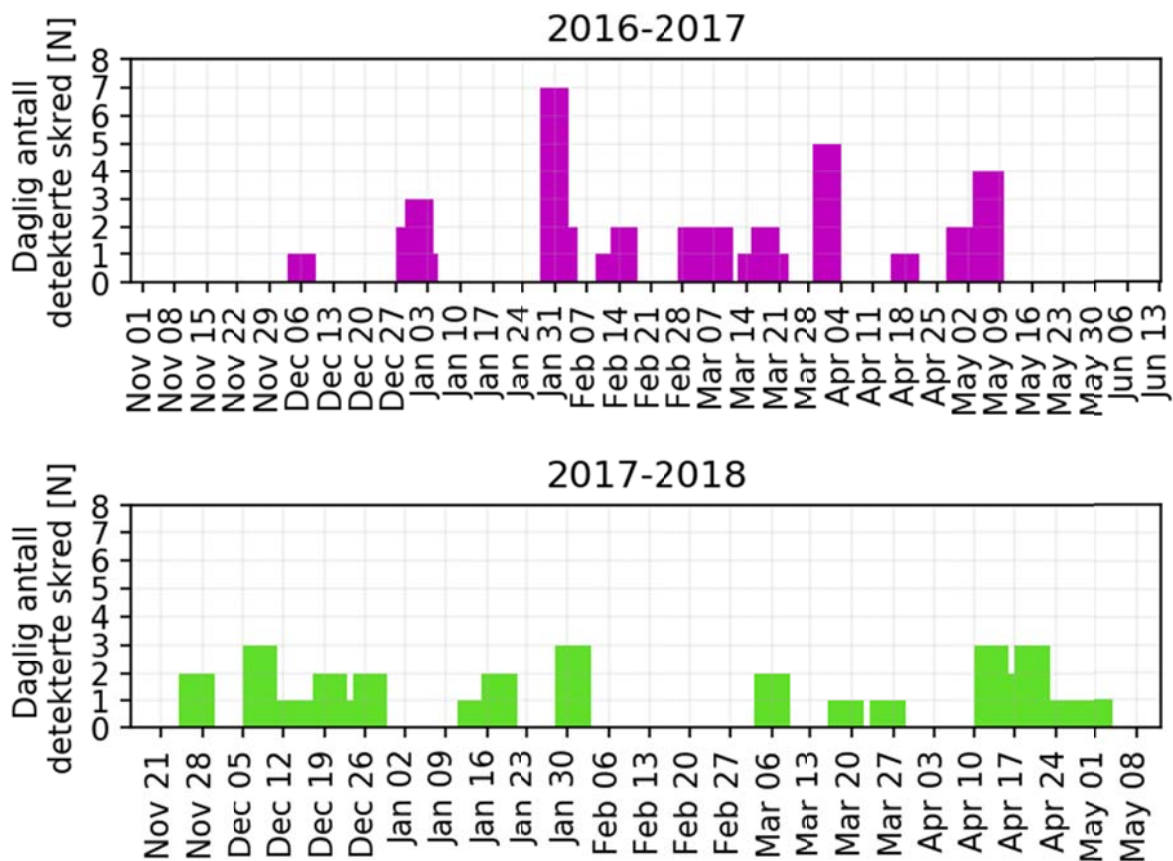
### 3.3. Temporal fordeling av detektert skredaktivitet

Skredaktivitet i 2016-2017 var mye mer jevnt fordelt over vinteren enn i 2017-2018 (Figur 5). Det skyldes først og fremst den lange høytrykkperioden i februar 2018, som førte til ingen skredaktivitet i nesten 5 uker. Likevel ser det ut som det kan gå skred gjennom hele vinteren i området siden vi detekterte skred så tidlig som november og så sent som mai.

Fra daglig antall detekterte skred ser man at vi hadde flere skredsykluser i vinteren 2016-2017 som samsvarer med mye skredaktivitet som vi observerte på de samme tidspunktene i Troms. Fra vårt Troms datasettet vet vi at det skyldes 'nysnø' som skredproblem. Mesteparten av skredaktiviteten i mars 2018 derimot skyldes mest sannsynlig 'vedvarende svakt lag' som skredproblem. I begge vintrene kan vi gå ut ifra at skredene i slutten av sesongen mest sannsynlig var våte snøskred.



Oppdraget var å detektere skred i perioden 1 november – 30 juni. Vi viser ikke hele deteksjonsperioden i Figur 5, men vi sjekket alle bildene i perioden. Fra andre uken i mai 2018 var de ingen snø i området lenger.



Figur 5: Daglig antall detekterte skred for begge vintre. Legge merke til forskjellen på tidslinje mellom vintrene.

## 4. Diskusjon

### 4.1. Usikkerhet tilknyttet skreddeteksjon med radarsatellitt

Kvantifisering av skredaktivitet i et gitt område gjennom en vinter kan tilsynelatende høres ut som en triviell oppgave. Vår erfaring er derimot at overvåking av skredaktivitet og nøyaktig tidfesting av utløsningstidspunkt i tillegg til nøyaktig kunnskap av utløpsområde med tradisjonelle metoder (synfaring e.l.) er veldig krevende. Deteksjon ved hjelp av radarsatellittdata er dermed et veldig viktig hjelpemiddel. Radardata fra Sentinel-1 satellittene leverer høyoppløselige bilder hver dag over Nord-Norge og gjør derfor daglig, konsistent skredovervåking gjennom en hel vinter mulig.

Men som andre fjernmålingsmetoder, så medfører også skreddeteksjon med radarsatellitt en del usikkerheter tilknyttet deteksjonsmetoden:

- a. Endringsdeteksjon av snø: I vår endringsdeteksjonsmetode bruker vi økning i backscatter fra skred sammenlignet med uberørt snø. Siden skredavsetninger også består

av snø, kan endringsdeteksjon i samme medium noen ganger være utfordrende. Samtidig kan vi med C-band radar ikke skille mellom tørr snø og barmark. Det medfører at geomorfologiske landformer som skredtunger, jordskredavsetninger osv. kan feiltolkes som skred.

- b. Oppløsning av radardata: Vi valgte å nedskalere romlig oppløsning til 10 x 10 m. Dermed ble det mulig å detektere også små skred. Men ved nedskalering av oppløsningen øker støyen i bildet, noe som gjør at feiltolkning av små skred kan øke.

Med hensyn til usikkerheter presentert her, så antar vi at vi kan ha overdetektert en del, dvs. at det mest sannsynlig gikk det noen færre skred enn vi har detektert. Det skyldes også oppdragets natur, siden vi prøver å være på den sikre siden. Da er det vanligvis bedre å detektere for mange enn for få skred. I den manuelle tolkningen har vi lagt til grunn at vi merker ett skred som detektert også hvis vi er i tvil. I noen tilfeller ved små skred kan denne usikkerheten være betydelig, og dermed statistisk lede til overdeteksjon. Vi vil anta at denne overdeteksjonen er noen få prosent.

## 4.2. Usikkerhet tilknyttet kort overvåkingsperiode

En metode for å redusere usikkerheten tilknyttet til over- eller underdeteksjon er å inkludere en lengere tidsserie. Vi har gjort det utenfor kontrakten ved å detektere også skredaktivitet i vinteren 2016-2017. Dermed kunne vi se at det fantes flere skredutsatte områder med årlig aktivitet. Dette øker vår trygghet på at skredaktivitetskartet er korrekt.

Et annet viktig punkt knyttet til bruk av en lengre tidsserie er at man skaper seg en bedre oversikt over den romlige variabilitet av skredaktivitet mellom vintrene. Sentinel-1 data over interesseområdet er tilgjengelig siden vinteren 2014-2015, dermed kunne man jobbet med en 4 år lang overvåkingsperiode. Supplert med geomorfologiske studier av historisk skredaktivitet kunne man da danne seg et meget godt bilde av skredaktiviteten både i rom og tid.

## 5. Konklusjon

Vi har brukt radarbilder fra Sentinel-1 satellittene til manuell deteksjon av skred i det aktuelle interesseområdet for vintrene 2016-2017 og 2017-2018. Skredaktivitet av minimum størrelse 'små' ble detektert begge vintrene, og mesteparten av skredene stoppet opp i den flate dalbunnen.

Gitt de angitte usikkerhetsfaktorer knyttet til vår endringsdeteksjonsmetode, radarbildeoppløsning og en relativt kort tidsserie antar vi at vi har overdetektert skredaktiviteten noe. Dvs, at vi har også tolket noen 'features' som skred som vi var litt usikre på. Dette er fordi vi synes at for denne type oppdrag er det nyttig å detektere noen få skred for mye enn for lite. Overdeteksjonen er imidlertid liten, noen få prosent.

Til tross for den nevnte overdeteksjonen, er vi likevel sikker på at vi har gitt en god beskrivelse over hvor og når det har gått skred de siste to vintrene, som i lag med egne observasjoner og geomorfologiske signaturer i landskapet kan danne et godt grunnlag for skredrisikovurdering tilknyttet planlagt anleggsarbeid.

## 6. Referanser

Eckerstorfer, M., et.al., 2017. A complete snow avalanche activity record from a Norwegian forecasting region using Sentinel-1 satellite-radar data. *Cold Reg. Sci. Technol.*  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2017.08.004>

Eckerstorfer, M., et.al., 2015. Remote sensing of snow avalanches: recent advances, potential, and limitations. *Cold Reg. Sci. Technol.*: 45.doi:10.1016/j.coldregions.2015.11.001

Vickers, H., et.al., 2017. Synthetic Aperture Radar (SAR) Monitoring of Avalanche Activity: An Automated Detection Scheme, in: Sharma, P., Bianchi, F.M. (Eds.), *Image Analysis: 20th SCIA 2017, Proceedings, Part II*. Springer International Publishing, Cham, pp. 136–146

Vickers, H., et.al., 2016. A method for automated snow avalanche debris detection through use of synthetic aperture radar (SAR) imaging. *Earth Space Sci.* 18. doi:10.1002/2016E000168

## Vedlegg:

**AvlActivity\_2016-2018.xlsx:** Database med alle detekterte skredene inklusive topografiske parametre.

**AvlAct\_2016\_2017.zip og AvlAct\_2017\_2018.zip:** Shp-filer av detekterte skred inklusive topografiske parametre.