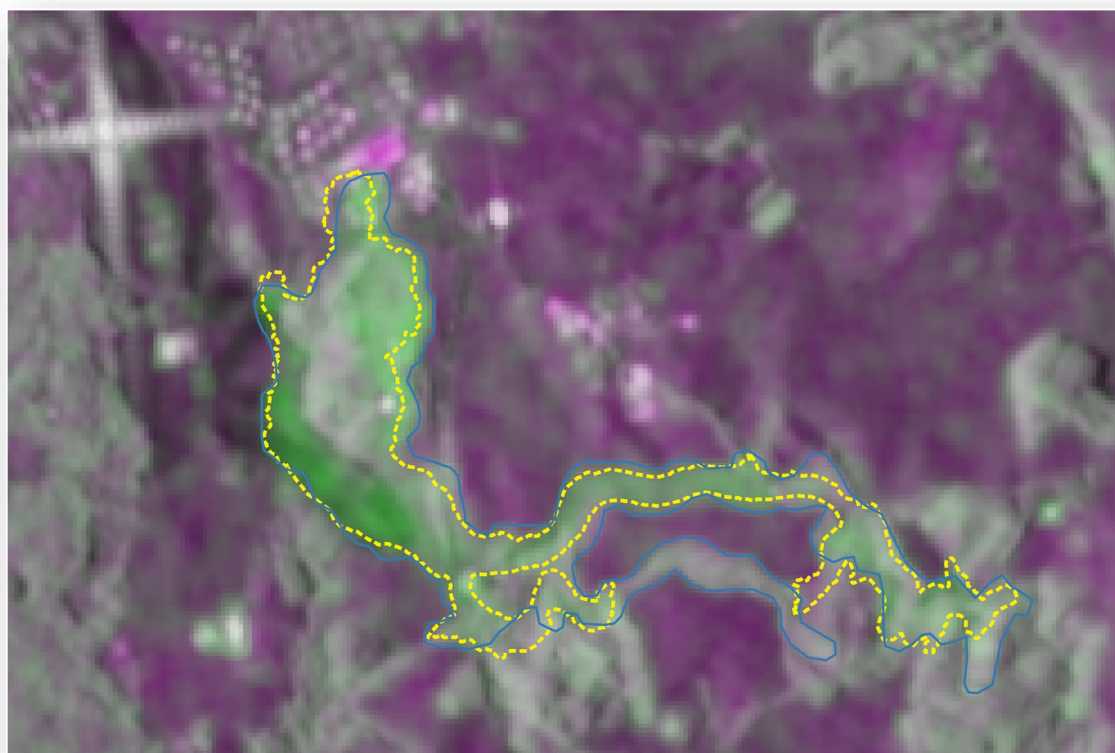


Analyse av Sentinel-1 data til deteksjon og varsling av kvikkleireskredet på Gjerdrum

Eirik Malnes og Markus Eckerstorfer



Prosjekttittel: Skred Gjerdrum
Prosjektnummer: 104114
Institusjon: NORCE Norwegian Research Centre
Oppdragsgiver: Norsk Romsenter

Gradering: Åpen
Rapportnr.: 4-2022
ISBN: 978-82-8408-246-2
Antall sider: 33
Publiseringsmnd.: Juli 2022

Oslo/Bergen, 15.07.2022

Eirik Malnes
Prosjektleder

Markus Eckerstorfer
Kvalitetssikrer

Kjell Arild Høgda
Leder

Innhold

Sammendrag	3
1. Innledning	4
2. Teori	6
3. Data og metoder	7
4. Resultater	11
5. Diskusjon og konklusjon	31
6. Referanser	32

Sammendrag

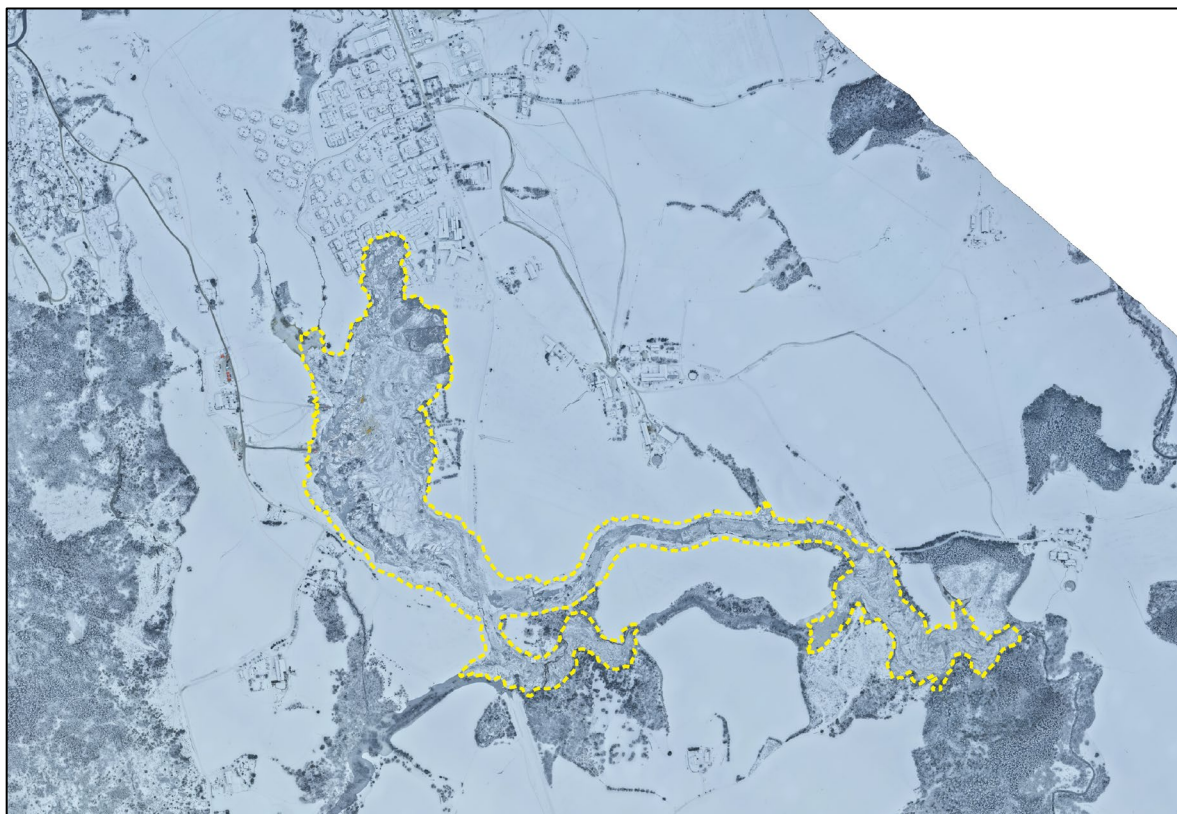
Rapporten gir en oversikt over arbeidet gjort i prosjektet «Analyse av Sentinel-1 data i forkant av kvikkleireskredet på Gjerdrum» finansiert av Norsk Romsenter med kontraktnummer 74CO2102. Prosjektets formål var å undersøke om backscatter data fra Sentinel-1 satellittene kan gi nyttig informasjon fra området rundt kvikkleireskredet i Gjerdrum i Desember 2020. En ønsker spesielt å finne ut om slike data i framtiden kan brukes til å detektere endringer i terrenget som har betydning for stabilitet og eventuelt kan brukes til varslingsformål.

NORCE har utført arbeidet som spesifisert i kontrakten. Vi finner at skredet er godt synlig i Sentinel-1 data, spesielt etter at ulike filtreringsmetoder er anvendt. Vi har studert de ulike backscatter tidsseriene fra perioden før skredet og finner for enkelte posisjoner endringer som kan være forenelig med økt jordfuktighet høsten før skredet som følge av mye regn. Vi påviser også at våt snø var til stede i deler av området i forkant av skredet. Det er imidlertid vanskelig å påvise entydige målinger som ville kunne gitt opphav til varslingsformål. Generelt kan vi si at den typen kulturområder som Gjerdrum består av med småhusbebyggelse omgitt av landbruksområder også gir store endringer i radarbackscatter som delvis er forårsaket av menneskeskapte endringer (eks. dyrking, vanning og bearbeiding av jorda) samt årstidsvise endringer som regnperioder og vekslende snødekke (våt/tørr). Totalbildet som man får ut av analyser av tidsserier kan ofte tolkes i en kontekst, men det kan være krevende å utvikle generelle deteksjonsmetoder som er egnet for varslingsformål. Framtidige sensorløsninger med bedre temporal og romlig oppløsning kan tenkes å kunne kombineres med f eks kunstig intelligens til å være mer responsive til varslingsformål, men det er vanskelig å se for seg at man kan oppnå dette med dagens sensorer.

Vi mener imidlertid at det kan være nyttig for NVE og andre myndighetsorgan for beredskap(kommuner, direktorat) å også kunne ha tilgang på en del av de analyse/dokumentasjonsmulighetene som drøftes i rapporten. Mange mindre skredhendelser skjer ofte uten at de blir godt dokumentert. RegObs er et rammeverk for slik dokumentasjon, men det kan kanskje ha betydning å også kunne assosiere observasjonene med satellittbilder der disse gir en verdi. I siste avsnitt viser vi at for flere aktuelle skredhendelser (jordskred/leirskred) finner vi ofte signaturer som kan brukes som komplementær informasjon om omfang av skredene. NVE har fra 2022 inngått en FOU-samarbeidsavtale med Norsk Romsenter der deler av disse problemstillingene vil kunne berøres.

1. Innledning

Den 30 desember 2020 på natta gikk et stort kvikkleireskred i Gjerdrum kommune på Romerike i Viken fylke (Figur 1). Skredet tok med et titalls hus og flere familier rakk ikke å evakuere før de ble tatt. En stor redningsaksjon ble igangsatt. Denne gikk etter hvert over i søk etter omkomne. I alt 10 personer omkom i skredet. Den siste ble funnet 22 mars 2021.



Figur 1: Høyoppløselig flybilde som viser omriss av kvikkleireskredet i Gjerdrum (Figur fra NVE).

NVE gjennomfører systematiske undersøkelser for å kartlegge forekomster av kvikkleire. Tradisjonelt har dette blitt gjort ved å ta kjerneprøver der man borer 10-20 m ned i bakken. Disse undersøkelsene tar lang tid. I områder der det er fastslått kvikkleire må utbyggere ta hensyn til dette. Dette er et kontroversielt tema som vi ikke vil belyse i denne rapporten.

Norsk Romsenter ønsker å vurdere om Sentinel-1 kan brukes til å overvåke forhold i forkant av skred (jordfuktighet, snøforhold mm.) og satte i gang dette prosjektet. I avsnitt 1.1 beskrives oppdraget i detalj.

1.1 Oppdrag

- Prosjektbeskrivelse ble utarbeidet i slutten av januar 2021. I prosjektet skal tidsserier for hele perioden med Sentinel-1 (høsten 2014- nå) analyseres for det

aktuelle området. Dette gir et datasett som skal kunne analyseres med tanke på å trekke ut informasjon om:

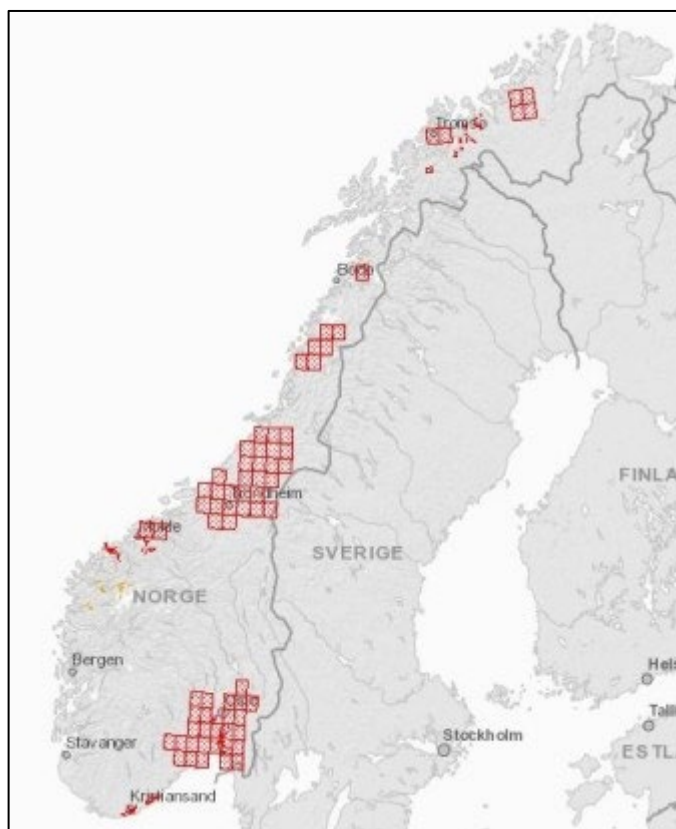
- Backscatter-tidsserie for de ulike geometriene som dekker området
- Sammenstilling av tidsserie med relevante meteorologiske data fra nærmeste met-stasjon.
- Jordfuktighet (relativt estimat) basert på historiske max/min verdier for området
- Identifisering av romlige og tidsbestemte ekstremisituasjoner (max/min)
- Tidspunkt og hyppighet av våt snø i området (tidsserie med våtsnøkart)
- Utstrekning av innsjø i nedkanten av skredområdet gitt at dammen kan detekteres (tidsserie for areal).
- Presentasjon av resultat
- Møte med utvalgte stakeholders
- Etterarbeid som oppfølging av møte (forbedringer, utvidet analyse)
- Analyse av mulige andre studieområder (f eks Alta, Talvik m.fl.)
- Rapport som oppsummerer resultatene

2. Teori

2.1 Kort om kvikkleire og kvikkleireskred

Kvikkleire er leire avsatt i områder som var under havnivå ved siste istid. Leira inneholder salt som gradvis har blitt vasket ut av grunnvann siden istida. Dersom kvikkleire utsettes for belastning p.g.a. av menneskelig eller naturlig aktivitet kan gitterstrukturen i leira kollapse og danne en flytende suppe. Kvikkleireskred beveger seg raskt og store områder kan bli fullstendig ødelagt.

I kartet under vises de områdene som har mest kvikkleire i Norge (Figur 2). Trøndelag og Østlandet er mest utsatt, men også områder i Troms og Finnmark har hatt store skred.



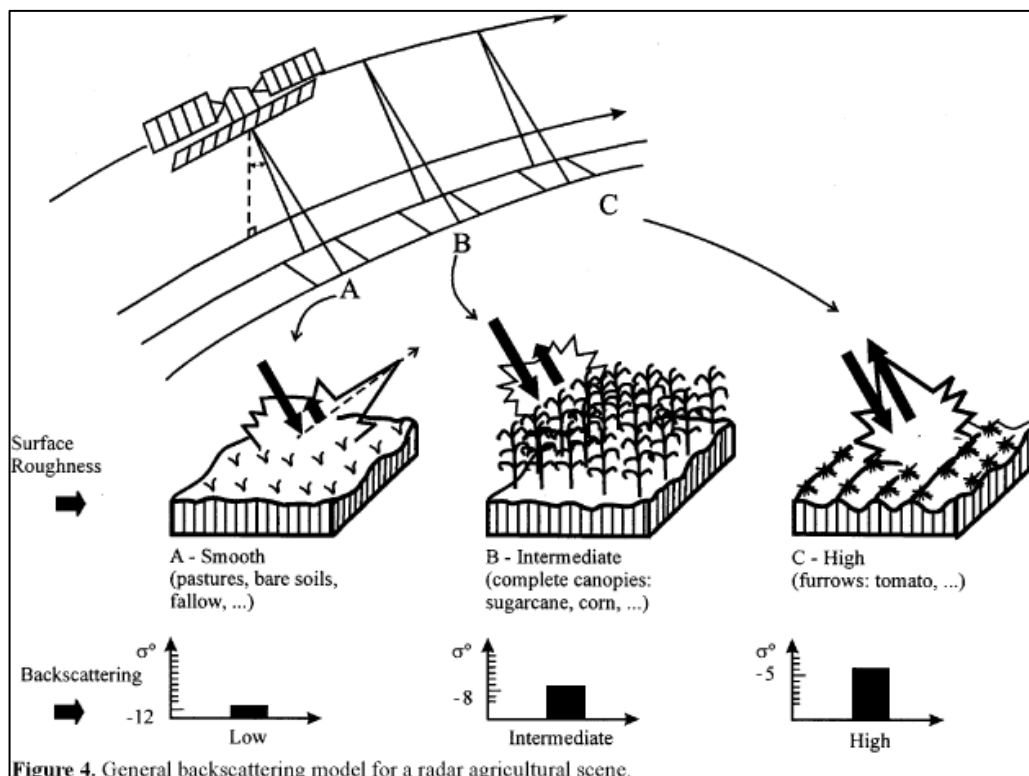
Figur 2: Områder med mye kvikkleire i Norge markert med rødt (Kart fra NVE)

2.2 Kort om SAR og Sentinel-1 data.

Hva observerer Sentinel-1? Overflate ruhet. Litt følsomhet til fuktighet i overflata. Lite penetrasjon i bakken...

- Backscatter = relativ returnert signal amplitude fra bakken

- Overflateruhet: kontrollerer i stor grad amplituden (ru=stor backscatter, glatt=lite)
- Andre faktorer: jordfuktighet, jordtype, våt snø, vegetasjon, skog, bygninger (sterk), pløying, frost mm.
- Innfallsvinkel: Liten innfallsvinkel gir sterkere signal enn stor
- Signalet penetrerer ikke bakken (C-band, ~ 1cm)



Figur 3: Backscatter modell for ulike typer overflateruhet

3. Data og metoder

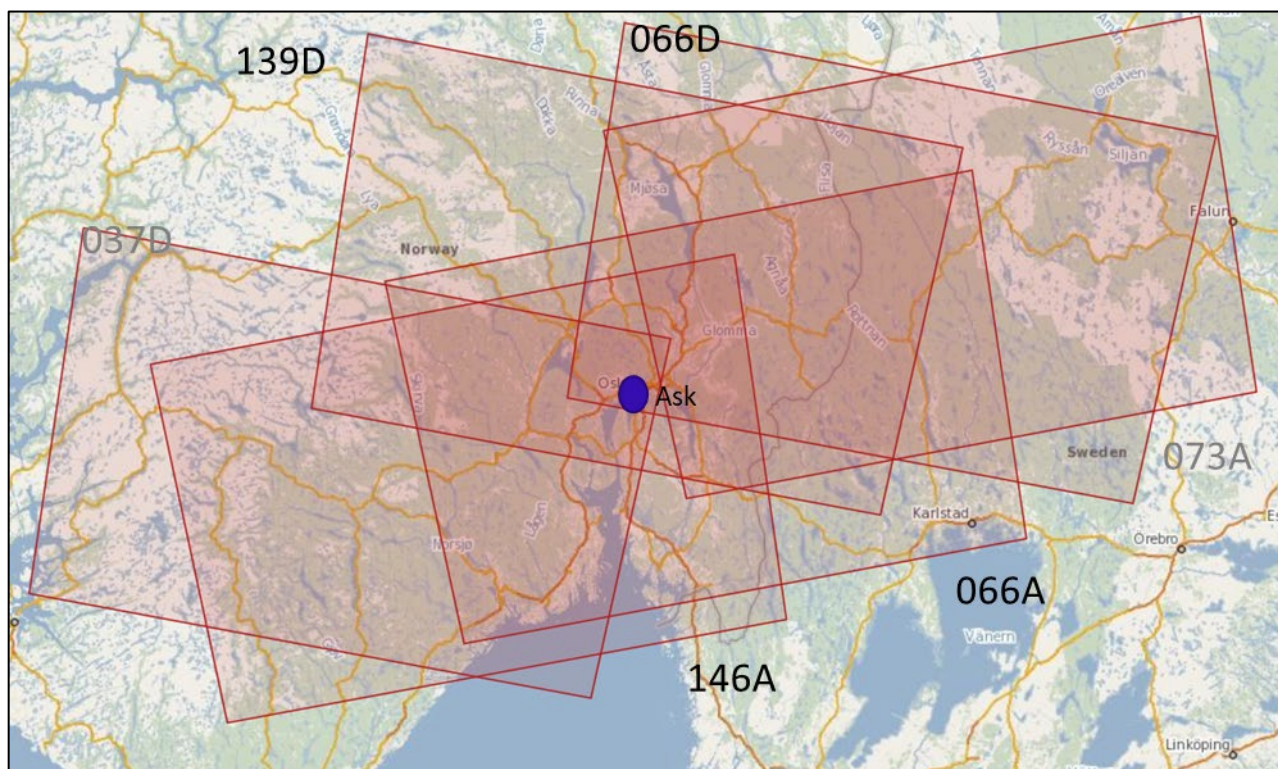
3.1 Sentinel-1 dekning over Gjerdrum

Sentinel-1 arkivet har ca 1171 S1 scener i perioden 20141004 og 20210129 som helt eller delvis dekker området der skredet i Gjerdrum gikk. Som vist i Figur 4 er det 6 geometrier som dekker området, men 2 av geometriene har svært få deknings. Vi har derfor valgt å konsentrere oss om de fire geometriene som dekker området best. Dette svarer til to descending geometrier (morgen pass som ser mot høyre fra vest) og ascending (ettermiddagspass som ser mot venstre fra øst).

4 geometrier (2 DES,2ASC)

Tracks: 139D, 146A , 066D, 044A (syklisk rekkefølge)

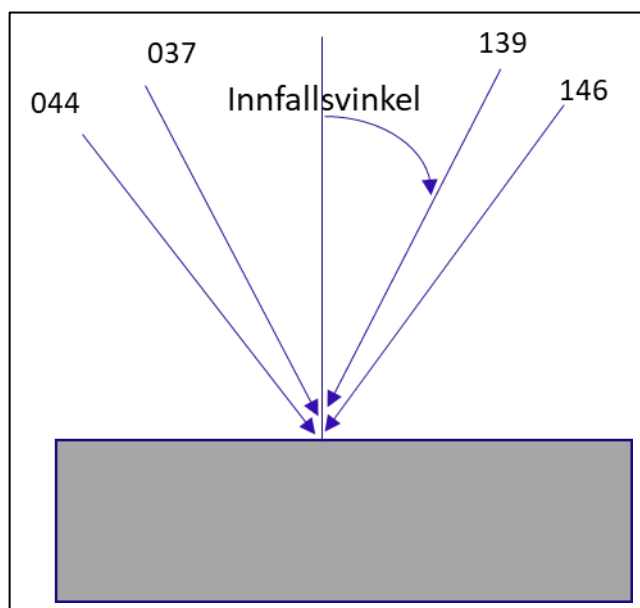
Det finnes også noen scener med geometriene 037D og 073A, men betydelig færre og bare med delvis dekning over området



Figur 4: Sentinel-1 dekning for de ulike geometriene som dekker Ask / Gjerdrum.

4 ulike geometrier med ulik innfallsvinkel (Figur 5):

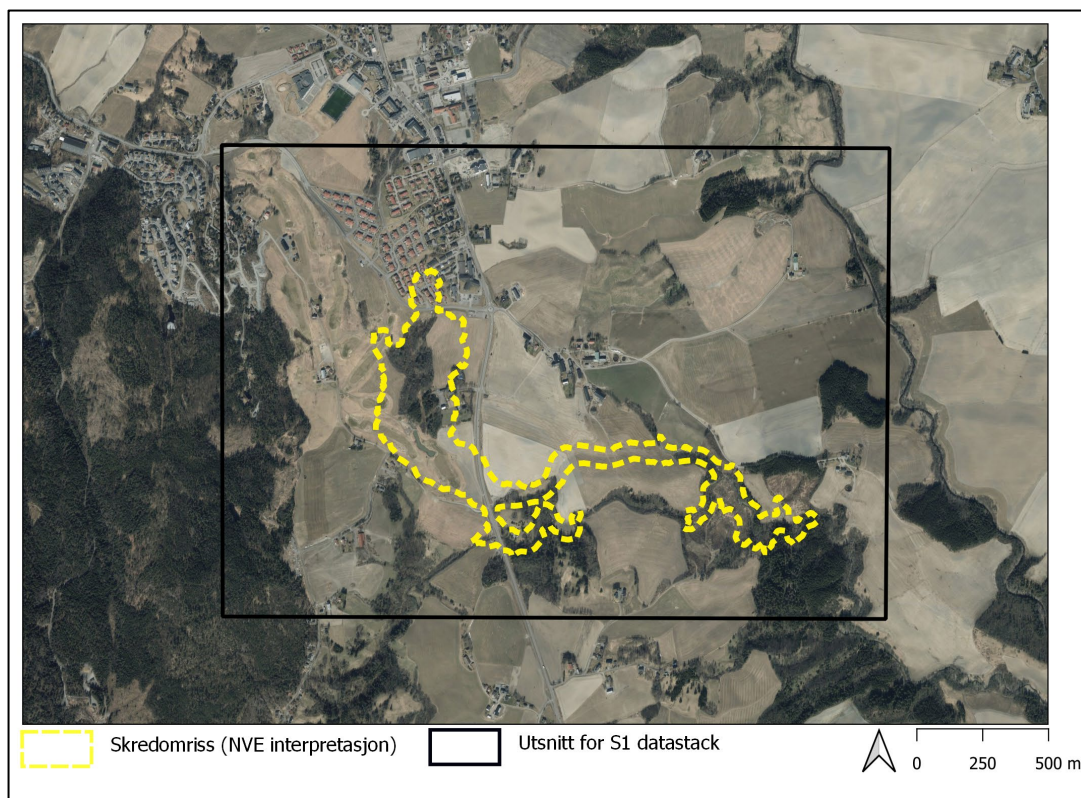
037	DES	31 grader	Morgen
044	DES	44 grader	Morgen
139	ASC	35 grader	Kveld
146	ASC	41 grader	Kveld



Figur 5: Innfallsvinkler for de ulike Sentinel-1 geometriene som dekker Ask.

3.2 Prosessering av tidsserie

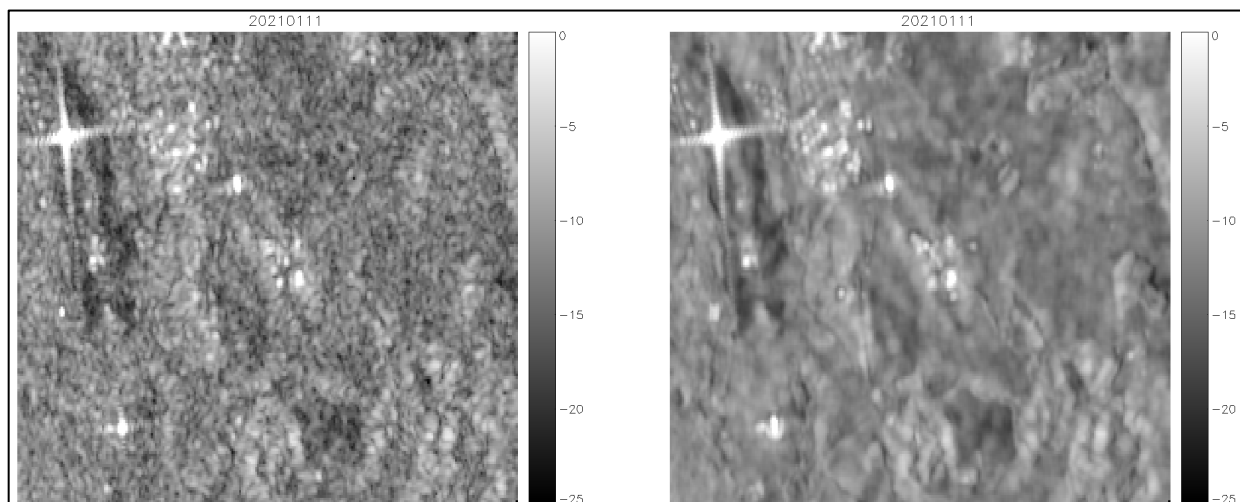
NORCE prosesserte tidsserien med 1171 S1 scener fra perioden 20141004 til 20210129. Her brukte vi NORCE in house prosesseringsverktøy GDAR som leverer geotif-filer for hhv VV og VH-polarisasjon. Alle bildene ble georeferert til UTM WGS-84 z 33 projeksjon. Vi bruker et fast utsnitt på axb pixler (Figur 6). Utsnittet ble forandret underveis for å få med hele skredområdet, men det er viktig for å unngå for tung prosessering.



Figur 6: Utsnitt for S1 datastack over Ask.

Vi valgte å bruke 10 x 10m romlig oppløsning siden vi ønsker å studere endringer på en forholdsvis liten skala. Dette er den høyest mulige oppløsning som kan brukes med S1 data og tilsvarer 1 look, dvs ingen romlig midling. Erfaringsmessig har disse dataene svært mye støy, også kalt 'speckel'.

Det finnes ulike metoder for å redusere bidrag fra speckle i SAR bilder. Romlig midling med vektig (median eller Kean-filter). NORCE har valgt å bruke et multi-temporal/romlig filter som først ble pulisert av Quegan et al. (2001). Ideen her er å kombinere data fra tidsserien med lik geometri siden speckle-statistikken for hver geometri skal være lik. I figuren under vises et eksempel på samme bilde med og uten Quegan filtrering. Filteret kan tilpasses ved å vekte temporal og romlig midling slik at man oppnår en fornuftig balanse.



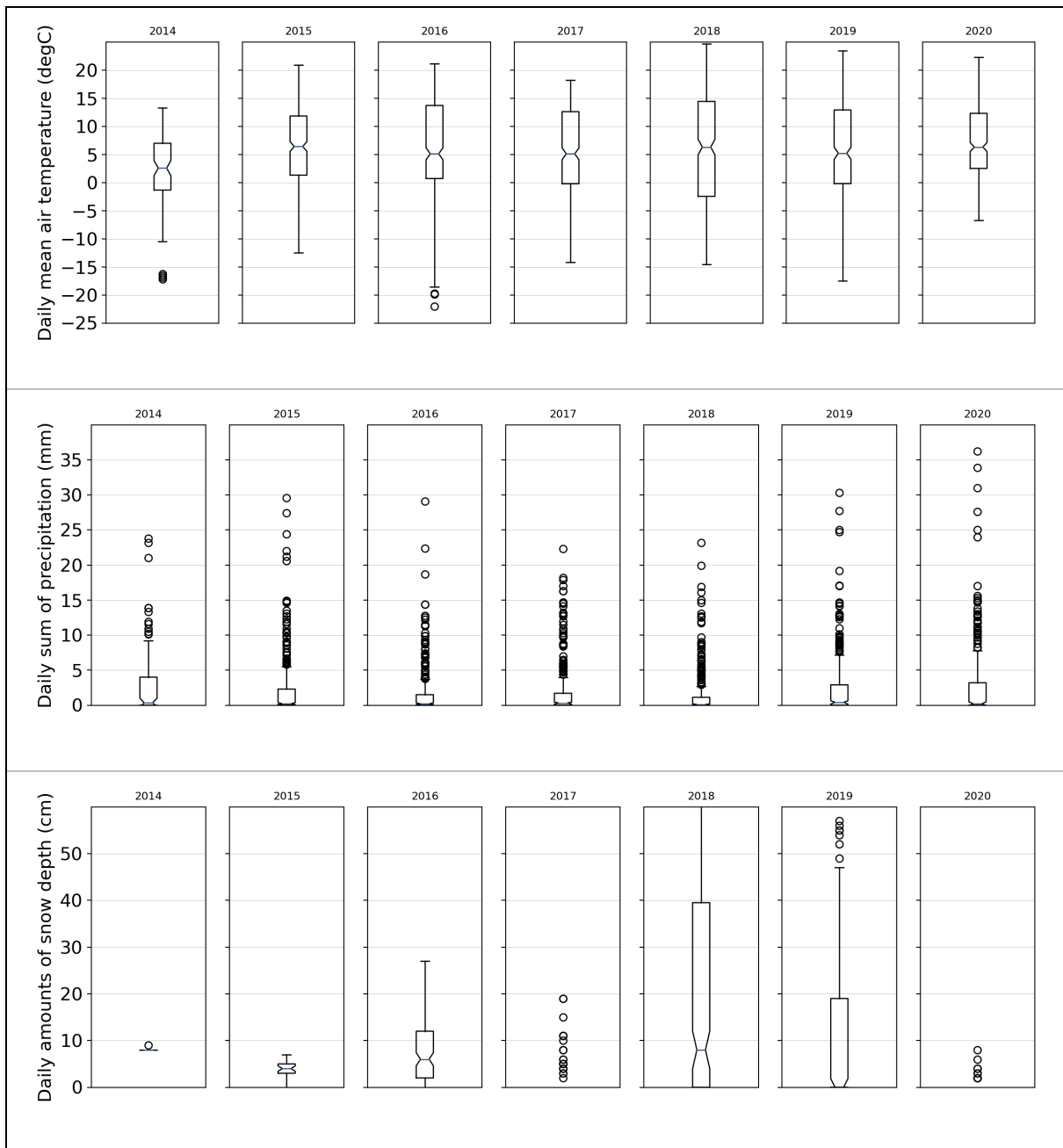
Figur 7: SAR bilder fra 20210111 uten filter (venstre) og med filter (høyre).

4. Resultater

4.1 Meteorologiske forhold i Gjerdrum

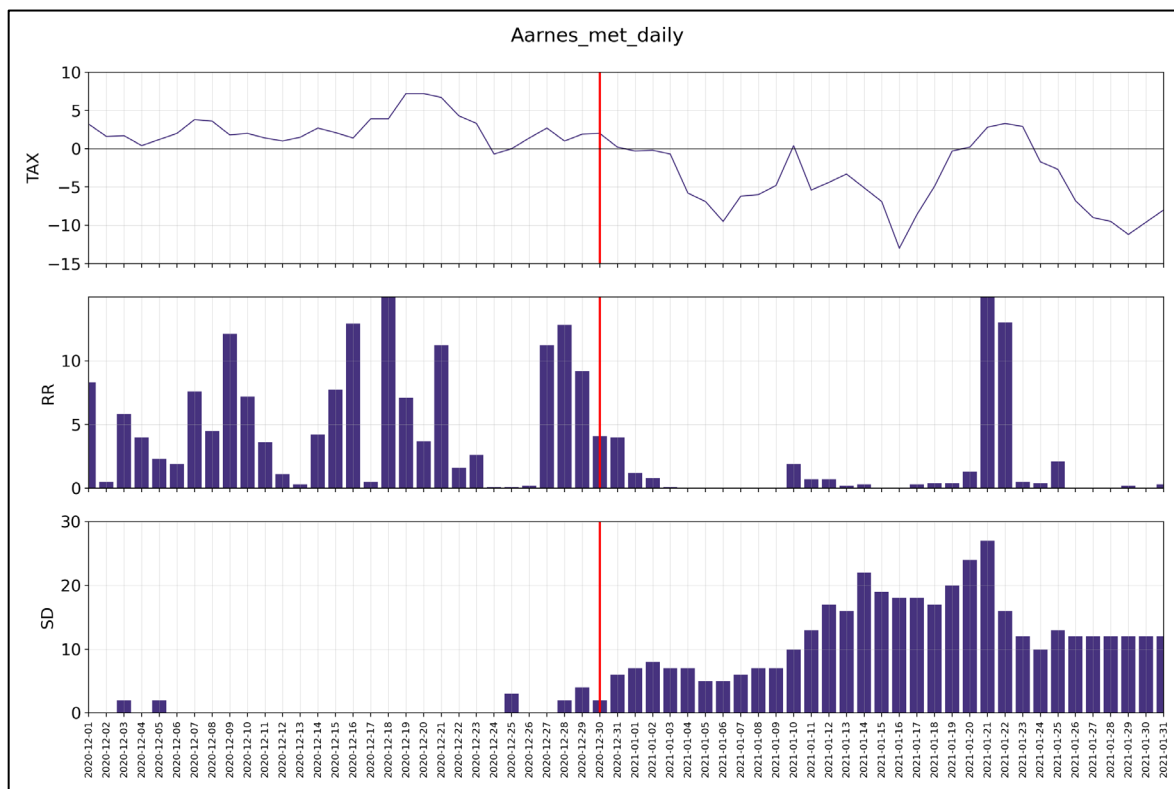
Meteorologiske forhold, særlig snødekningsgrad og snøfuktighet påvirker backscatter signalet. Siden vi laget en tidsserie fra 2014 – 2020 med SAR backscatter bilder var vi interessert i hvordan værforholdene er i Gjerdrum, for å bedre kunne tolke SAR bildene. Vi hentet meteorologisk data fra Årnes som ligger 35 km vest fra Gjerdrum og er dermed den nærmeste stasjonen som måler også snødybde.

Det er generelt lite variabilitet i årlig gjennomsnittstemperatur og nedbør (Figur 8). Men avvikere i nedbør og snødybdemålinger i 2020 viser nok at det siste året har vært fuktig og mildt med lite snø. Det er nok en del variabilitet i snødekke som mest påvirker backscatter signalet om vinteren.



Figur 8: Meteorologiske forhold i Årnes, som ligger 35 km vest av Ask.

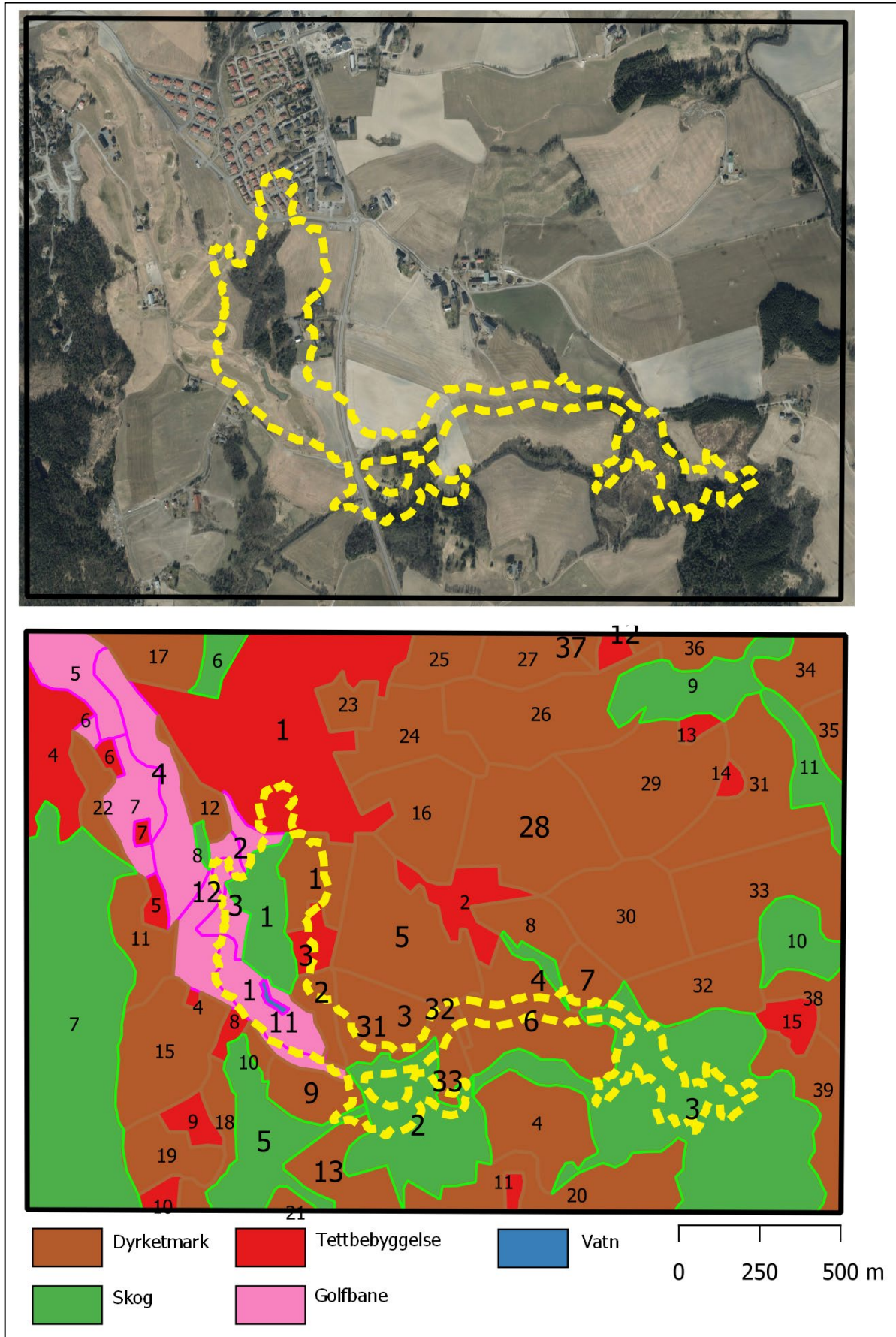
Når vi ser nærmere på værforholdene i desember 2020 og januar 2021 så ser man at det var en våt desember med mye regn og temperatur stort sett over 0 grader. Skredet går etter en nedbørstung periode hvor temperaturen var bare litt over 0 grader før det ble kuldegrader og snø. I januar bygget det seg opp et tynt snødekke som ble påvirket av regn i midten av januar.



Figur 9: Daglig meteorologiske verdier fra Årnes i perioden desember 2020 – januar 2021. Den vertikale røde streken viser tidspunktet kvikkleireskred utløste. TAX = maks daglig temperatur, RR = nedbør, SD = snødybde.

3.2 Tidsserien fra Gjerdrum

Vårt første steg i tidsserieanalysen var å kartlegge landdekningstyper fra et Norgedigitalt flybilde (Figur 10). Det er fire ulike landdekningstyper med skog, tettbebyggelse, golfbane og dyrketmark. I tillegg er det en kunstig innsjø i golfbanen som er av interesse og ble dermed kartlagt. Vi videre delte de ulike landdekningstyper inn i homogene områder som førte for eksempel til 39 ulike dyrketmark områder (Figur 10).



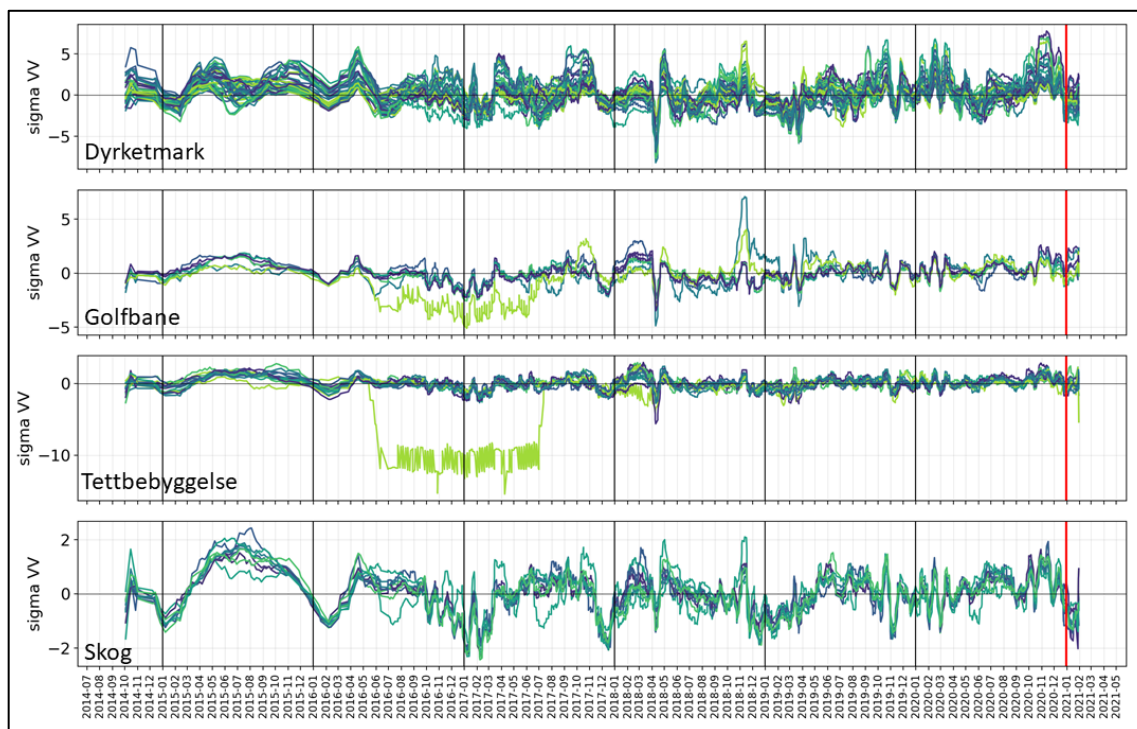
Figur 10: Inndeling av studieområde i landdekningsstyper enheter.

Fra alle landdekningstyper og sine homogene områder hentet vi ut backscatter tidsserier (sigma) for vv og vh polarisasjoner. Vi viser disse tidsseriene i Figur 11, samlet etter landdekningstyper.

Det vi ser er at det er mye variabilitet i backscatter mellom de ulike landdekningstyper, hvorav dyrket mark er de områdene som er mest dynamisk både gjennom et år, men også generelt i amplituden av SAR signalet. Det samme gjelder skogsområdene, men amplituden er med rundt 4 db mindre en i dyrket mark.

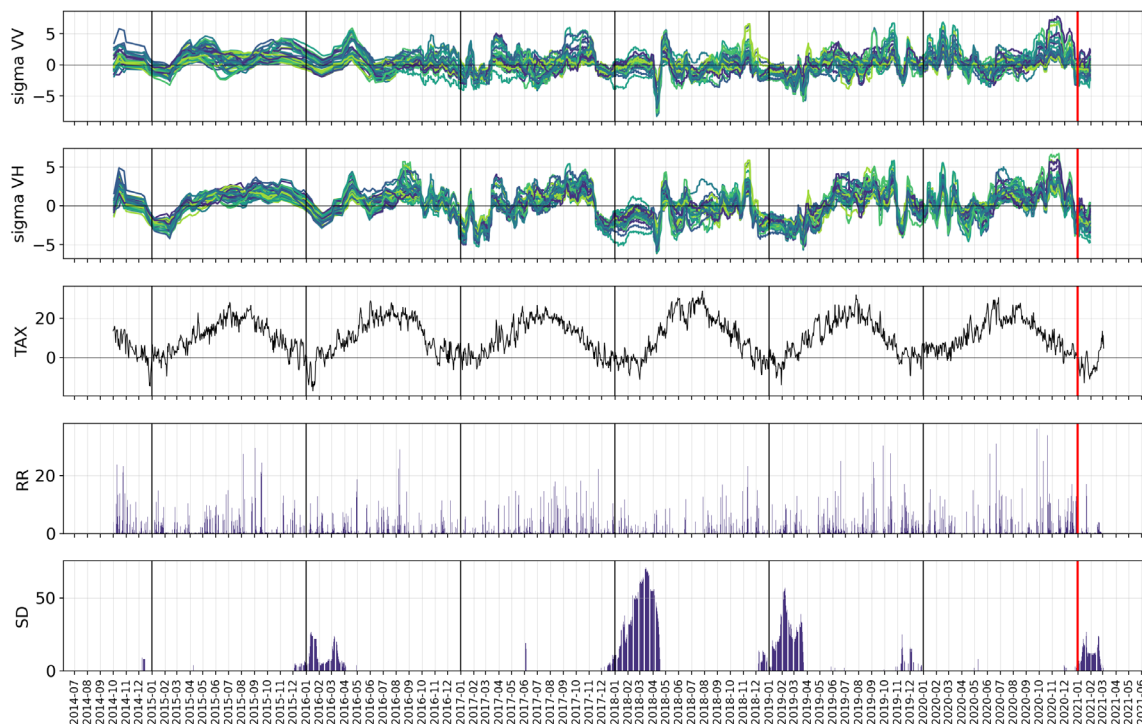
Dyrket mark forandrer seg mye i løpet av et år (veksts sesong) men også pga ulike ting som dyrkes. Samme gjelder skogen, som forandrer seg i løpet av et år, særlig løvskog.

Både golfbanen og tettbebyggelse viser lite amplitude i backscatter signalet. Vi ser noen områder som forandret seg der i 2016-2017 av uvisst årsaker.



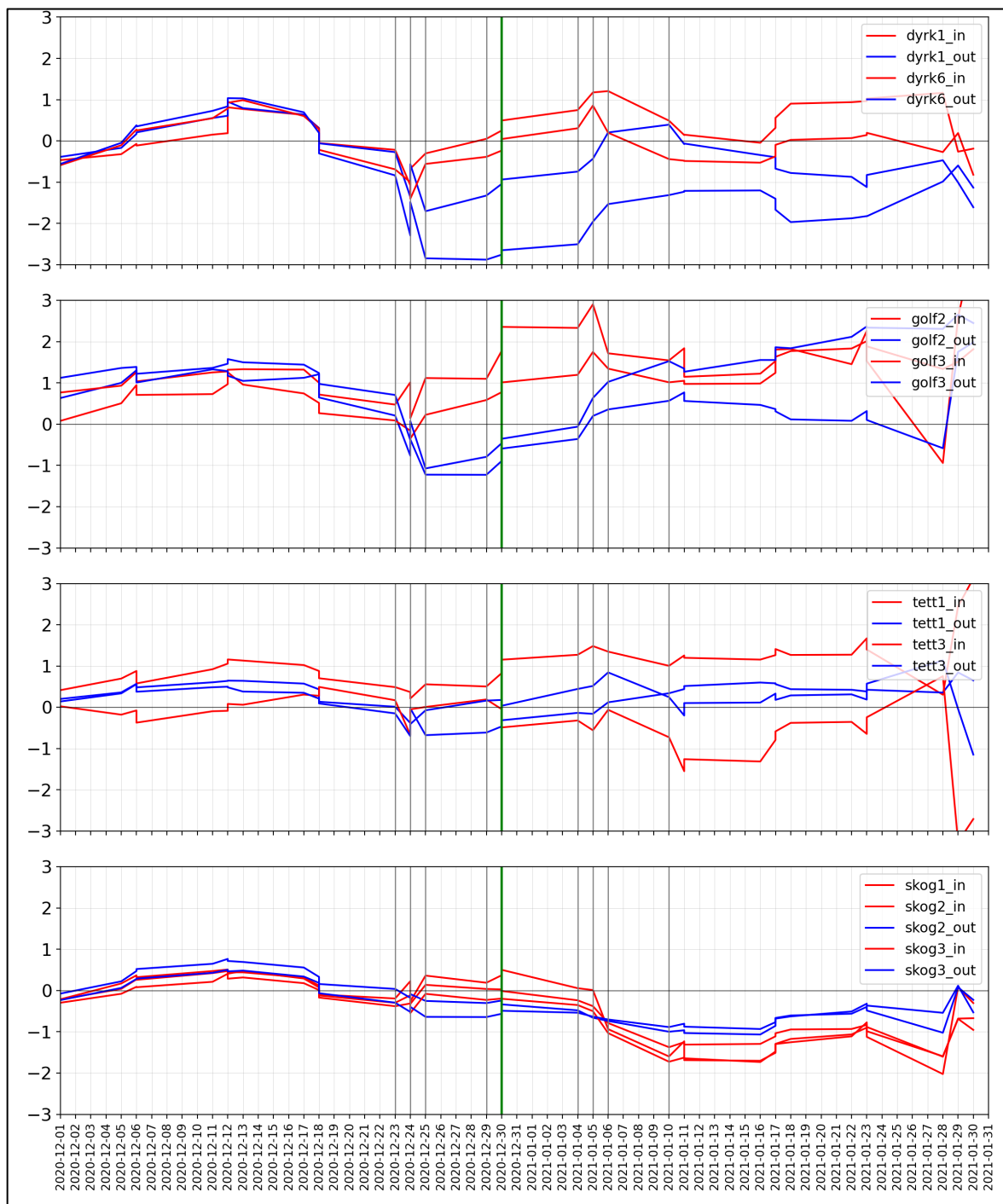
Figur 11: Backscatter tidsserie av alle landdekningstyper i studieområde. Den vertikale røde linjen viser tidspunktet kvikkleireskredet utløste.

I Figur 12 viser vi backscatter tidsserie i vv og vh polarisasjon bare for områdene klassifisert som dyrket mark. Backscatter i vh polarisasjon en generelt lavere, men viser samme amplitude som vv polarisasjon. Store utslag i backscatter, for eksempel i april og mai 2018 kan assosieres med snøsmelting.



Figur 12: Backscatter tidsserie av dyrketmark. Den vertikale røde linjen viser tidspunktet kvikkleireskredet utløste. TAX = maks daglig temperatur, RR = nedbør, SD = snødybde.

Som man ser i Figur 10 er det noen områder som ble påvirket av kvikkleireskredet, enten totalt eller delvis. Vi så på disse områdene nærmere og viser tidsserien av backscatter fra desember 2020 – januar 2021 i Figur 13. Her ser man at backscatter gikk generelt ned i alle områdene rett før jul 2020, sammen med temperaturen som nærmet seg kuldegrader. Også kan man observere en tydelig økning i backscatter rett etter skredet i de områdene som ligger i skredområdet (røde linjene). En ant interessant observasjon er at backscatter fra områdene innen og utenfor skredområde var likt rett til 23 desember også begynner de og skille seg. Områdene innenfor skredområde økte backscatter mens i de andre område avtok backscatter. Dette skjedde en uke før skredet gikk og tyder kanskje på en hvis dynamikk i jordoverflaten i forkanten av skredet.

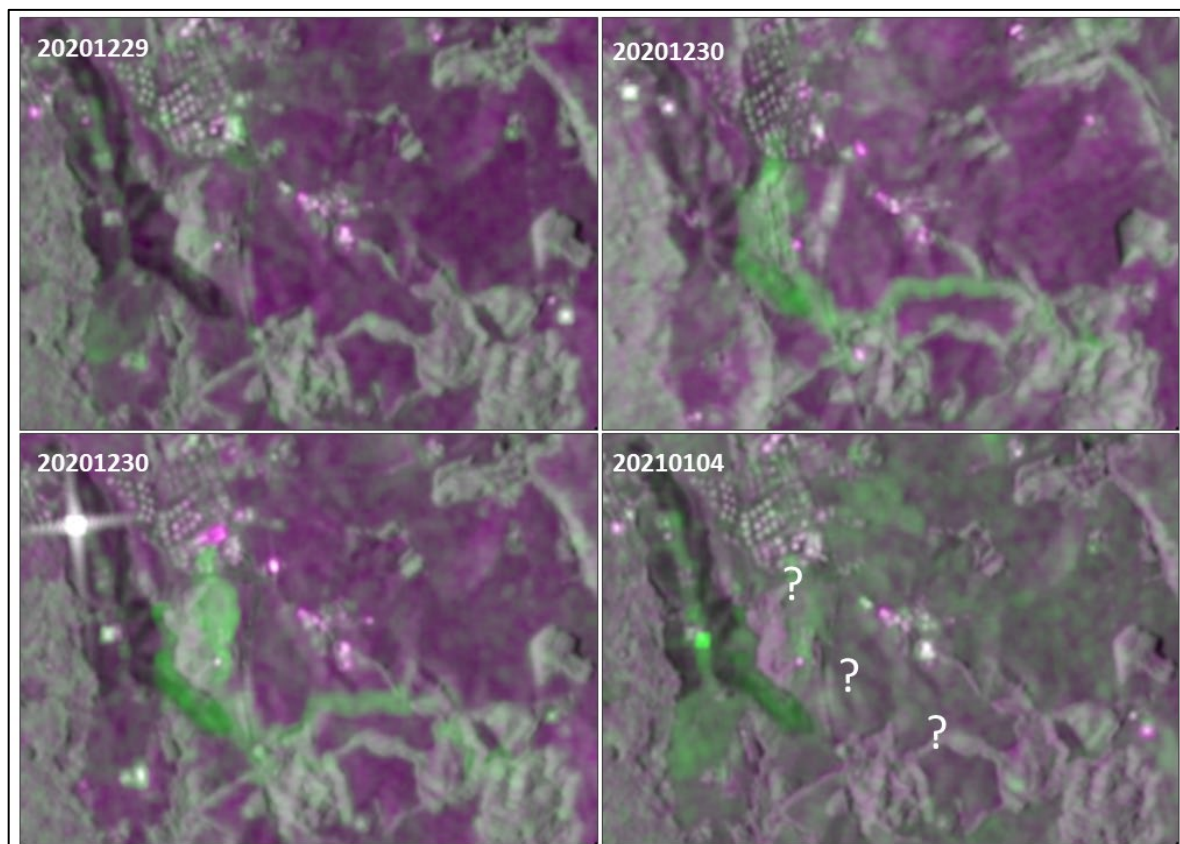


Figur 13: Backscatter tidsserie av landdekningstyper som delvis ligger innenfor og utenfor område påvirket av kvikkleireskredet. Den vertikale grønne linjen viser tidspunktet kvikkleireskredet utløste. De gråe linjene viser tidspunkt for Sentinel-1 bilde optak.

3.3 Endringsdeteksjon

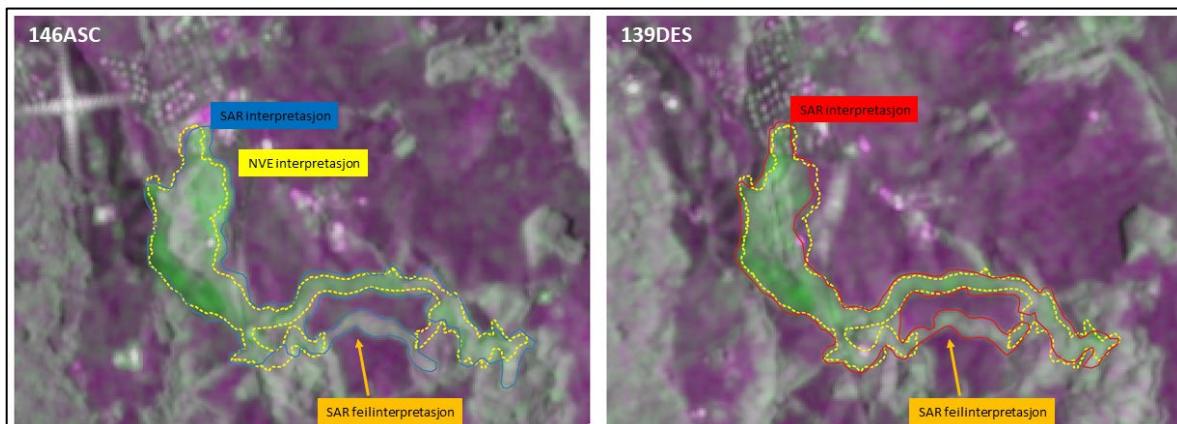
Vi laget RGB bilder som viser endringer i backscatter mellom to Sentinel-1 bilder av samme geometri og spor. En økning i backscatter vises da i grønn, mens en reduksjon i backscatter vises i lilla. Skredet er veldig tydelig synlig i både bildene fra 30 desember (Figur 14). Ingen endringer var synlig i RGB bildene i forkant til skredet som vi viser i bilde

fra 29 desember. Også var skredet ikke lenger synlig i RGB bildene fra 4 januar 2021, mest sannsynlig pga snø som har lagt seg over hele område.



Figur 14: Tidsserie av 4 RGB endringsdeteksjonsbilder før (2021229) og etter kvikkleireskredet.

Vi var videre interessert i hvor nøyaktig vi kunne tolke omrisset av skredet i RGB bildene. I Figur 15 har vi sammenlignet vår interpretasjon (SAR interpretasjon) med interpretasjon av omriss som ble gjort av NVE i høyoppløselige flybilder. Det viser seg at både interpretasjoner dekker seg stortsett, men i den sørlige delen av skredet feiltolket vi et område med skog som skredområde.



Figur 15: RGB endringsdeteksjonsbilder med omriss av kvikkleireskred fra NVE (interpretasjon fra optiske flybilder) og med omriss fra manuell interpretasjon i Sentinel-1 SAR bildene.

3.3 Jordfuktighet

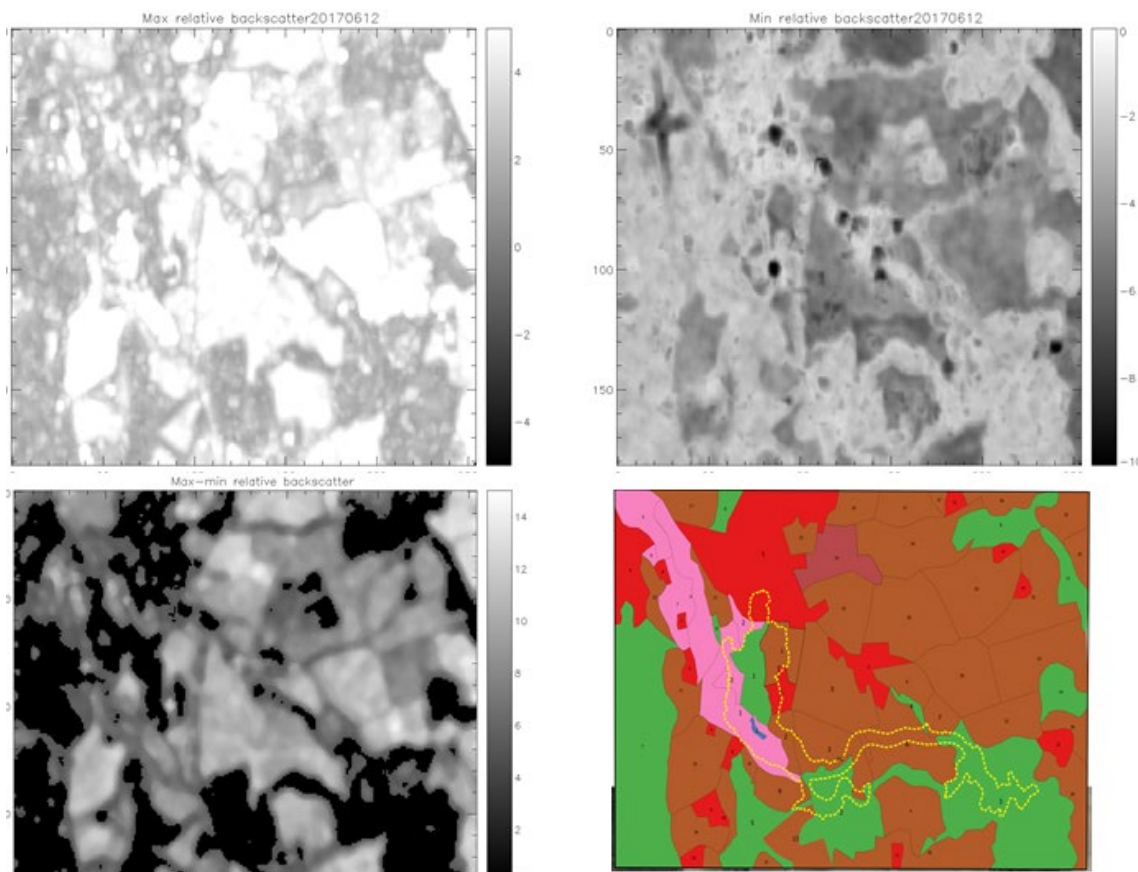
Sentinel-1 er ikke en optimal sensor for måling av jordfuktighet da penetrasjonsdybden i jord i stor grad avhenger av bølgelengde (5 cm for S1). Sensorer med lengere bølgelengde vil være bedre egnet, og ESA planlegger å skyte opp ROSE-L i 2028 med 20 cm bølgelengde vil penetrere 4 ganger så dypt.

Vi har implementert en enkel metode for å måle relativ jordfuktighet med Sentinel-1 basert på Zakarov et al. 2020. Metoden baserer seg på å skalere radar backscatter mellom historiske maksimum σ_{wet} (våt periode) og minimum σ_{dry} (tørr periode) for området lokalt. I tillegg gjøres en normalisering av innfallsvinkel for de aktuelle radarakvisisjonene ved å korrigere backscatter til midlere innfallsvinkel for sensoren 40° . Den relative jordfuktigheten blir da:

$$SSM = (\sigma^0(t) - \sigma_{dry}) / (\sigma_{wet} - \sigma_{dry}). \quad (1)$$

For vår tilnærming er har vi allerede normalisert innfallsvinkler slik at vi kan erstatte backscatter verdiene σ^0 , σ_{wet} og σ_{dry} med de relative motsatsene $\Delta\sigma^0$, $\Delta\sigma_{wet}$ og $\Delta\sigma_{dry}$

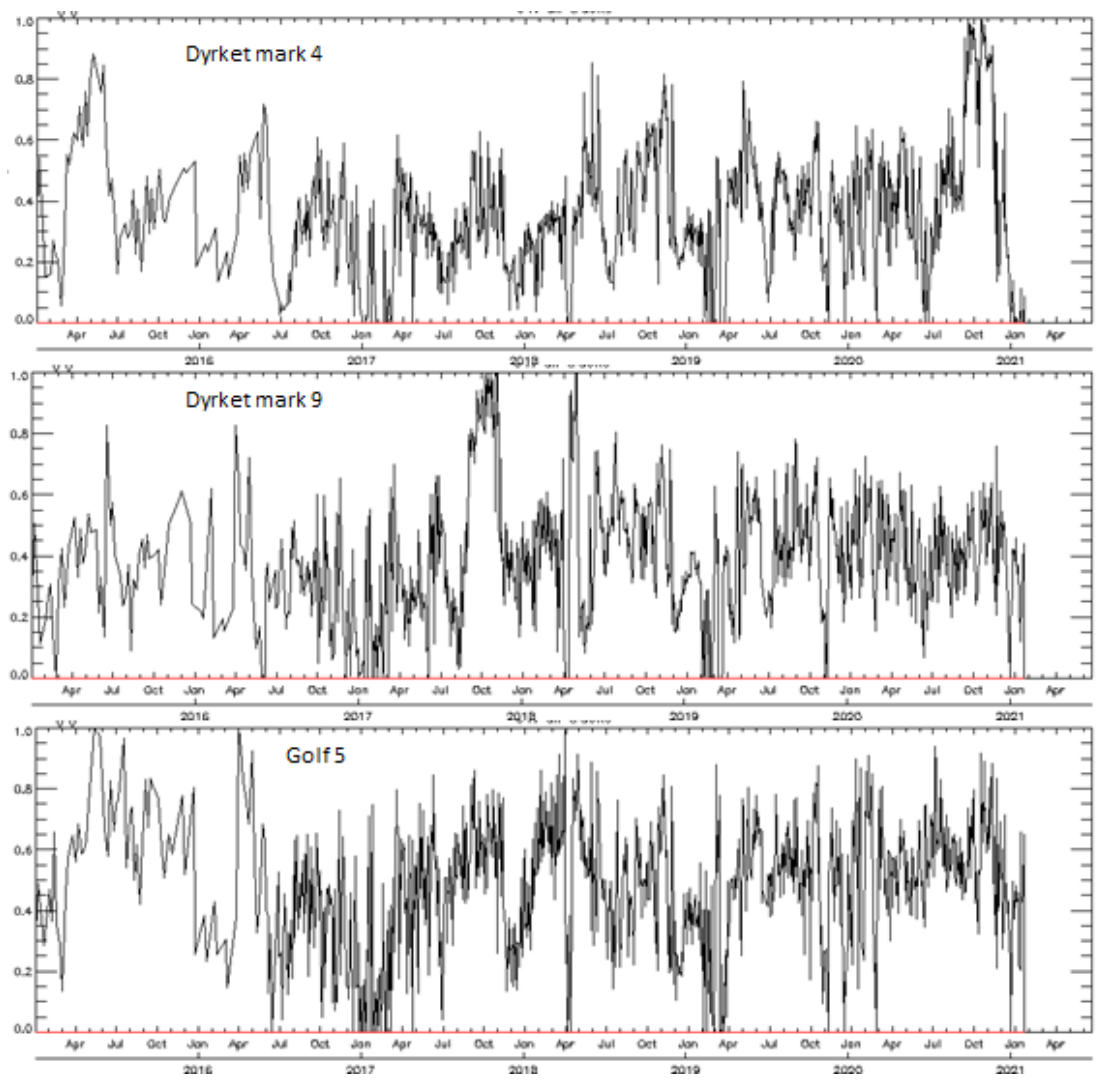
Figur 16 viser historiske maksimum og minimum relativ backscatter tilsvarende σ_{wet} og σ_{dry} i ligning 1. Vi viser også differansen mellom max og min ($\sigma_{wet} - \sigma_{dry}$). Ved å sammenholde med kartet for området sees at skogsområder har liten variabilitet, mens landbruksområder varierer betydelig. Det er også noe variabilitet fra landbruksområde til landbruksområde og det kan vel tyde på at det dyrkes ulike vekster med variabel biomasse på de ulike områdene.



Figur 16: Maksimum og minimum relativ backscatter for området. Under vises forskjell mellom max og min samt vegetasjonskartet for området

Resultatene fra jordfuktighets-analysen må tolkes i forhold til at metoden ikke kan brukes når bakken er snødekt (typisk desember til april). I tillegg er det viktig å ta i betraktning at ulike landtyper oppfører seg ulikt (ulike maksimum og minimum) slik at tidsvariasjonene ikke nødvendigvis samsvarer med f.eks. nedbør. Landbruksområder kan f.eks. ha sterk backscatter i perioder like etter pløying i tillegg til i vekstperioder på sommeren.

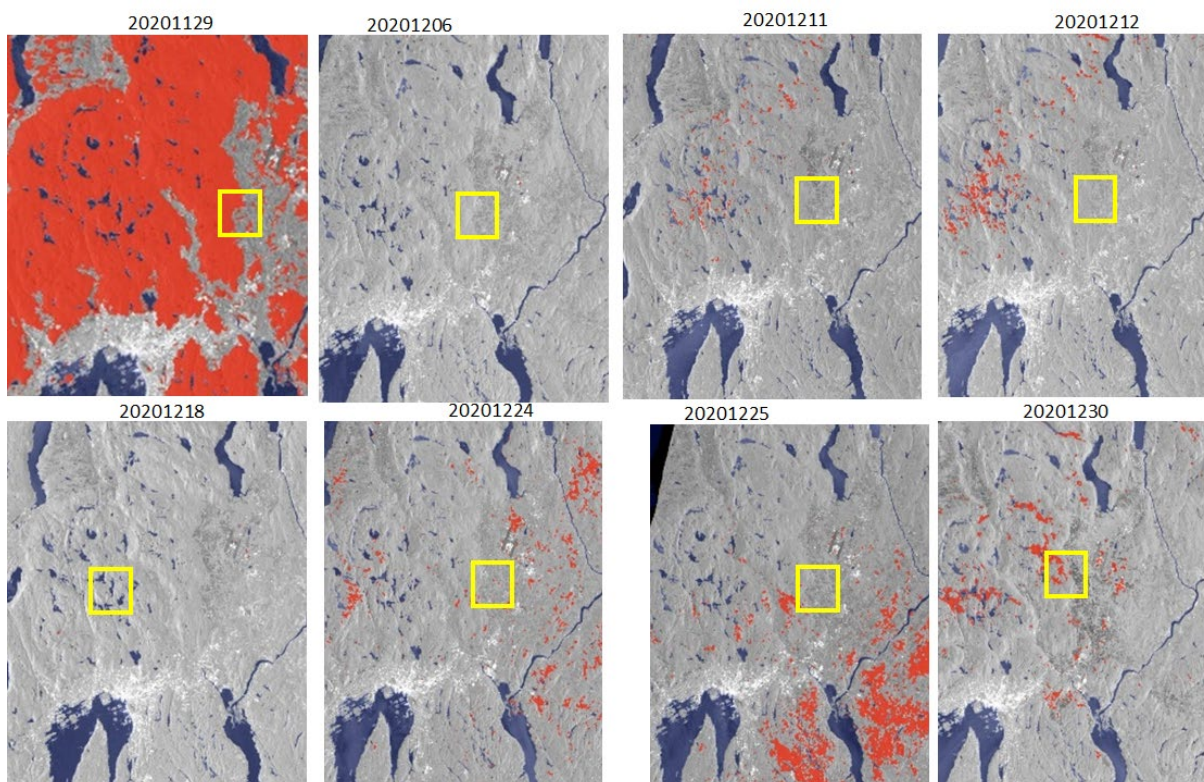
På samme måte som for backscatter har vi midlet jordfuktighet over sammenlignbare jordflekker (Figur 17). For dyrket mark ser det ut til å ha vært høy jordfuktighet i store deler av høsten 2020. Riktignok går SMC sterkt ned sent på høsten (desember), men dette kan tolkes som at metoden kollapser på vinteren. Signalet høsten 2020 finner vi ikke igjen i de fleste andre områdene med dyrket mark, og heller ikke f.eks. på Golf 5 som er den største delen av golfbanen som ble rammet av skredet.



Figur 17: Tidsserier med relativ jordfuktighet fra Sentinel-1 for tre områder.

3.4 Våt snø

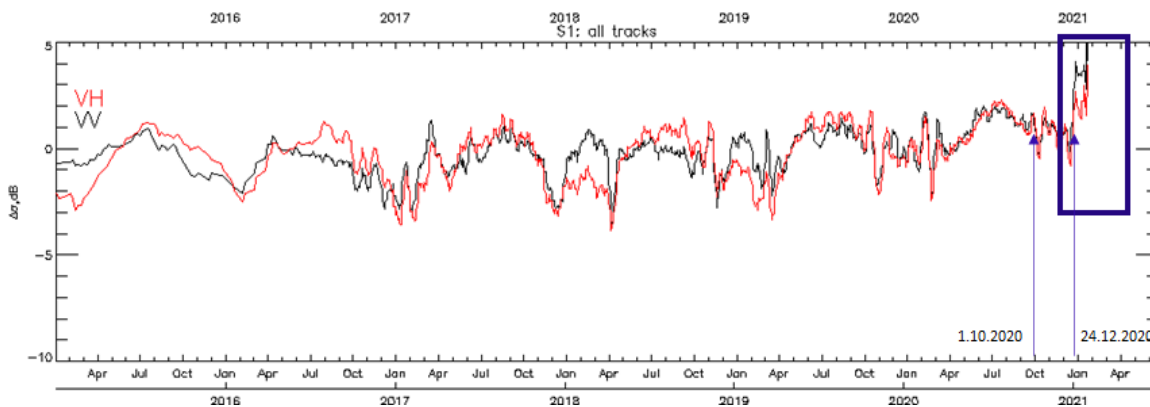
Prosessering av våt snø har blitt utført med standard metoden for våtsnødeteksjon basert på Nagler and Rott (2000) som seinere ble modifisert for Sentinel-1 data med to polarisasjoner (Nagler et al., 2016). I Figur 18 vises en tidsserie for et større område på Østlandet. En ser tydelig at det ikke har vært betydelige områder med våt snø i perioden fra slutten av november til tidspunktet for leirskredet i Gjerdrum. Den 30 desember sees imidlertid at det er en del våt snø i området rundt Gjerdrum.



Figur 18: Våtsnø deteksjon med S1 for Østlandet i perioden 20201119-20201230. Det sentrale studieområdet rundt Gjerdrum er marker med gul firkant.

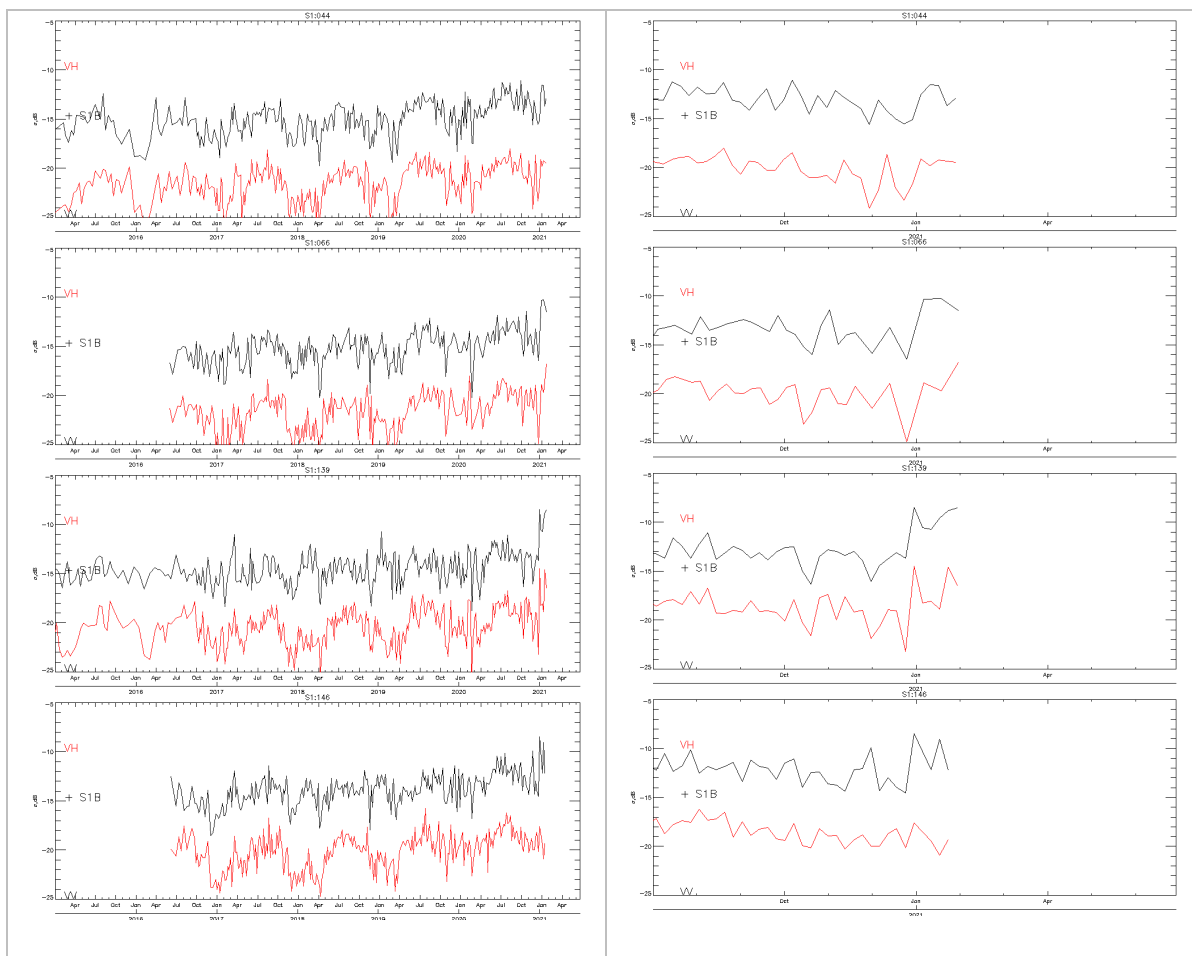
3.5 Innsjø

Etter ønske fra NRS har vi studert backscatter signaturene fra den lille innsjøen midt i studieområdet (i sør-enden av golfbanen). Her er det viktig å notere at backscatter vil ha sterk forurensning fra nabopiksler som i hovedsak består av gressdekt golfbane. I Figur 19 vises backscatter forløpet for VV og VH-polarisasjon. I figuren sees at både VV og VH har relativt høy backscatter i sommermånedene (Mai-Sept) og fluktuerende men ofte lavt i vintermånedene. Vi ser også at høsten 2020 er helt spesiell med ekstremt høye relative verdier fra omkring årsskiftet. Dette er naturlig da dammen ble fylt igjen av kvikkleireskredet. I perioden før kvikkleireskredet viser figuren ikke spesielt høye verdier, men siden det er midlet både romlig og i tid er det kanskje ikke unaturlig.



Figur 19: Relativ backscatter fra vannpolygon på golfbanen.

I Figur 20 vises ukorrigert backscatter for vannpikslene (hele tidsserien og høsten 2020). Vi ser fra sammenhengen at tre av fire geometri viser relativt lave backscatter verdier like før skredet, men disse utslagene var ikke større enn andre perioder. Ut ifra dette synes det vanskelig å konkludere med at backscatter isolert vil kunne brukes i noen form for varsling.



Figur 20: Tidsserier med backscatter (ukorrigert for de fire geometriene). Venstre: Hele tidsserien, høyre: høsten 2020.

3.5 Andre aktuelle kvikkleireskred

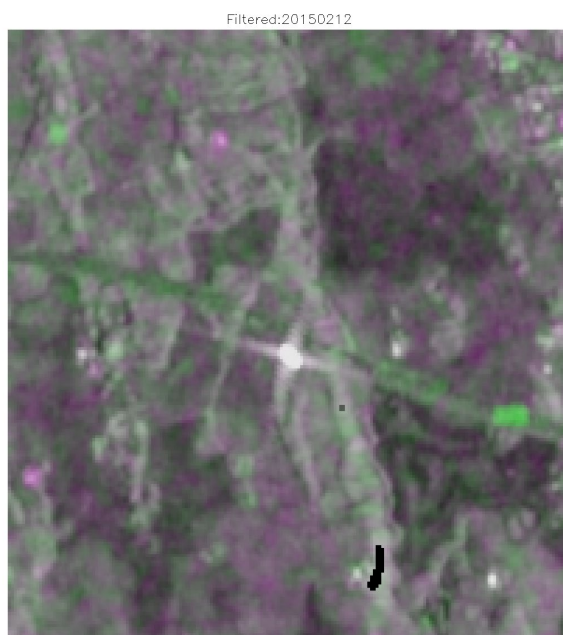
Graziella Devoli fra NVE gikk gjennom aktuelle kvikkleireskred i Norge etter oppskytinga av Sentinel-1 (oktober 2014) og leverte en liste til NORCE. Lista under viser de aktuelle skredene med tilhørende spesifikasjoner.

<i>Dato</i>	<i>Navn</i>	<i>Posisjon (UTM WGS-84 z33)</i>
02.02.2015	Skjeggstad bru, Holmestrand	6601923N, 233586Ø
10.11.2016	Sørum, Lillestrøm, Akershus	6661160N, 287215Ø
20.06.2018	Leksvik, Trøndelag	7068636N, 285908Ø
02.10.2019	Namsos, Trøndelag	7173445N, 321957Ø
19.11.2019	Sandsletta, Vestfold og Telemark	6599718N, 237391Ø
01.03.2020	Bardal, Nordland	7343841N, 426329Ø
01.03.2020	Leirbekken, Nannestad kommune	6679178N, 279091Ø
13.05.2020	Drevja i Vefsn	7315443N, 415146Ø
03.06.2020	Kråkenes, Talvik, Alta	7789159N, 806894Ø

For hvert av de aktuelle leirskredene har vi prosessert data-stacker av bilder før og etter hendelsen (ca 6 mnd før og etter) for å studere eventuelle signaturer.

Sjeggstad bru

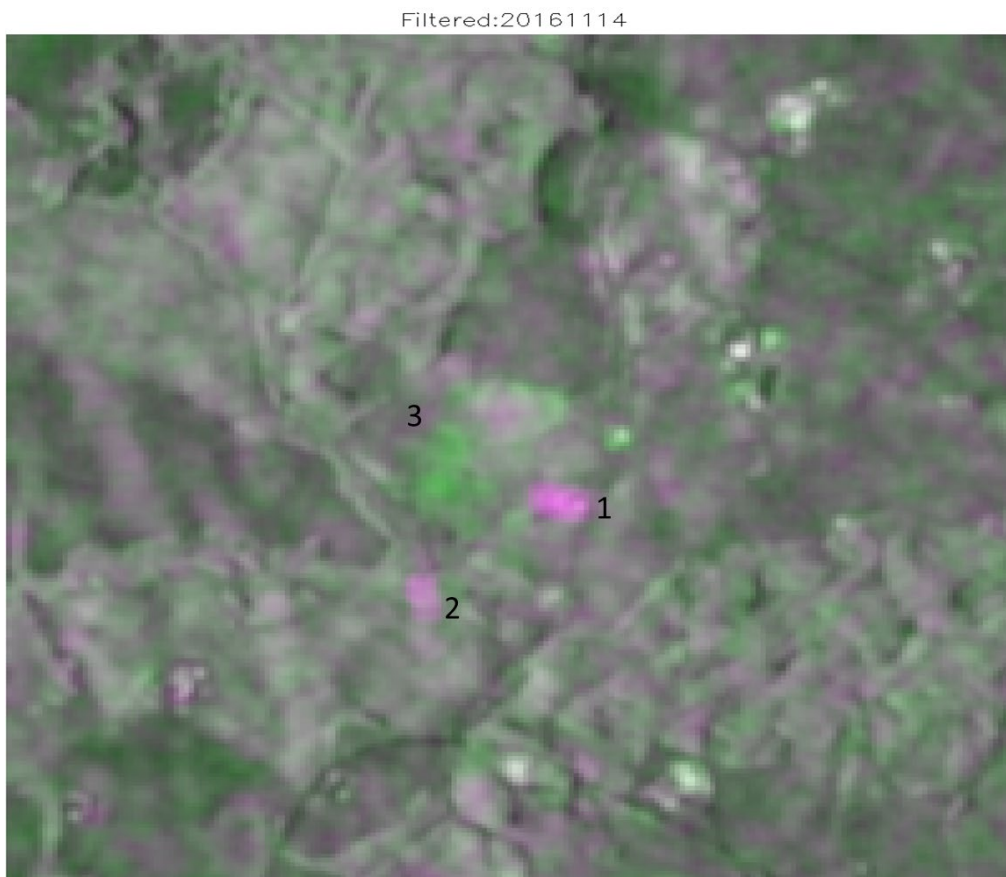
Her kan vi se relativt tydelige endringer i RGB-bildet fra før (31.1.15) og etter hendelsen (12.2.15). Dette var imidlertid et tidlig tidspunkt for Sentinel-1 og opptakene var ikke så hyppig på det tidspunktet (12 dager). Vi har derfor lite å gå på når det gjelder å si noe om foranledningen til hendelsen.



Figur 21: RGB bilde fra Skjeggstad bru basert på bilder 20150131 og 20150212.

Sørum, Lillestrøm 2016

Hendelsen skjedde ifølge NVE (www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-skred-og-vassdrag/kvikkleireskredet-pa-sorum/) den 10. nov. 2016. I endringsbildet i Figur 22 ser vi to tydelige områder med signifikant nedgang i backscatter. Den lilla flekken (1) til høyre stemmer godt overens med posisjonen oppgitt av NVE, mens den andre lilla flekken (2) og den tydelige grønne flekken (3) er vanskeligere å tolke.

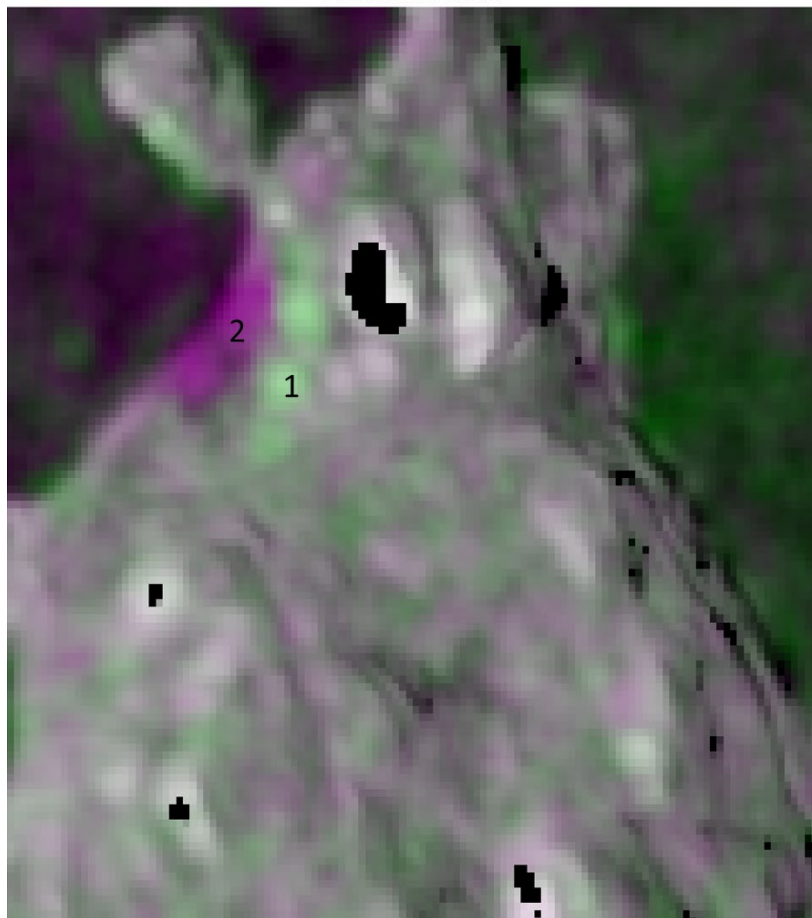


Figur 22: RGB bilde fra Sørum basert på bilder 20161114 og 20161108. Områder med signifikante endringer er markert med 1-3.

Kråkenes, Talvik, 2020

Her finner vi et relativt stort område i endringsbildet som er grønt svarende til økt tilbakespredning litt opp i terrenget, og tilsvarende et lilla område nærmere havet. En mulig tolkning her er at det lilla området (2) svarer til at terrenget har rast ut i havet og at det i etterkant er hav der, mens det grønne området (1) svarer til at terrenget er rasert (økt ruhet) med tilsvarende økt tilbakespredning. Det lilla området (2) kan også tolkes som økt vannstand grunnet flo i forhold til bildet tidligere, men dette er ikke synlig langs resten av stranden, og heller ikke fra tidligere bilder.

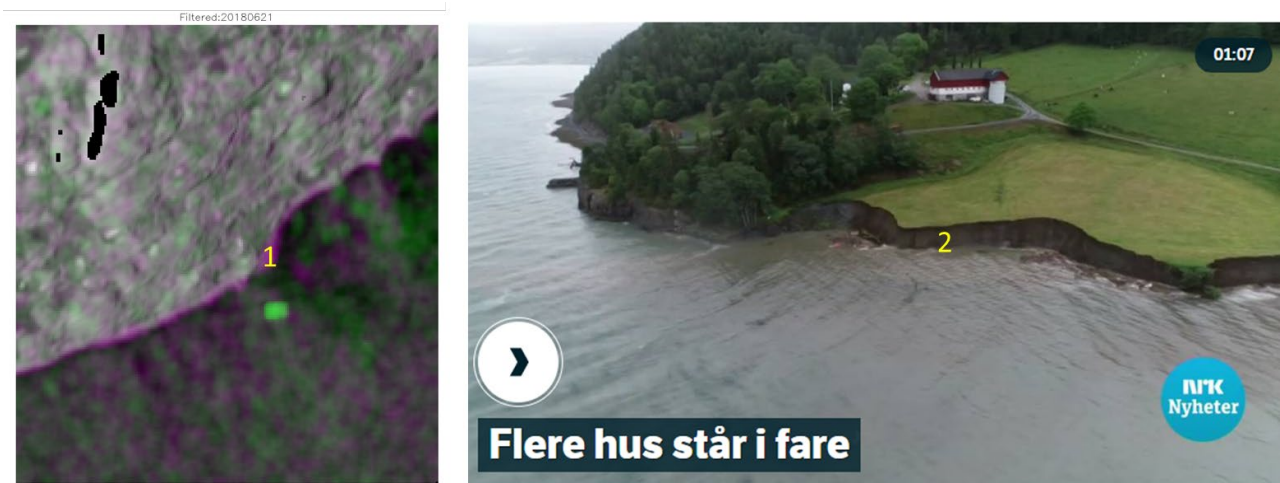
Filtered:20200529



Figur 23: RGB bilde fra Kråkenes, 20200529. Områder med signifikante endringer er markert med 1-2.

Leksvik, Trønderlag 2018

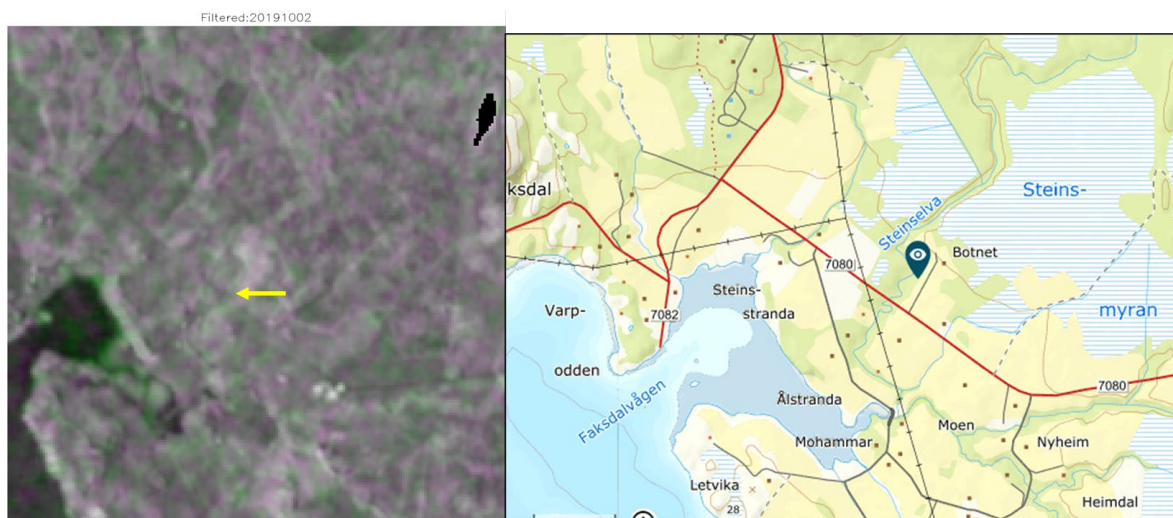
I hht. NRK (<https://www.nrk.no/trondelag/massivt-jordskred-i-leksvik--80-personer-evakuert-1.14092332>) gikk det et bredt jordskred i Leksvik, Trønderlag 20 juni 2018. I endringsbildet (Figur 24). I endringsbildet ser vi en tydelig lilla stripe langs sjøen som stemmer godt overens med bruddkanten som kan sees på flyfoto fra NRK. Under normale omstendigheter ville man kanskje tolket det lilla båndet som forskjell på flo og fjære i hhv aktivitets/referansebilde, men i denne sammenhengen er det ganske tydelig at kontrasten tyder på at terrenget har rast ut i havet.



Figur 24: RGB bilde fra Leksvik, 20180621 (ref 20180615). Områder med signifikante endringer er markert med 1-2. Bildet til høyre er screen-shot fra NRK sine web-sider.

Namsos, Trøndelag 2019

I Regobs (www.regobs.no/Registration/196960) er det registrert et jordskred i Namsos 2. oktober 2019 kl 11.25. Vi finner et endringsbilde fra samme dag 2.10 kl.16.46 UTC, dvs 14.46 lokal tid (tatt hensyn til sommertid), som altså er etter hendelsen. I dette endringsbildet er det ikke mulig å se noen tydelig endring.

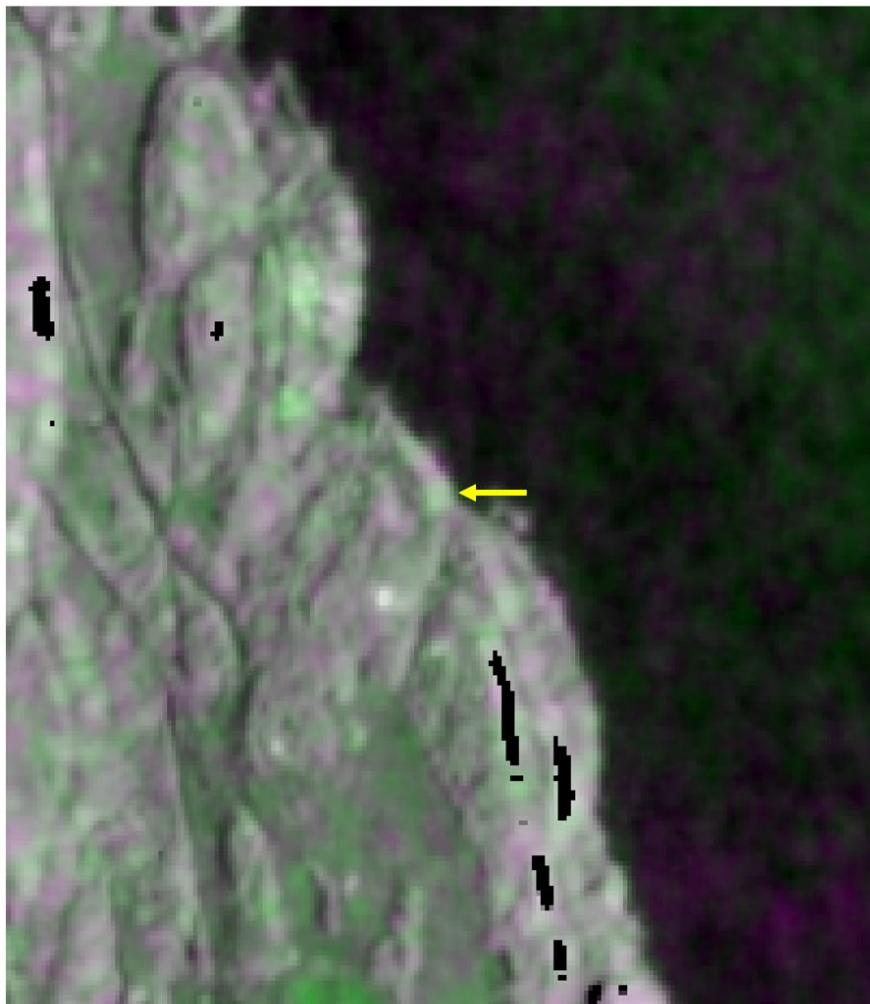


Figur 25: RGB bilde fra Namsos 2.10.19 (ref 26.09.19). Pila angir omtrent posisjon for jordskred.

Sandsletta, Helland i Vestfold og Telemark

19. nov 2019 gikk det et relativt lite jordskred på Sandsletta/Helland i strandsonen. Det var gult jordskredvarsel dag før. <https://www.regobs.no/Registration/199331>. Skredet kan så vidt skimtes i endringsbildet fra samme dag (ettermiddagsbilde).

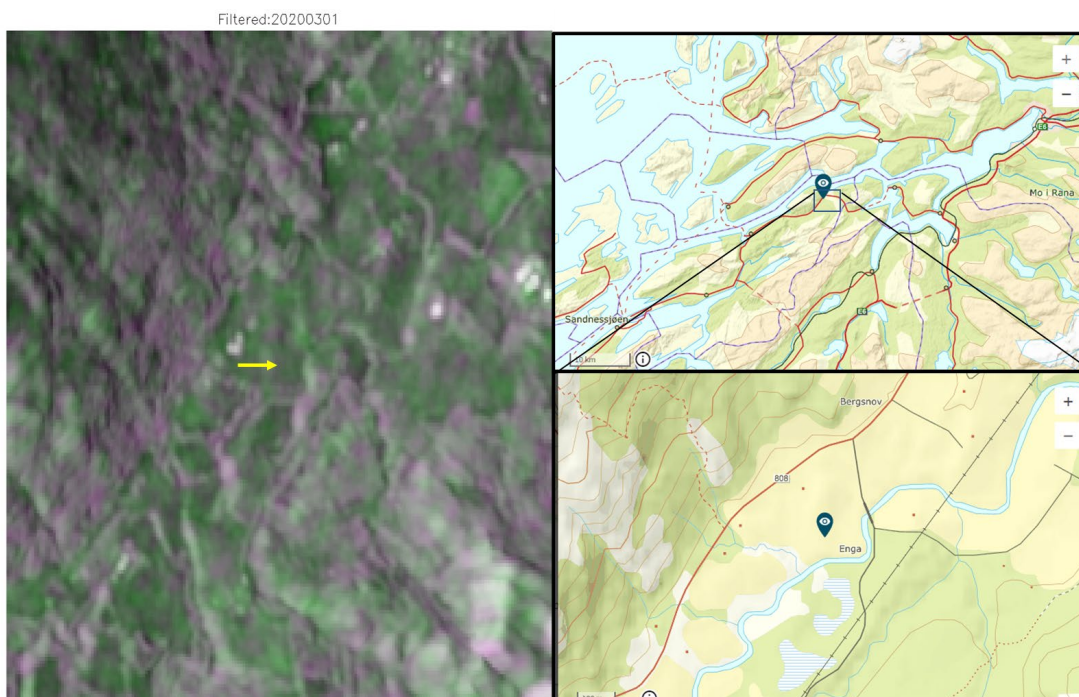
Filtered:20191119



Figur 26: RGB bilde fra Helland 19.11.19 (ref 13.11 .19). P ila angir omtrent posisjon for jordskred.

Bardal, Nordland 2020

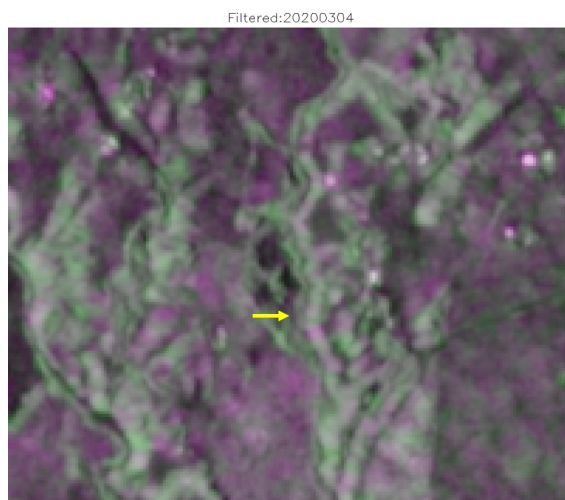
1 mars 2020 Bardal, Nordland gikk det et lite naturlig utløst leirskred i Bardal, Nordland. Det er registrert i Regobs: <https://www.regobs.no/Registration/218320>. Tidspunkt for utløsning er angitt til før ca 13.00 da observasjonen gjøres. Vi har et S1-bilde fra samme dag (16.38 UTC) som er etter hendelsen. I endringsbildet (Figur 27) kan vi se at store områder har betydelig endret backscatter (grønt). Det er også endringer for den angitte posisjonen for leirskredet, men det er vanskelig å skille den fra de andre endringene i området.



Figur 27: RGB bilde fra Barstad 01.03.2020 (ref 24.2 .20). Pila angir omtrent posisjon for jordskred. Venstre viser ulike kartutsnitt med angitt posisjon for skredet.

Leirbekken, Nannestad kommune 1 mars 2020

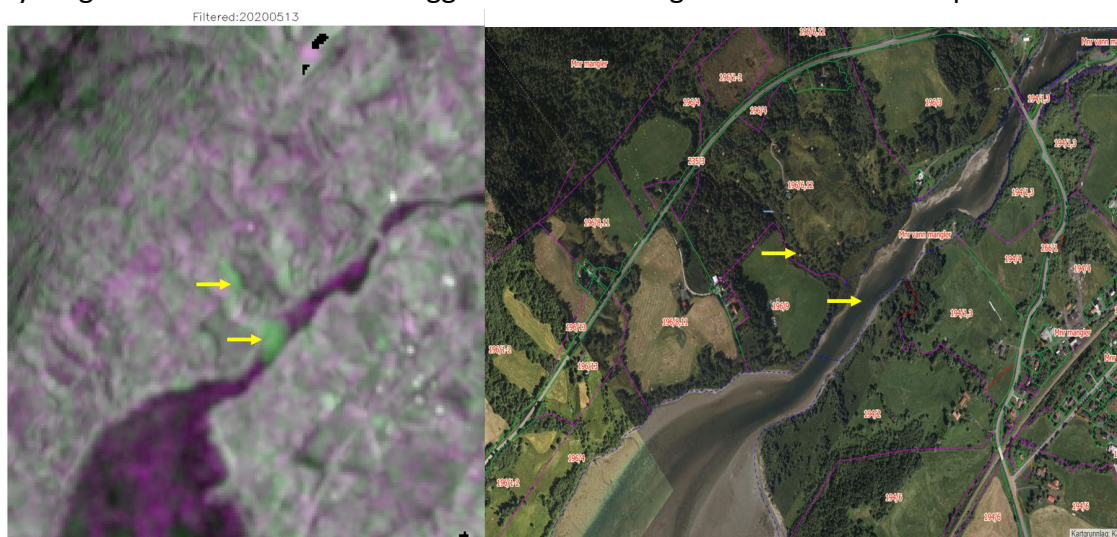
G. Devoli fra NVE oppga 1 mars 2020 som relevant dato for leirskredet i Leirbekken Nannestad. Datoen kan imidlertid synes feil siden den aktuelle pressemeldinga fra Nannestad (<https://www.nannestad.kommune.no/aktuelt/leirskred-i-leirbekken---pressemelding-nr-3/>) og en serie andre meldinger referer til skred som gikk 15.12.2020. Første endringsbilde etter 1.3.2020 viser endringer (Fig 29), men ikke tydelige skred. Her ser vi en typisk situasjon der det er snøsmelting i deler av området mens elvefarene er blir opptint eller skogdekt.



Figur 28: RGB bilde fra Leirbekken 01.03.2020 (ref 24.2 .20). Pila angir omtrent posisjon for jordskred.

Drevja, Vefsen 13.5.2020

13. mai 2020 gikk et stort skred i Drevja, Vefsen. NVE anslår i NRK-artikkelen: (<https://www.nrk.no/nordland/videoen-viser-det-omfattende-skredet-i-drevja-i-vefsn-pa-helgeland--helt-sykt-1.15015924>) at skredet er 100x150 meter. Skredet vises tydelig i endringsbildet fra 13.5.20 (16:30UTC) etter skredet gikk. Se figur 29. Vi kan også se tydelige skredmasser i elva i tillegg til sterke endringer deler av skredutløpssonen.



Figur 29: RGB bilde fra Drevja 13.05.2020 (ref 7.5 .20). Pilene angir omtrent posisjon for jordskred.

5. Diskusjon og konklusjon

5.1 Varsling av kvikkleireskred

Det var generelt ikke mulig å trekke ut parametere fra SAR data som muliggjør varsling av kvikkleireskred. Hverken endringer i backscatter intensitet over tid, eller jordfuktighetsestimatene ga resultater man kan bruke direkte til varsling. Det er en økning i backscatter i de områdene som ligger i kvikkleireskred relativt til områdene utenfor, omtrent en uke før skredet gikk, men vi kan egentlig ikke forklare hvorfor det skjer.

Hovedproblemet med å bruke kvikkleireskredet i Gjerdrum som casestudie er at landskapet er kulturlandskap. Dvs. at det er en mangel av naturlig landskap uten inngrep fra mennesker. Endring i backscatter eller jordfuktighetsestimat er i stor grad påvirket av menneskelig aktivitet og ikke naturlige prosesser. Når det gjelder fare for kvikkleireskred, så er det vel alltid tilknyttet områder som er modifisert av menneskelig aktivitet.

Det finnes områder i Arktis som er påvirket av prosesser som ligner utløsning av kvikkleireskred. Det er mange kryogene skred som skjer på Yamal halvøya mens permafrosten tiner. Også på Svalbard ser man en del skred i salt-rik permafrost. I disse områdene kunne man bedre undersøke om SAR egner seg til varsling av kvikkleireskred. Men mest sannsynlig er det høyoppløselig optisk data som gir bedre svar med tanke på kartlegging av vegetasjonsendring på grunn av utvasking av saltet i marine leire.

5.2 Overvåkning i forbindelse med skred

Vi ser en nytte i bruk av endringsbilder og analyser av SAR-avledede parametere (våtsnø, jordfuktighet, vannutstrekning mm.) i etterkant av skredhendelser. Endringsbildene kan i noen tilfeller være komplementerende til f eks RegObs registreringer, evt til manglende registreringer. Her kan man f eks bedre kartlegge utstrekning og omfang av skredhendelser.

6. Referanser

Quegan, S., & Yu, J. J. (2001). Filtering of multichannel SAR images. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 39(11), 2373-2379. DOI: 10.1109/36.964973.

Zakharov, I., Kapfer, M., Hornung, J., Kohlsmith, S., Puestow, T., Howell, M., & Henschel, M. D. (2020). Retrieval of surface soil moisture from Sentinel-1 time series for reclamation of wetland sites. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 3569-3578. DOI: 10.1109/JSTARS.2020.3004062



NORCE Norwegian Research Centre AS
www.norceresearch.no