

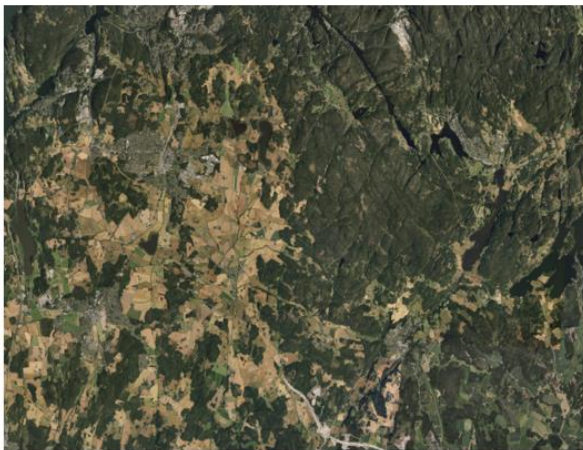
KARTLEGGING AV UNGSKOG SOM TRENGER UNGSKOGPLEIE VED HJELP AV SENTINEL -1 OG -2

NORSKOG OG NIBIO

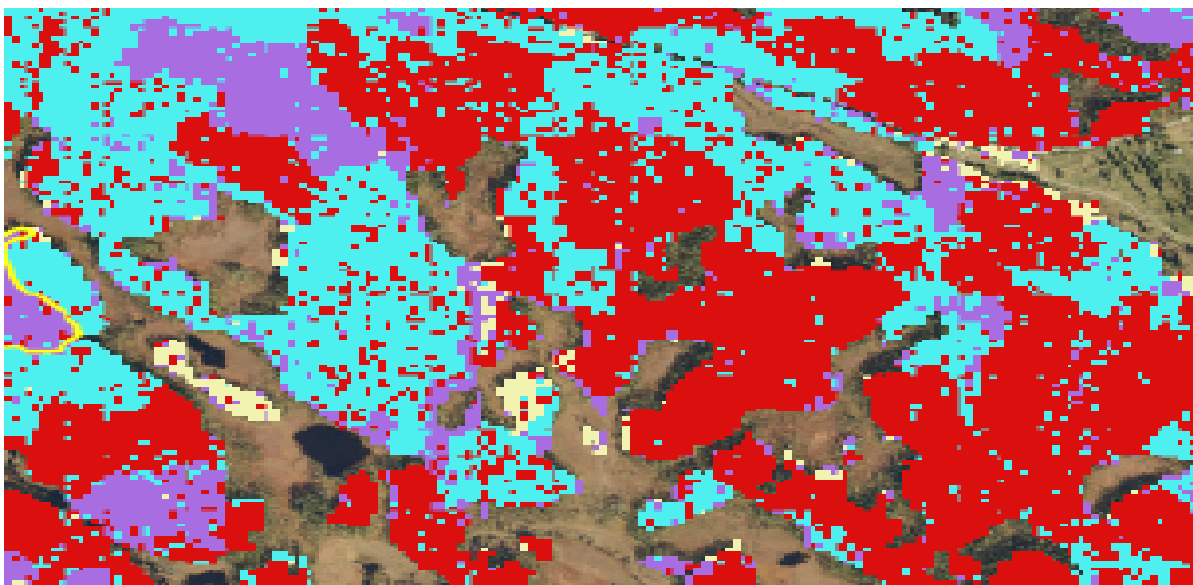
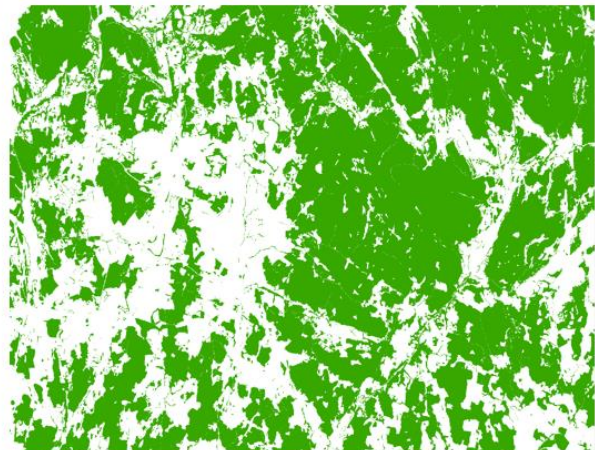
2021

STØTTET AV INNOVASJON NORGE OG
SKOGTILTAKSFONDET

Optical image



Classification map



Referanse til rapporten:	Ødegård, E., Solberg, S., Akbari, V., 2021. Kartlegging av ungskog som trenger ungskogpleie med Sentinel -1 og -2. NORSKOG rapport 1/2021.
Nøkkelord:	Sentinel 1, Sentinel 2, ungskog, fjernanalyse, ungskogpleie.
ISBN:	
Prosjektleder hos NORSKOG:	Erik Ødegård
Prosjektmedarbeidere:	Ødegård, Erik. Solberg, Svein. Akbari, Vahid. Puliti, Stefano.
Kvalitetssikret av:	Øyvind Sørhuus.
Oppdragsgiver:	Innovasjon Norge og Skogtiltaksfondet.
Oppdragsgivers referanse:	2018/104427 og UB1822
Kontaktperson hos oppdragsgiver:	Fugleneb, Anders og Husum, Thomas.
Forside:	Klassifisering av skog versus ikke-skog basert på gjennomsnittlig koherens mellom nabo-opptak gjennom 1 år med Sentinel-1.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	6
1 Innledning	6
2 Forarbeid	7
3 Lokalteter	7
4 Feltmetodikk	9
4.1 Utlekking og antall av prøveflater	9
4.2 Registrering	10
4.3 Etterarbeid	13
5 Satellittdata	13
5.1 Sentinel-1 data	13
5.2 Sentinel-2 data	14
6 Resultater	16
6.2 Verifikasjon av resultatene	20
7 Konklusjon	22
8 Referanser	23

Figur 1: Oversikt over flatene som ble registrert i Ås. Hvert røde punkt representerer et cluster av 5 flater (se 4.1)..... 8

Figur 2: Illustrasjon av et utvalgt bestand med 4 hovedflater (cluster). 9

Figur 3: Illustrasjon av hovedflate (cluster) med fem flater. 10

Figur 4: Prinsippskisse for registrering av regulert treantall (etter Fitje 1989). Det registers maksimalt tre utviklingsdyktige trær i kvadrant 1 og 3 og to trær i kvadrant 2 og 4 fordelt på treslag. 12

Figur 5: (Left) RGB composite of yearly average products of Sentinel-1 data in ascending orbit, (Right) RGB composite of yearly average products of S-1 data in descending orbit over Ås (Top) and Romedal (Bottom) areas. R = repeat-pass coherence of a 6-days data pair, G = copol backscatter intensity at the last point in time for the data pair, B = crosspol backscatter intensity at the last point in time for the data pair..... 15

Figur 6: RGB composite of median image of S-2 summer-time acquisitions (R: NDVI = $(B08 - B04) / (B08 + B04)$, G: red-edge = B6, B: short-wave infrared (SWIR) = B11). Left: Ås, Right: Romedal..... 15

Figur 7: The distributions of different forest age classes for different parameters of (a) S-1 and (b) S-2 data. The curves of the target class, i.e., REF, are shown in dark green. where class I= Clear Cut (CC); class II= Regenerated Forest (REF); class III= Yo..... 17

Figur 8: (a) RGB composite of yearly average products of S-1 data, (b) RGB composite of median image of S-2 summer-time acquisitions (R: NDVI, G: REDG, B: SWIR)..... 18

Figur 9: Comparison of S-1 and S-2 input features for stand-level classification in Romedal site with 5 classes based on the RF classification strategy. The REF as the target class is illustrated in red and the other forest age classes in other colours..... 19

Figur 10: Scatterplots of predicted (y-axis) versus the ground reference values (x-axis) at cluster level for the biophysical variables: stand density (upper row) and broadleaf fraction (lower row) based on the RF regression analysis for three alternatives: S-1, S-2 and S-1 & S-2. 20

Table 1: Følgende parametre ble benyttet i ET Geowizard..... 7

Table 2: Oversikt over attributter for feltregistrering..... 11

Forord

Denne rapporten beskriver målsetting, metoder og resultater for NORSKOG og NIBIO's arbeid med å detektere ungskog og ungskogpleiebehov ved hjelp av data fra satellittene Sentinel 1 og Sentinel 2. Motivasjonen bak prosjektet er ønsket om å utvikle et verktøy som raskt og enkelt kan gi skogeiere et overblikk over hvor de har ungskog, og om denne ungskogen har behov for ungskogpleie. Ungskogpleie regnes som et av de viktigste skogkulturtiltakene man kan gjøre, samtidig som det er et av de mest forsømte. Forhåpentligvis kan metoden og arbeidet beskrevet i denne rapporten over tid gi oss et slikt verktøy – med potensielt stor samfunnsøkonomisk gevinst.

Sammendrag

Målet med dette prosjektet er å bidra til å løse et av de viktigste problemene i det norske skogbruket – lav frekvens av utført ungskogpleie. Det har blitt utviklet en metode med data fra både Sentinel-1 (radar) og Sentinel-2 (optisk) for å 1) kartlegge hvor vi har ungskog i den fasen hvor det er aktuelt å drive ungskogpleie, og 2) ungskogpleiebehovet hos denne. De langsiktige konsekvensene av å ikke utføre ungskogpleie kan være redusert skogproduksjon og tømmerkvalitet, samt økt risiko for snø- og vindskader. Metoden består av beregninger som er skrevet som kode, slik at den kan gjøres automatisk. Vi har utviklet metoden med bakkesannhetsdata fra Ås og Romedal, og har testet og validert metoden med data fra Lardal. Det kan være aktuelt å videreutvikle metoden til en operasjonell kartleggingstjeneste for ungskog i Norge.

1 Innledning

Det er i dag et stort etterslep og behov for ungskogpleie i Norge. I sum blir det trolig kun utført ungskogpleie på rundt 50% av det arealet hvor det er behov, - basert på offentlig statistikk for arealet av snauhogst og arealet av ungskog som pleies. Per i dag er problemet at en stor del av ungskogfeltene ikke er kartlagt, hverken lokasjon eller behovet for ungskogpleie. Tradisjonell kartlegging ved hjelp av befarings har blitt for tids- og kostnadskrevende, og må derfor begrenses.

Ungskogpleie er en viktig skogbruksaktivitet, ved at det legger grunnlaget både for framtidig verdiproduksjon og redusert framtidig klimarisiko. En del av ungskogen i Norge har for lavt treantall, og supplerende planting er nødvendig for å utnytte produksjonsevnen. På den annen side har mye ungskog for høy tetthet og for stor andel løvtrær, og uten en reduksjon av treantallet (avstandsregulering/lauvrydding) vil framtidige trær få en redusert diameterutvikling og tømmerkvalitet, samt risiko for redusert diameter- og rotutvikling som igjen kan føre til snø- og vindskader. Skogen er en fornybar ressurs som har økende betydning for bioøkonomien og det grønne skiftet i Norge, og ved siden av tradisjonell utnyttelse som trelast og papir/cellulose, så er det nå stor interesse for utnyttelse av trevirke til fjernvarme, biodrivstoff, husdyrfôr og massivtre-bygninger/-konstruksjoner. En CO₂-gevinst gjennom substitusjon er en viktig del av dette. Ungskogpleien er en av flere viktige brikker som bidrar til å utnytte potensialet i biomasse fra skog i tiden fremover.

2 Forarbeid

I samband med at NIBIO startet sitt arbeid med algoritme og modell på de allerede utvalgte områdene i Romedal og Ås, fikk NORSKOG ansvar for å planlegge feltarbeidet. Feltarbeidet ga grunnlag for både testing og trening av algoritmen for å optimalisere resultatet.

Lokasjonene for prøveflatene ble satt av NIBIO. NORSKOG mottok prøveflatesentrum fra NIBIO for de ulike flatene som skulle registreres. Disse ble så importert i ArcMap, og ET Geowizard sin «Points to Pie Segments» ble brukt for å dele prøveflaten opp i kvadranter. Resultatet er illustrert i figuren og tabellen under.

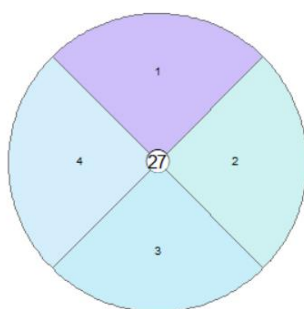
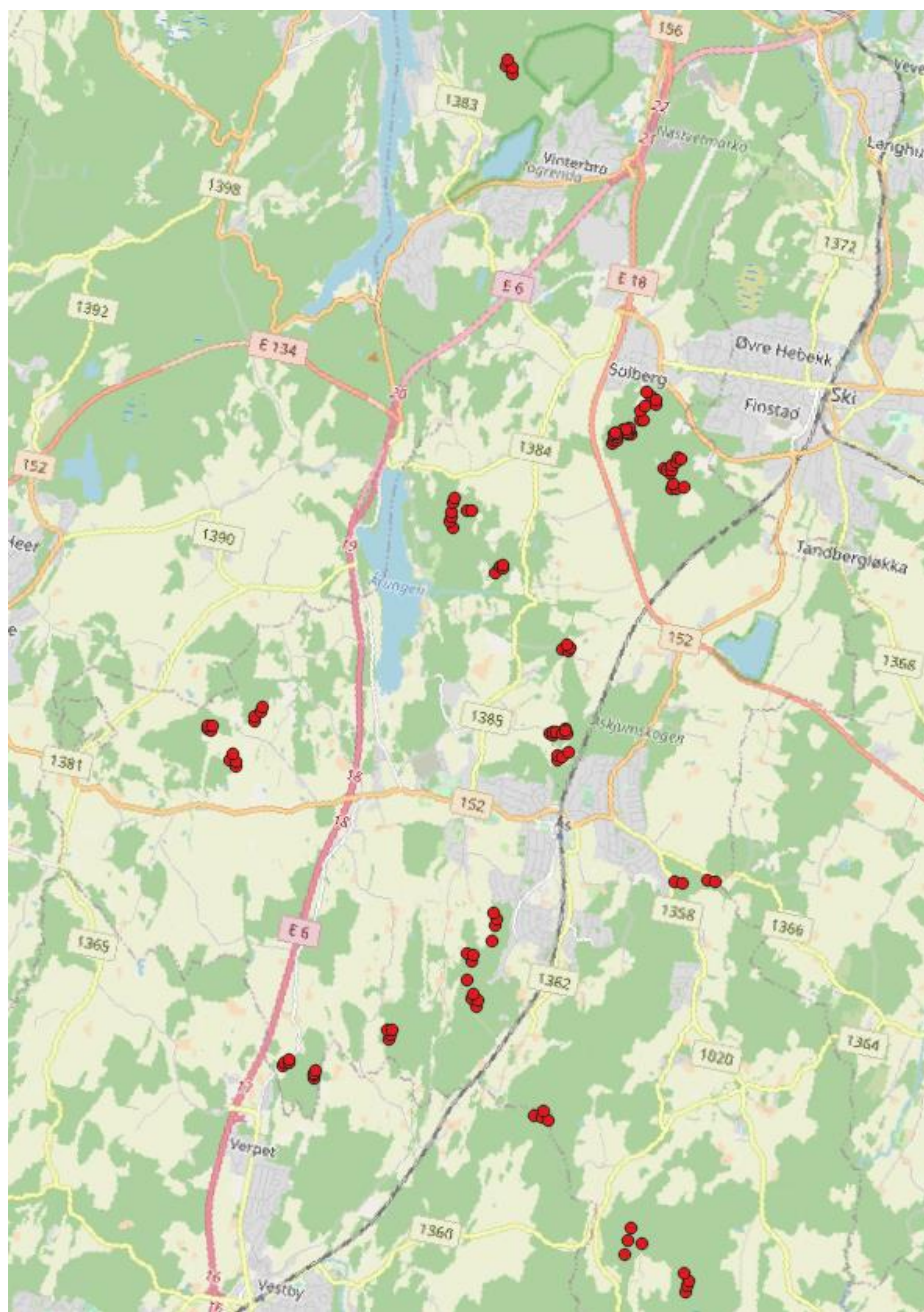


Table 1: Følgende parametere ble benyttet i ET Geowizard.

	Direction	Distance	Angle	Direction Units
Pie1	90	10	90	DD
Pie2	360	10	90	DD
Pie3	270	10	90	DD
Pie4	180	10	90	DD

3 Lokalteter

I figuren under er utspreidningen og lokasjonen for prøveflatene illustrert. Hvert røde punkt illustrerer et prøveflatesentrum. Bakkessannhetsdata fra Romedal eksisterte fra et tidligere NIBIO-prosjekt og ble ikke registrert i forbindelse med dette prosjektet.



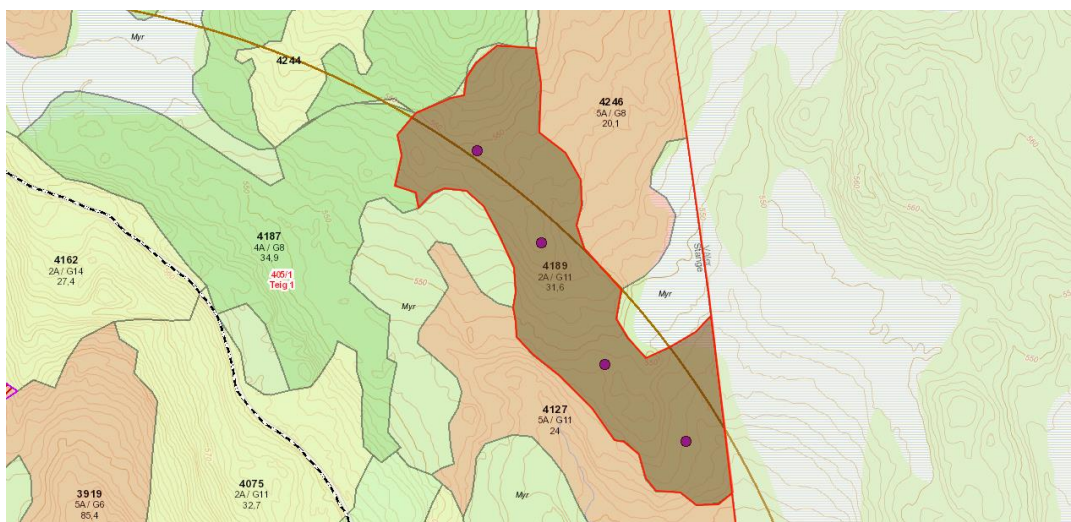
Figur 1: Oversikt over flatene som ble registrert i Ås. Hvert røde punkt representerer et cluster av 5 flater (se 4.1).

4 Feltmetodikk

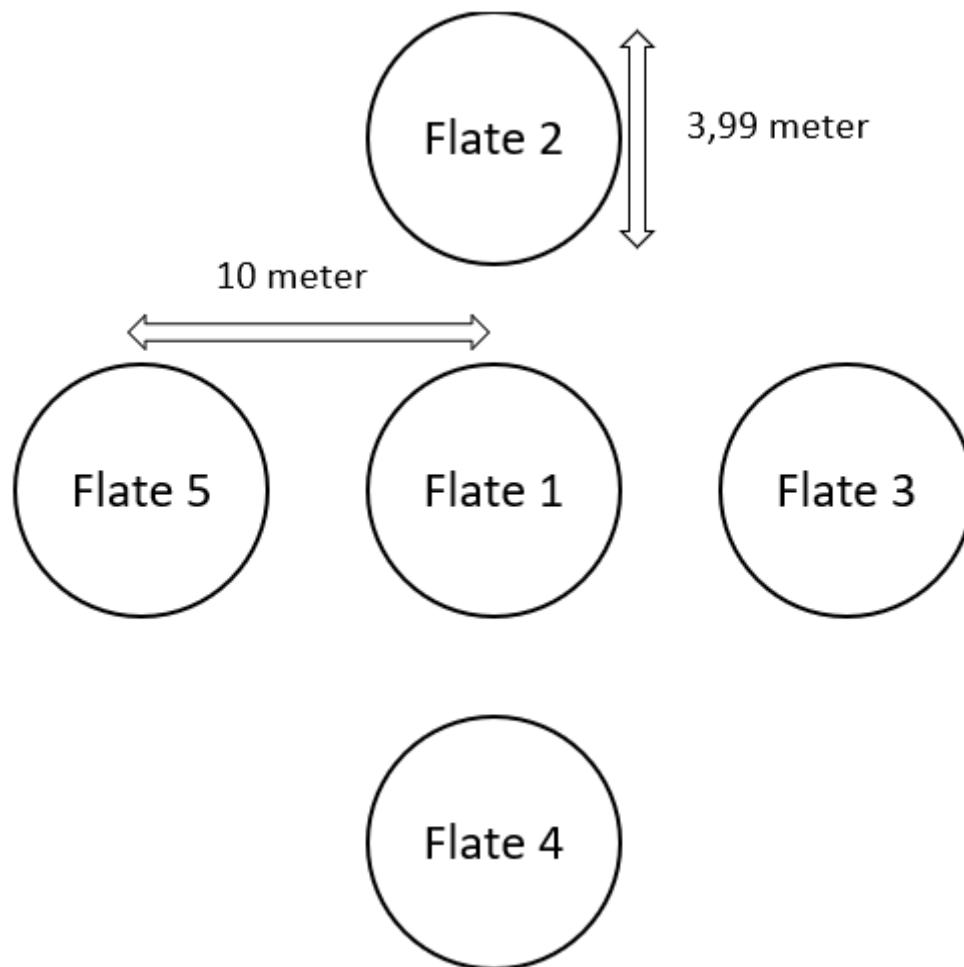
Det ble bestemt at det skulle samles inn felldata for å kunne beregne informasjon på bestandsnivå om gjennomsnittlig dominerende trehøyde (H_d), gjennomsnittshøyde (H_t), totalt treantall (N_t), regulert treantall (N_d) og forslag om eventuelt tiltak i ungsbogen. Det ble benyttet prøveflater med et areal på 50 m² (radius lik 3,99 m). I punktene under følger vår feltmetodikk og feltinstruks for å samle inn data.

4.1 Utlekking og antall av prøveflater

Det ble lagt ut 20 prøveflater i hvert bestand, uavhengig av størrelsen på bestandet. På forhånd ble det lagt ut hovedflater eller cluster av fire flater (se eksempel på kart under) systematisk fordelt i de utvalgte bestandene, og disse skulle dermed være representative for forholdene i bestandet. Hver hovedflate bestod av 5 prøveflater som lå i et cluster slik som beskrevet på neste side. Den første flata («sentrumsflata») i hvert cluster ble lagt i de systematisk utvalgte punktene. Deretter la man ut fire flater henholdsvis 10 m nord, øst, sør og vest for sentrumsflata i hvert cluster. Sentrumsflatene ble merket og seinere oppsøkt og innmålt med differensiell GPS for nøyaktig stedfesting. Fra sentrumsflata tok ble det tatt nøyaktig kompasskurs og målte avstand med målebånd til de fire andre flatene. De fire andre flatene ble også merket med merkebånd for å ha muligheten for innmåling med GPS.



Figur 2: Illustrasjon av et utvalgt bestand med 4 hovedflater (cluster).



Figur 3: Illustrasjon av hovedflate (cluster) med fem flater.

4.2 Registrering

Det er lagt ut 4 sentrumsflater i totalt 30 bestand. Dette gir 120 sentrumsflater og en total på 600 prøveflater. Det ble benyttet smarttelefon eller nettbrett med ArcGIS Collector som bakgrunn for å navigere til den oppgitte flateposisjonen, samt registrere variablene beskrevet under.

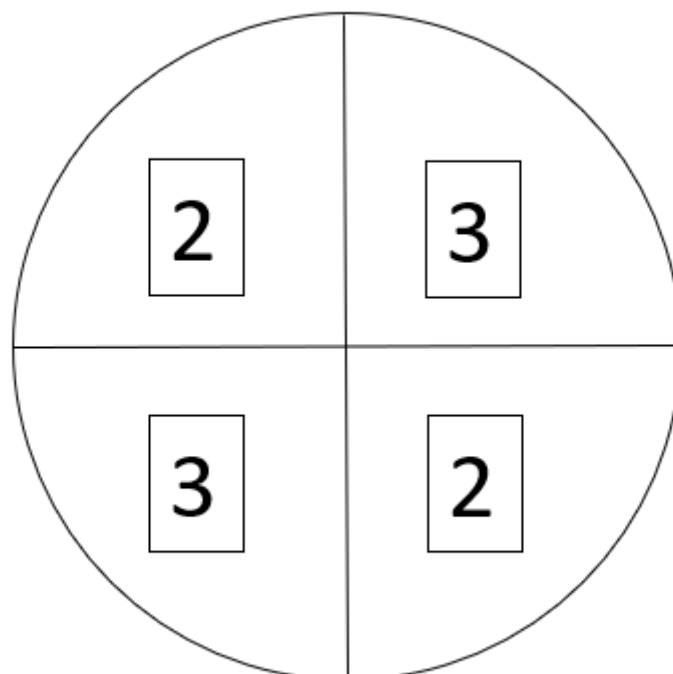
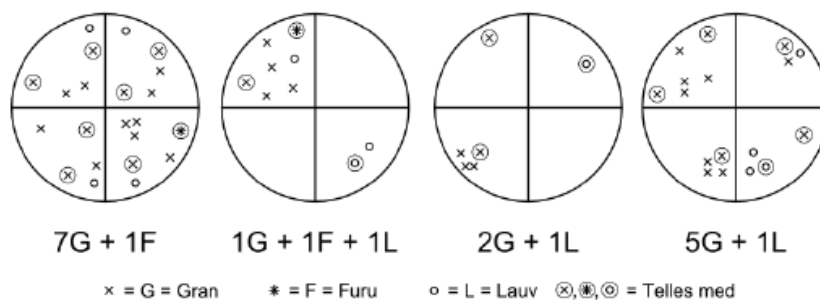
Ved måling av høyde på treet ble årets toppskudd inkludert. Hver flate ble delt inn i fire kvadranter på 12,5 m² til retningene N, S, Ø, V – i henhold til feltmetodikk. Vi benyttet kontrollmålt teleskopstang med lengde 3,99 m for avgrensing av flatene. På hver flate registrerte vi følgende:

Table 2: Oversikt over attributter for feltregistrering.

EGENSKAP	BESKRIVELSE	LOVLIG VERDI	ENHET
Totalt treantall Alle treslag	Det totale treantallet (trær over 50 cm høyde) innenfor flaten fordelt på gran, furu og lauv telles. Grupper med trær som kan fjernes med et kutt telles kun som et tre. Telles på følgende måte (en,null,en/to,null,en etc.) for å holde kontrollen rundt hele sirkel på de ulike treslagene.. Kun treslag telles her, dvs bringebær og andre busker telles ikke med i det totale antallet.	000-999	Antall
Regulert treantall – Gran	Det regulerte treantallet for gran (trær over 50 cm høyde) inne på den 50 m ² store flata registreres. <ul style="list-style-type: none"> • Det kan maksimalt registreres 10 trær totalt i sum for alle treslag, med bakgrunn i at vi anser 2000 trær per hektar for å være full tetthet. • Registreringen av regulert treantall foregår på kvadranter delt i kardinalretningene, og det kan maksimalt telles 3 utviklingsdyktige trær totalt i kvadrant 1 og 3 og 2 i kvadrant 2 og 4. Minste avstanden mellom to trær settes som regel til ca. 1 m, se Figur 2. • Trær som kan fjernes med et kutt telles kun som et tre (stubbeskudd, dobbeltstammer etc). 	0-10	Antall
Regulert treantall – Furu	Det regulerte treantallet for furu (trær over 50 cm høyde) inne på den 50 m ² store flata registreres. <ul style="list-style-type: none"> • Se gran for registreringsinstruksjoner. 	0-10	Antall
Regulert treantall – Lauv	Det regulerte treantallet for lauv (trær over 50 cm høyde) inne på den 50 m ² store flata registreres. Kun økonomisk interessante treslag skal telle. Rødhyll og hassel etc. skal ikke registreres som regulert antall. <ul style="list-style-type: none"> • Se gran for registreringsinstruksjoner. 	0-10	Antall
Skog-behandling	På alle flatene skal det angis behov for behandling etter følgende skala: <ul style="list-style-type: none"> • 1 – Nødvendig å redusere lauvinnslaget • 2 – Nødvendig å redusere bartreantallet • 3 – Nødvendig å gjøre både 1 og 2 • 4 – behandling ikke nødvendig 		
Tidsbehandling	På alle overflater der det er behov for behandling (skog-behandling er lik 1, 2 eller 3) klassifiseres i henhold til følgende skala: <ul style="list-style-type: none"> • Umiddelbart • Innen 3 år 		

	<ul style="list-style-type: none"> Innen 5 år
Bilde	Bilde av prøveflaten med senterpinne i bildet tatt mot nord,
Merknad	Ytterligere kommentarer, på beiting, ryddebehov etc.
Beiting?	<ol style="list-style-type: none"> Ingen beiting Stedvis beiting lauv Stedvis beiting alle treslag Hardt beitet lauv Hardt beitet alle treslag
Tidligere ryddet?	<ol style="list-style-type: none"> 1 gang 2 ganger Trolig

I figur 4 presenteres en prinsippskisse for registrering av regulert treantall etter Fitje.



Figur 4: Prinsippskisse for registrering av regulert treantall (etter Fitje 1989). Det registers maksimalt tre utviklingsdyktige trær i kvadrant 1 og 3 og to trær i kvadrant 2 og 4 fordelt på treslag.

Det ble registrert to prøvetrær per kvadrant. Høyde (dm) på det første treet når man dreier seg med klokka og starter fra nord, som inngår i totalt treantall i hver kvadrant på flata ble målt. I tillegg registrerte man høyde på det første treet som inngikk i regulert treantall i hver kvadrant på flata. Det ble benyttet høydestang for mindre trær og høydemåler (Vertex) for større trær. Hvilket tre som var det første ble bestemt ved bruk av kompass. Dette gav inntil åtte høydemålte trær per flate.

EGENSKAP	BESKRIVELSE	LOVLIG VERDI	ENHET
Type	Det registreres om prøvetreet inngår i totalt treantall (T), regulert treantall (R) eller begge (B)	T, R, B	-
Høyde	Trehøyde måles på med høydestang eller høydemåler.	005-999	dm
Treslag	Treslag registreres som gran (G), furu (F) eller lauv (L)	G, F, L	-
Registrert av	Angir hvem som har gjort registreringen, Initialer.		

4.3 Etterarbeid

Innsamlede data ble behandlet og systematisert av NORSKOG, før det ble levert NIBIO for implementering i modell og trening av algoritmen.

5 Satellittdata

Det ble benyttet data fra både Sentinel-1 og -2. Dette er satellittmisjoner eller datatjenester basert på henholdsvis radar og optisk sensor. For Sentinel-1 (S1) brukte man en tidsserie med mange opptak, mens for Sentinel-2 (S2) benyttet man 2-3 sommer-opptak for hvert område.

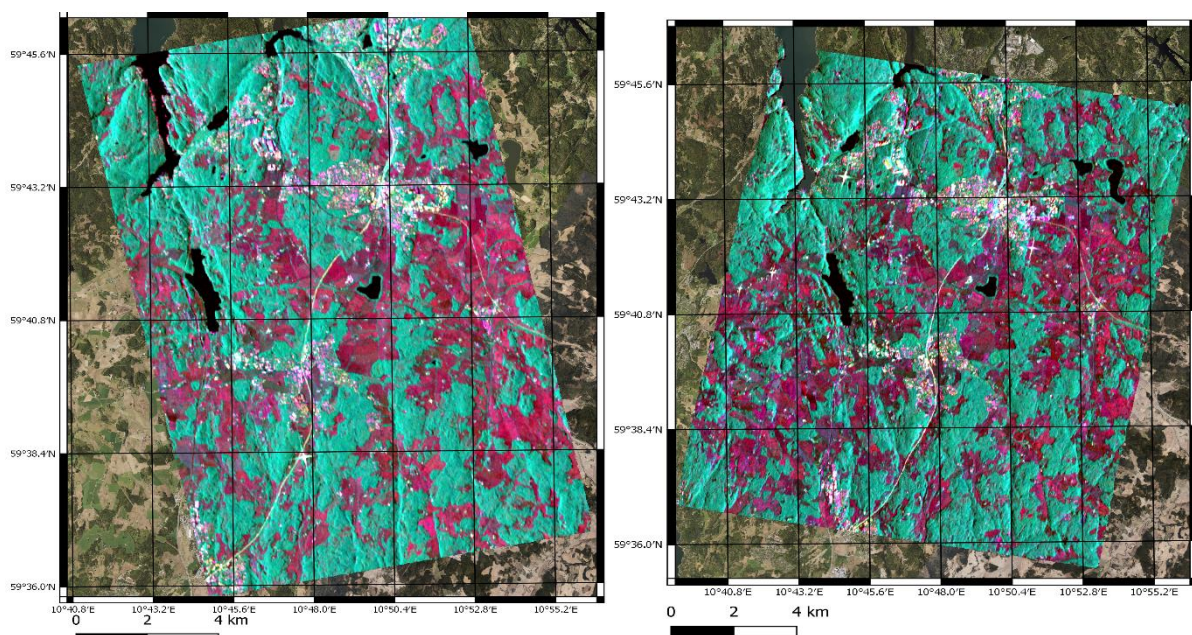
5.1 Sentinel-1 data

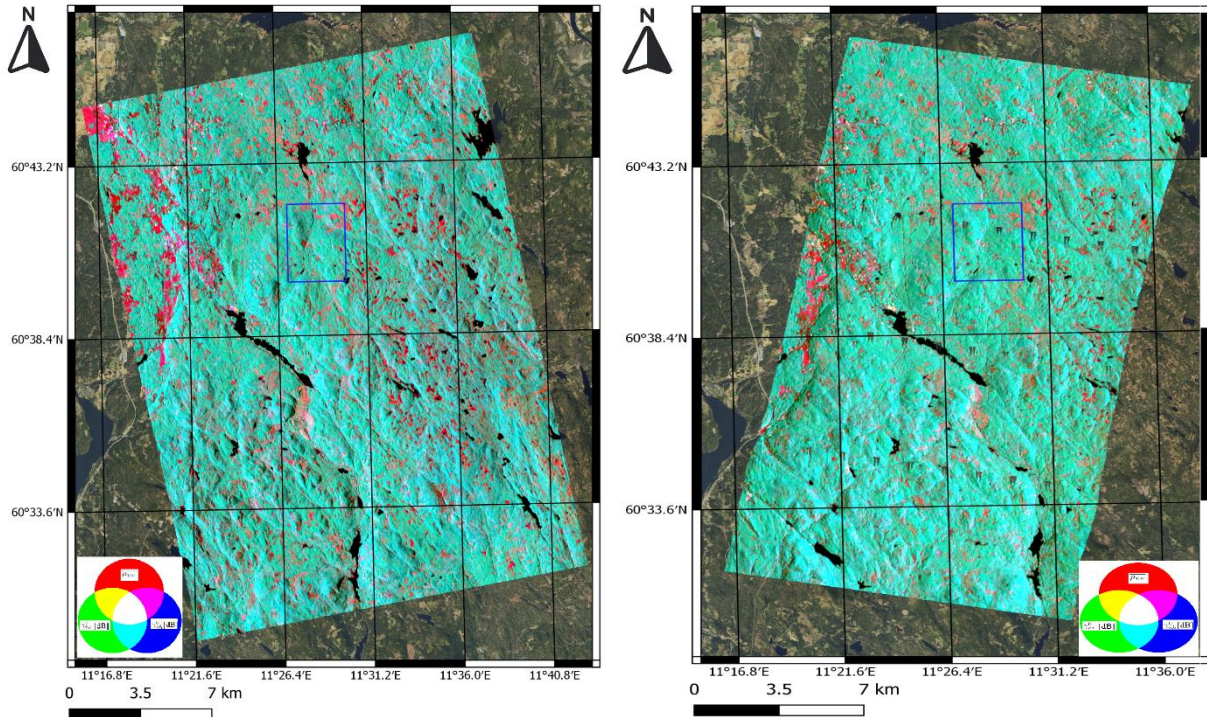
All Sentinel-1 (S-1) single look complex (SLC) interferometric wide (IW) swath images in both ascending and descending orbits and VV/VH polarization configuration covering both study areas from the year 2018 were downloaded from the Copernicus Open Access Hub using Python API Sentinelsat. This study uses 122 ascending and 60 descending images from 139th and 146th relative orbits between January 3, 2018 and December 29, 2018. We first extracted multitemporal radar backscattering coefficients (VV/VH) and 6-day repeat-pass coherence magnitudes in VV channel from S-1 products for both ascending and descending orbits. We

then applied temporal averaging of these products to mitigate variations in backscatter and coherence values not attributable to land cover, such as topography, seasonality, and random fluctuations. It is expected that denser forest exhibit less annual variability in backscatter compared to a growing forest or bare soil. This may be explained by two factors. First, large biomass values are likely to be above the saturation point for biomass-backscatter relationships, and the emitted radar signal is unlikely to reach the soil through dense canopies and differences in soil moisture and roughness will not change the backscatter (Fig. 5).

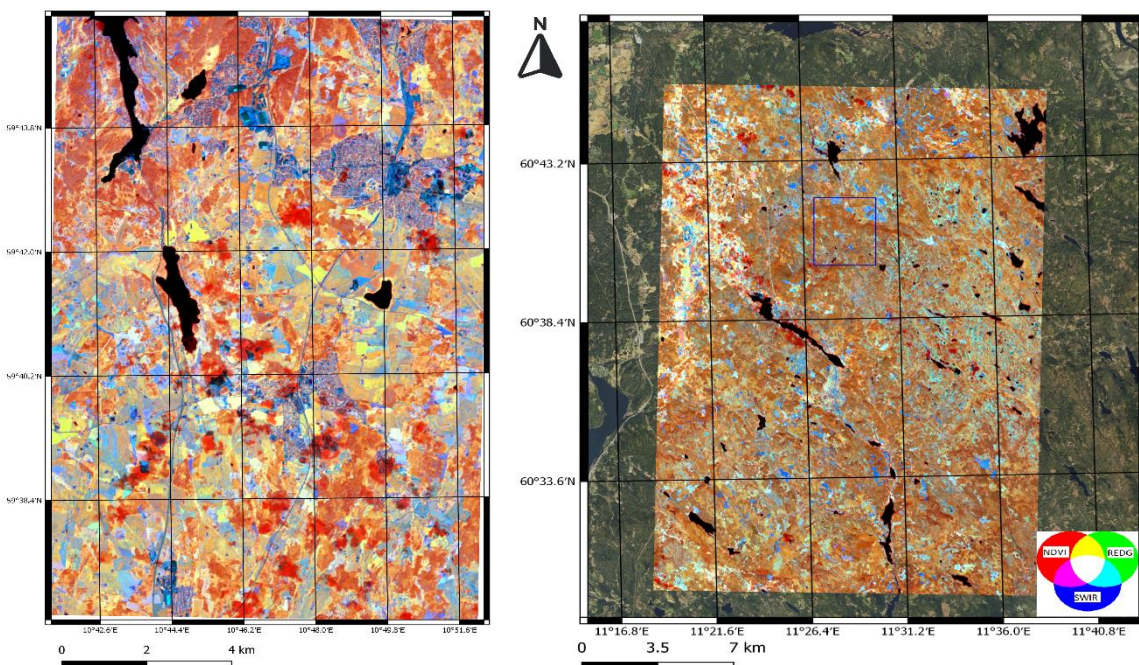
5.2 Sentinel-2 data

We selected a number of cloud-free Sentinel-2 data sets in level 2A, where most of bands were provided in 10×10 m spatial resolution. We resampled the 20 m bands to 10 m pixel spacing and re-projected onto the WGS-84 UTM coordinates. For Ås, we found two cloud free scenes in 2018, i.e., on 30th June and 5th July, and for Romedal, we found one cloud-free scene in 2016 (16th August) and two cloud-free scenes in 2018 (30th June 5th July). The scenes were acquired from the 8th and 51st relative orbits. For each pixel, we extracted the median value of the three values. The false color composite image of two spectral bands and the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for Ås and Romedal area are shown in Fig. 6, where clear-cut stands represent higher SWIR and red-edge (REDG) values and lower NDVI values and other forest stands are discriminated with larger NDVI values than elsewhere.





Figur 5: (Left) RGB composite of yearly average products of Sentinel-1 data in ascending orbit, (Right) RGB composite of yearly average products of S-1 data in descending orbit over Ås (Top) and Romedal (Bottom) areas. R = repeat-pass coherence of a 6-days data pair, G = copol backscatter intensity at the last point in time for the data pair, B = crosspol backscatter intensity at the last point in time for the data pair.

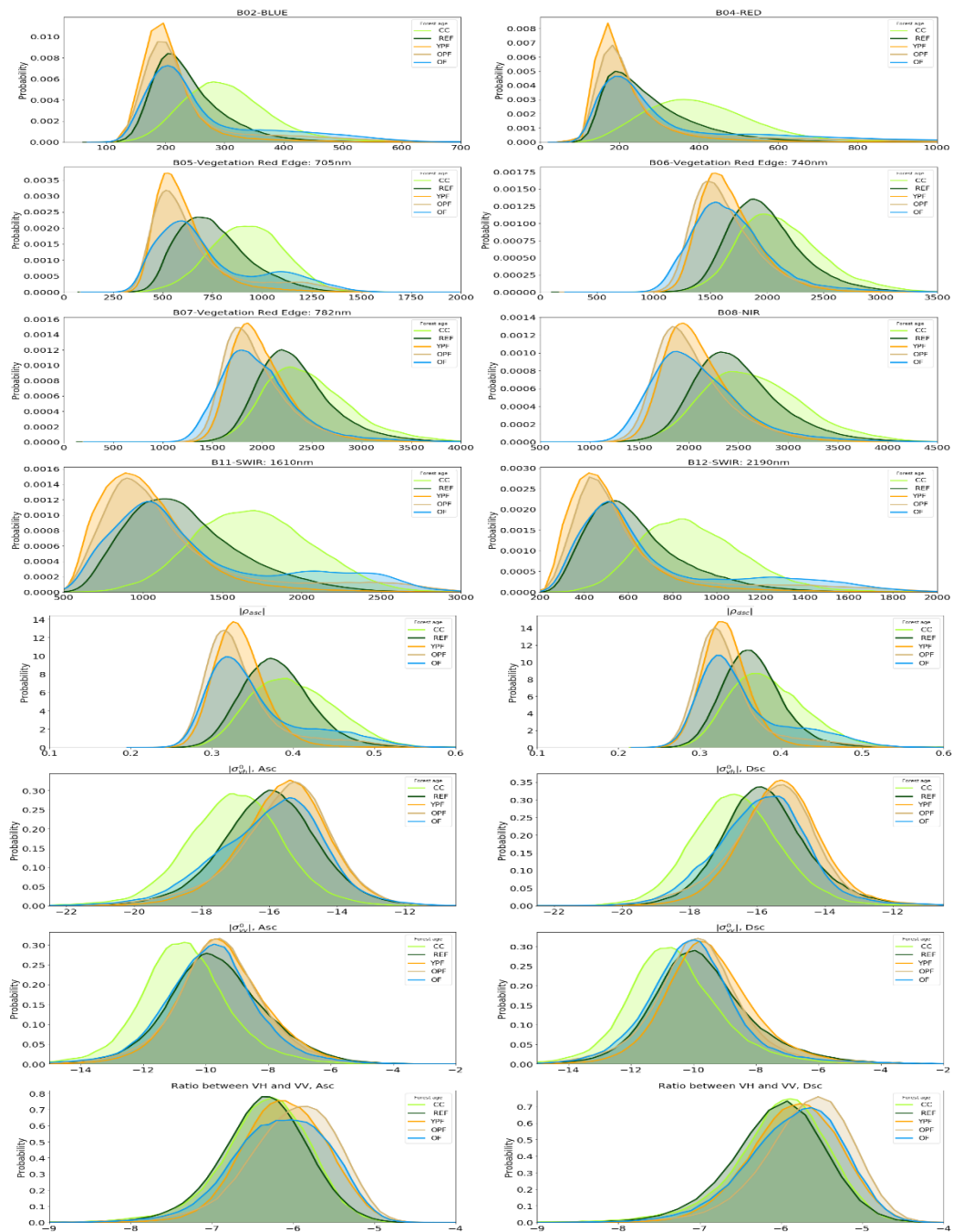


Figur 6: RGB composite of median image of S-2 summer-time acquisitions (R: NDVI = $(B08 - B04) / (B08 + B04)$, G: red-edge = B6, B: short-wave infrared (SWIR) = B11). Left: Ås, Right: Romedal.

6 Resultater

In this project, we analysed and demonstrated the value of multitemporal S-1 and S-2 for characterization and mapping of young forests under regeneration in two study sites from south-eastern Norway. The main aim was to test the SAR and optical features to discriminate forest stands under regeneration from other forest stands. In general, the separability of forest stands under regeneration from other stands can be dependent on the study site.

We provided a systematic investigation of S-1 parameters and S-2 spectral bands and their combinations for the specific purpose of discrimination between forest stands under regeneration (reference, 'REF') versus the other forest age classes using the class separability, cross-correlation analysis, and the features' importance ranked by the 'random-forest' (RF) classifier. The term 'random forest' should here not be confused with 'forest', as this is a forest application. Random forest here refers only to a mathematical classification method, where the term forest indicate a certain branching behaviour of the method. We found that the most powerful S-1 features are firstly the repeat-pass coherence and secondly the radar backscatter intensity of the VH channel (cross-pol or cross-polarized)(Fig. 7). For the S-2 spectral bands, we found that near-infrared (NIR, band nr 8), short-wave infrared (SWIR, band nr 11), and red-edge ('REDG', band nr 6) channels presented a good separability between the REF class and the other classes but having high correlation between some parameters in the cross-correlation analysis of the REF class, we ended up choosing REDG and SWIR bands as inputs of the RF classification. The use of spectral VIs did not provide a good separation between the REF and the other classes.



Figur 7: The distributions of different forest age classes for different parameters of (a) S-1 and (b) S-2 data. The curves of the target class, i.e., REF, are shown in dark green. where class I= Clear Cut (CC); class II= Regenerated Forest (REF); class III= Yo

We used the most important features chosen in the previous step to train the classical random forest (RF) classification algorithm. We did a comparative study of performance of the algorithm in three cases: I) using only S-1 features, II) using only S-2 optical bands, and III) using combination of S-1 and S-2 features. For the purpose of discrimination of the REF stands, the use of 6 chosen S-1 and S-2 features was seen to perform at least as good as all features, i.e., all S-1 and S-2 parameters. This indicates that the selected features not only

contain sufficient information for the purpose investigated here but also reduce the computational cost of training and prediction steps of the supervised machine learning algorithm. Regarding the use of only S-1 variables, the classification results of this study indicated that the 6-day interferometric coherence was shown to perform better than the backscatter intensity for forest age classification, although this analysis showed that it is beneficial to include both backscatter intensity and coherence. We showed that the S-2 spectral features provided slightly better accuracies than the S-1 variables for discrimination of the REF, old forest stands and clear-cuts, and combination of S-1 and S-2 parameters yields the best results (Figs. 8 and 9).

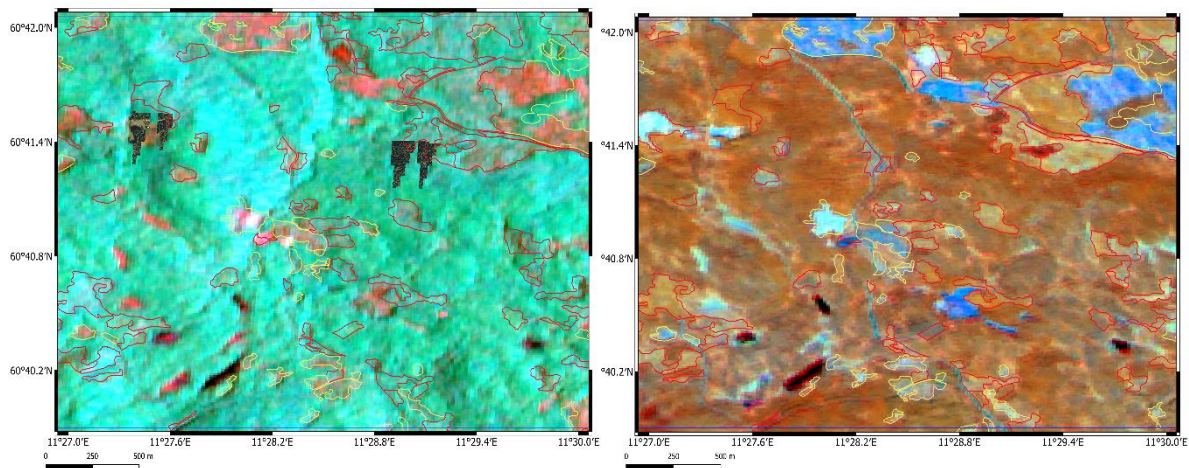
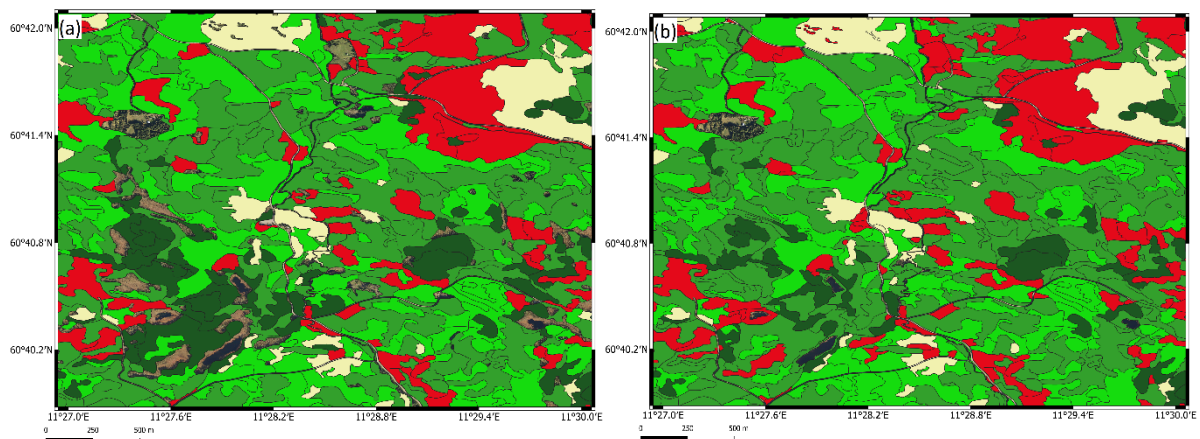
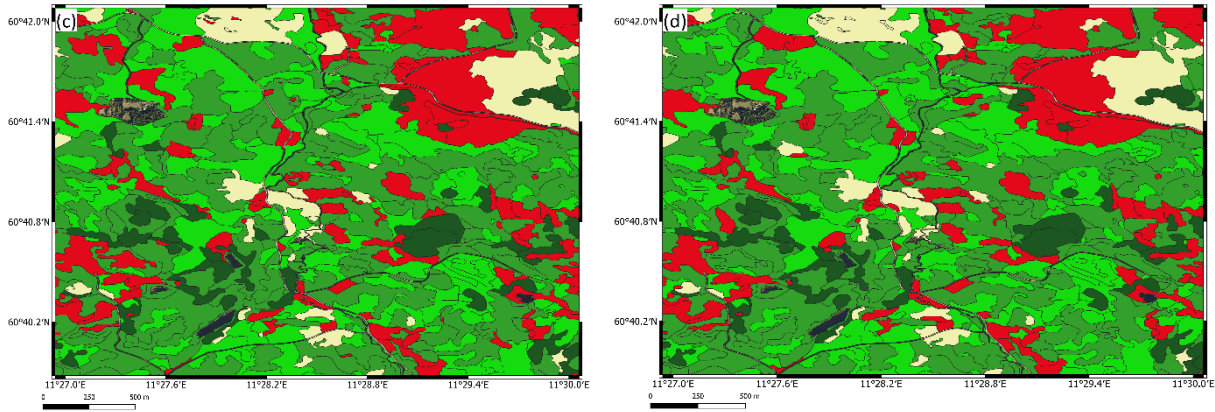
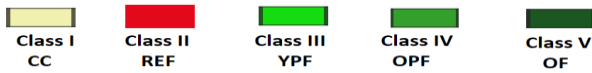


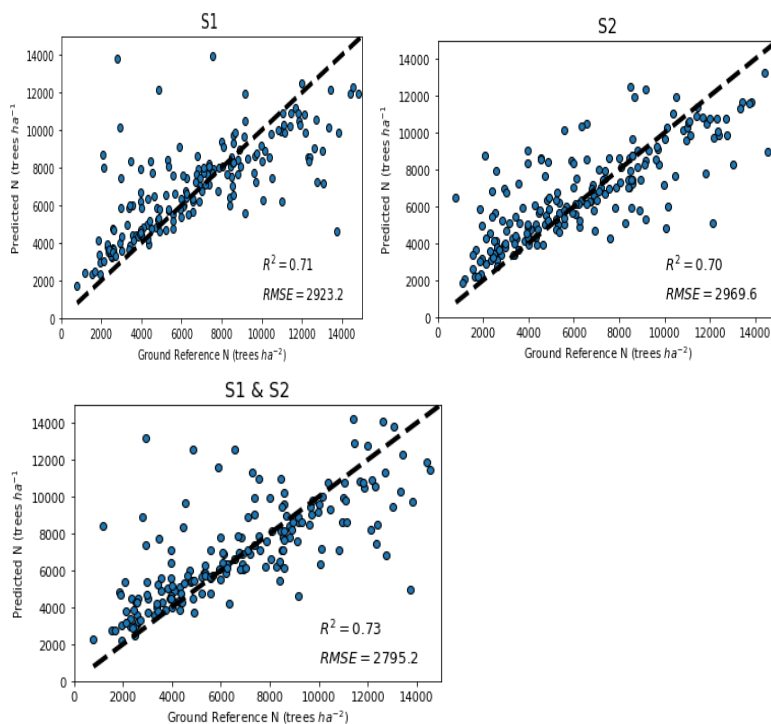
Figure 8: (a) RGB composite of yearly average products of S-1 data, (b) RGB composite of median image of S-2 summer-time acquisitions (R: NDVI, G: REDG, B: SWIR).

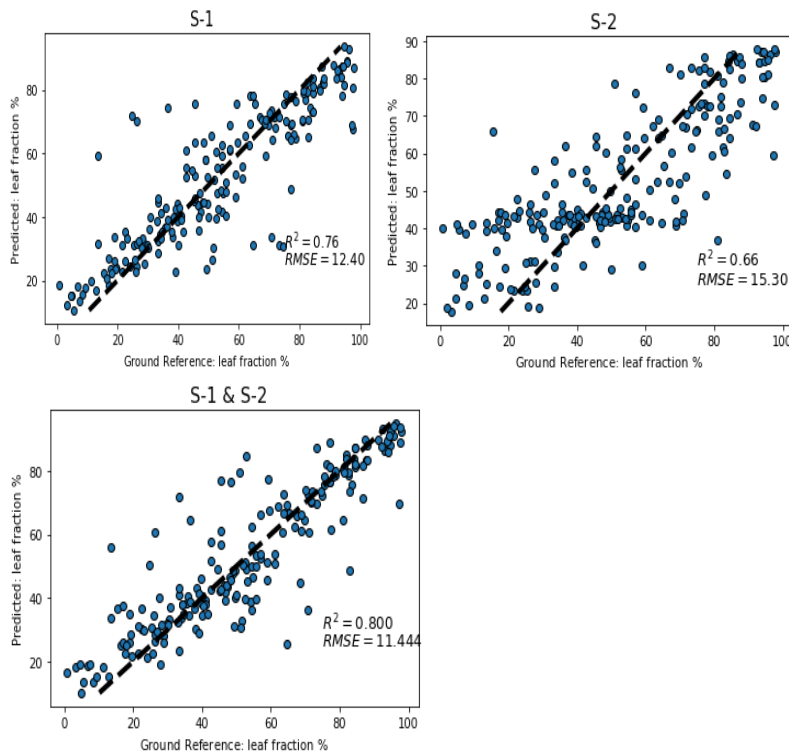




Figur 9: Comparison of S-1 and S-2 input features for stand-level classification in Romedal site with 5 classes based on the RF classification strategy. The REF as the target class is illustrated in red and the other forest age classes in other colours.

We used the RF regression for the analysis of correlation between the S-1 and S-2 variables and forest properties in forest stands under regeneration and we estimated tree density and broadleaf fraction in the cluster level with coefficient of determination (R^2) of about 0.70 and 0.80, respectively. Model accuracy improved at cluster-level scale (250 m^2) as compared to plot level scale (50 m^2).





Figur 10: Scatterplots of predicted (y-axis) versus the ground reference values (x-axis) at cluster level for the biophysical variables: stand density (upper row) and broadleaf fraction (lower row) based on the RF regression analysis for three alternatives: S-1, S-2 and S-1 & S-2.

To conclude, this study has shown that time series data of both S-1 and S-2 will make a useful contribution to discriminating forest stands under regeneration from other stands, and to finding forest stands in need of precommercial thinning. More accurate classification of forest stands under regeneration in boreal areas has significant practical values in supporting the effective management and protection of forest resources.

6.2 Verifikasjon av resultatene

For å verifisere resultatene ble det hentet inn skogdata fra en større skogeiendom på Østlandet. Prediksjonsmodellen ble kjørt for det samme arealet som skogdataene representerte. Alt areal i hogstklasse to ble filtrert ut av skogbruksplanen, og dette la grunnlaget for sammenligningen. Man sammenlignet totalt areal (brutto) for alle bestand i hogstklasse to, mens man samtidig benyttet Zonal Histogram-funksjonen i QGIS for å beregne predikert areal av ungskog i det samme arealet. Deretter filtrerte man ut de arealene der prediksjonen fant en ungskogandel på mindre enn 20%. Dette ga følgende resultat:

	Brutto skogbruksplan	Prediksjon
Areal (da)	68906.6	40821.1
%	100%	59%

Trolig finnes det noen feilkilder i både modell og skogbruksplan. En kan anta at et bestand registrert som ungskog i skogbruksplanen kan inneholde områder som ikke klassifiseres som ungskog; rikt på overstandere, myr, vann, impedimentsflekker etc. selv om hele arealet er registrert som ungskog. Det ble funnet flere eksempler på dette gjennom å studere flybilder for området, men det finnes ikke grunnlag for presentere dette systematisk. Utover dette er det vanlig at spektrale data i noen tilfeller kan ha relativt stor variasjon, som også kan forklare noe av forskjellen.

Dette tatt i betraktning tolker vi det dithen at prediksjonen treffer relativt godt. Prediksjonen fanger i stor grad opp ungskog og klarer å skille denne fra eldre skog. Det kan se ut til at modellen i mange områder ikke fanger opp områder som er yngre – som er naturlig siden modellen i all hovedsak ikke er trent til dette formålet. Modellen er skapt for å identifisere ungskog i høydeintervallet 1-6 m – intervallet der ungskogpleie er mest aktuelt å utføre. Det kan tenkes at bonitet og aldersmatrisen burde vært justert, men dette ble ikke testet.

Utover dette er det helt klart noen feil i skogbruksplandataene - for eksempel vil et bestand som er registrert som 10 dekar med ungskog i realiteten ikke være fulle 10 dekar med ungskog, som nevnt tidligere. Ut i fra en visuell tolkning, også her ved hjelp av flybilder, ser vi at skogbruksplanen ikke klarer å uttrykke dette, mens prediksjonsmodellen gjør det.

Man utførte samme analyse for å verifisere hvor godt prediksjonen treffer med tanke på ungskogpleiebehov. Her benyttet vi data for ungskogen som ble identifisert i forrige avsnitt som referanse. Basert på erfaring filtrerte vi ut de vi mener har behov for ungskogpleie, med hensyn på alder og bonitet. Man hadde dessverre ikke tilgang til høydedata. Dette ga oss et areal på nesten 22.000 dekar:

	Brutto skogbruksplan	Prediksjon
Areal (da)	21785.4	9742.5
%	100%	44.7 %

Tallet med utspring fra skogbruksplanen er trolig høyt. For det første hadde man ikke tilgang til de allerede utførte tiltakene på eiendommen – det er kjent at det blir utført ungskogpleie i utbredt grad på eiendommen. For det andre vil ikke alle bestand i vår utvelgelse ha behov for ungskogpleie. Den største feilkilden fra forrige steg spiller også en rolle, og blir her en følgefeil. Reelt sett skal derfor brutto skogbruksplan-areal trolig betydelig ned, som ville ført til at presisjonen på prediksjonen går opp.

7 Konklusjon

Alt tatt i betraktning er resultatene relativt gode. Presisjonen ville trolig vært høyere hvis skogbruksplandataene hadde vært av høyere kvalitet, samt gitt all nødvendig informasjon. Allikevel synes modellen og predikasjonen å gi en god indikasjon, og kan hjelpe skogeier med både å prioritere, men også identifisere bestand som bør besøkes i felt. Med bedre sannhetsdata for å teste prediksjonen mot, ville trolig presisjonen vært høyere. I februar 2021 blir det levert en ny enkelt-tre basert takst på en større skogeiendom på Østlandet som det hadde vært interessant å sammenligne prediksjonen med, og man vil forsøke å gjøre dette. På grunn av utsatt leveringstid og begrensede midler i dette prosjektet ble det ikke mulig å gjennomføre denne typen verifikasjon før rapportleveranse.

Vi har tro på at en modell tilsvarende den som er utviklet i prosjektet kan redusere det tapte potensialet i norske skoger, og bidra til samfunnsøkonomisk vekst over tid. Det vil trolig bli omsøkt en videreføring av prosjektet for å 1) videreutvikle metode og presisjon og 2) publisere en karttjeneste på Kilden som gjør verktøyet tilgjengelig for allmennheten og gjør at den enklere kan bli benyttet av det operasjonelle skogbruket, eller skogeier selv. Dette vil i så fall, direkte eller indirekte, komme et stort antall skogeiere i Norge til gode gjennom og forhåpentligvis stimulere til økt frekvens av utført ungskogpleie.

8 Referanser

- [1] S. Solberg, Kartlegging av unskog som trenger unskogpleie med Sentinel-1 og -2, Projectbeskrivelse, Norsk institutt for bioøkonomi, 2018.
- [2]. V. Akbari and S. Solberg, and S. Puliti "Multitemporal Sentinel-1 and Sentinel-2 images for characterization and detection of young forest stands under regeneration in Norway," IEEE J. of Selected Topics in App. Earth Observations and Remote Sens., In Review.
- [3] N. Ackermann, C. Thiel, M. Borgeaud, C. Schmullius, C., 2012. Cosmo-SkyMed backscatter intensity and interferometric coherence signatures over Germany's low mountain range forested areas. IGARSS 2012, 5514–5517, 2012.
- [4] F. T. Ulaby, C. T. Allen, and G. Eger, "Relating the microwave backscattering coefficient to leaf area index," Remote sensing of environment, v. 14.. 113-133.
- [5] H. T. Chuah, H.S. Tan, A radar backscatter model for forest stands. Waves Random Media 2, 7–28, 1992.