

Prosjekt Fjellets ressursgrunnlag

Del 1: Kartlegging av vegetasjon i tid og rom

1 Sammendrag

Vitenskapelig og forvaltningsrettet kunnskap om alpine økosystemer med fokus på samspillet mellom dyr, vegetasjon, menneskelig aktiviteter og klimaendringer, krever gode data for ressursgrunnlaget. Institutt for natur, helse og miljø ved Høgskolen i Sørøst-Norge ønsker å utvikle metoder og utføre analyser som kan bidra til å øke vår kunnskap om det alpine miljøet. Sentralt i dette prosjektet er utvikling av en ny type høyoppløselig kartprodukt av alpin vegetasjon basert på fjernmålte data. Kartproduktene vil bli laget med en romlig detaljeringsgrad som ikke tidligere har vært gjort i Norge og endringer i vegetasjonen undersøkt helt tilbake til 1984. Grunnlaget for dette er bruk av nye høyoppløselige multispektrale flyfoto (25 cm oppløsning) og data fra en 35-års tidsserie med satellittbilder. Utviklingen av kartproduktene vil videreføre metoder vi tidligere har utviklet (SatNat-programmet), men omfang og oppløsning i dette prosjektet er langt større, både i rom og tid. Dette skjer via automatiseringsalgoritmer i et utviklings samarbeid med ledende internasjonale forskningsinstitusjoner.

Prosjektet er delt inn i flere arbeidsoppgaver som bygger på hverandre. Etter en detaljert kartlegging av vegetasjonen slik situasjonen er i dag, vil vi se på endringer tilbake i tid. Deretter vil vi videreføre prosjektet i nært samarbeid med andre norske institusjoner, ved å knytte de nye kartdataene til analyser av data over forflytninger og arealbruk hos villrein, rype og sau, og til bestandsrelaterte data som tetthet og produksjon. Ved å velge et studieområde som har en tydelig klimatisk gradient, og hvor det også foreligger relevante data for analyser av endringer over et lengre tidsrom, vil vi undersøke hvordan klimaet påvirker fjellvegetasjonen og beiteressursene. Vi velger et studieområde som også er forvaltningsmessig svært relevant – Hardangervidda og Nordfjella.

I første fase, som starter i februar 2018 og løper i litt over et år, inngår et utviklings samarbeid med forskningsinstitusjonen CSIRO i Australia med analyser av digitale flyfoto hos dem. De vil gi oss hjelp til å bearbeide flyfotoene med instituttets metode og datakraft. Det samarbeidet vil også gi oss bedre innsikt til løsninger av de tekniske utfordringer prosjektet har i de videre analyser ved høgskolen fra høsten 2018.

I prosjektets fase 2, som starter i 2019, vil vi gå videre med i tilrettelegging og analyser av en tidsserie med bilder fra Landsat og Sentinel-2 i et samarbeid med University of Maryland. Samarbeidet er allerede etablert og tilretteleggingen av en konsistent tidsserie vil skje hos dem. I fase 3 vil vi gjøre analyser direkte mot observasjonsdata for villrein, ryper og sau.

Vi søker viltfondet om midler for 2018 til prosjektets første fase siden denne er en nødvendig del for etterfølgende analyser som er direkte rettet mot forvaltningsrelaterte problemstillinger for villrein og rype.

2 Bakgrunn

2.1 Tidligere arbeid og ny satsning

Institutt for natur, helse og miljø ved Høgskolen i Sørøst-Norge har gjennom mange år studert alpine økosystemer og påvirkning av klimaendringer. Forskningsgruppen "Klimaendringer og alpine økosystemer" har anvendt 'tradisjonelle' feltbaserte observasjoner og modeller for å undersøke forhold mellom klimavariabler og utbredelse og arealbruk av utvalgte arter. Hardangervidda, med flere sjeldne og rødlistede plantearter og naturtyper og med den største villreinpopulasjonen i Europa, har vært hovedforskningsområdet.

De siste par årene har vi utvidet dette arbeidet både metodisk og geografisk. For mer effektivt kunne innhente detaljerte kartdata av fjellvegetasjonen for større fjellområder, vil vi ta i bruk fjernmåling. For

videre å studere effektene av et klima i endring på alpine økosystemer, vil vi jobbe i et område der det er en tydelig klimatisk gradient. Fjellkjeden sør for E16 over Filefjell representerer et område der klimaet endres langs en oseanisk-kontinental akse i sørvest-nordøstlig retning. I 2018 vil vi starte kartleggingsarbeidet med fjellområdene Hardangervidda, Brattefjell/ Vindeggen og Nordfjella. Dette er også forvaltningsmessig svært sentrale områder mht. høsting og menneskelig påvirkning. Nordfjella representerer dessuten et enestående, storskala, naturlig eksperiment, hvor vi via en detaljert nåtids kartlegging av vegetasjonen, vil kunne systematisk følge endringer i økosystemet over tid som følge av å fjerne villreinen. Etter hvert vil vi også utvide studieområdet til fjellområdene syd for E134 over Haukelifjell.

I arbeidet vil vi benytte de mest detaljert billedata som er tilgjengelig for området, dvs. flyfoto med bakkeoppløsning på 25 cm. Den grunnleggende metodikk er tidligere utviklet i SatNat-programmet. For å utnytte bildenes høye oppløsning, må vi benytte nye og delvis automatiserte kartleggingsmetoder. Det vil gi et helt unikt detaljeringsnivå for kartlegging av fjellvegetasjon, og et grunnlag for en heldekkende overvåking av selv små endringer i vegetasjonen.

En slik (semi-)automatisert kartlegging krever bilder tatt med digitale kamera siden de måler lysrefleksjonen både i naturlige farger og IR, og slike kamera ble først brukt i Norge i 2004. I 2006 ble det startet opp et nasjonalt program for flyfotografering av hele Norges fastland med en omløpsperiode på 6-8 år, og i løpet av et par år var fjellområdene syd for E16 fotografert med digitale kamera for første gang. Ved gjentatte fotograferinger er disse data også egnet for overvåking av endringer over tid. Det gjelder også for endringer i vegetasjonens høyde og tetthet. Ettersom vi til nå har data fra to omløp, vil flyfotoene ikke direkte si så mye om endringer over tid, men de legger det nødvendige datagrunnlaget for å studere endringer over lengre tidsperioder i framtiden. Dette kartgrunnlaget er det viktig å få tatt vare på nå ellers vil nødvendige data gå tapt. Det er private firma som forestår denne fotograferingen har kun krav til å ta vare på originalbildene i 4 år. De bearbejdede bildene, som Statens kartverk arkiverer, er lite egnet for den automatiserte kartleggingsprosessen

Men vi kan i dag 'se' bakover i tid for en lengre periode med bruk bilder fra satellitter. Fra de amerikanske jordobservasjonssatellittene i Landsat-serien finnes det et stort arkiv med gratis tilgjengelig data fra Norge tilbake til 1972 (Hansen & Loveland 2012). Men først med oppskytingen av en ny satellitt i 1984 med 30 meter oppløsning ble det gjort mer systematiske opptak over Norge. Disse data utgjør nå en nesten 35 års kontinuerlig serie med bilder som er egnet for å studere endringer, også i alpine miljø. Disse data gir ikke den samme detaljeringsgrad av vegetasjonen som flyfotoene, men de viser hvordan vegetasjonen har utviklet seg. Det gjelder også for de beiteressurser som er viktige for rein og husdyr og for rypehabitat. Videre gir en slik lang tidsserie muligheter til å sammenligne endringene i vegetasjonen med andre dataserier fra samme tidsperiode, slik som data for endringer i klima, beitepress, eller forstyrrelser. Det vil for eksempel kunne gi oss bedre kunnskap om hva som kan skje med fjellvegetasjonen når klimaet endres, og hvor fort slike endringer skjer, og dermed også beitetilbudet for en rekke viltarter og for husdyrhold i fjellområdene, og hvordan de tilpasser seg slike endringer.

Det eksisterer svært gode data av arealbruk hos villrein, rype og sau. For villrein og sau er dette data fra en rekke GPS-enheter, og for rype blir det hvert år gjort et omfattende takseringsarbeid i mange områder der observasjoner av rype blir nøyaktig lokalisert med GPS.

Når disse data blir analysert sammen med vegetasjonsdataene både i rom og tid, kan vi få frem ny kunnskap om hvordan viltartene responderer på endringer i beitetilbud, beitekonkurranse, klima og menneskelig aktivitet (jakt, forstyrrelse, utbygging). Dersom klima, beitepress og menneskelig aktiviteter kan gi gode forklaringer på vegetasjonsendringene, vil det gi grunnlag for å utarbeide ulike kart over fremtidsscenarioer, spesielt i forhold til IPCC's ulike klimaprognooser.

Vi vil også påpeke at siden dette er kartorientert arbeid, vil resultater fra prosjektet gi en rekke ulike og svært nyttige kartprodukt. Dette er kart som forvaltningsmyndigheter på ulike geografiske nivå (fra enkelteierdommer til nasjonalt nivå) kan benytte direkte i sine vurderinger knyttet til de aktuelle fjellområdene. De digitale kartproduktene fra prosjektet vil forvaltningen også kunne benytte i sine geografiske informasjonssystemer og nettløsninger.

3 Målsetting

Hovedmålsettingen i prosjektet er å øke vår forståelse av interaksjonene mellom alpin vegetasjon, klima og beitende dyrearter, gjennom først å detaljert kartlegge ressursgrunnlaget, dvs. tilstand og endring i vegetasjonen innen studieområdene.

Dette vil vi gjøre ved å benytte de nyeste teknikker innen bruk av fjernmålte data, klimamålinger og observasjonsdata for villrein, rype og husdyr. I tillegg vil vi bruke data for menneskelig aktivitet og infrastruktur og de nasjonalt oppskalerte data fra IPCC's klimaprognoser.

Arbeidet vil inneholde flere arbeidspakker med følgende delmål:

- Tilpasse og forbedre den metodikk som i SatNat-programmet ble utviklet for detaljert kartlegging av alpin vegetasjon med bruk av digitale flyfoto til kartlegging av de større fjellområdene Hardangervidda, Nordfjella og Brattefjell/Vindeggen.
- Tilpasse den metodikk som internasjonalt er utviklet for bruk av lange tidsserier med data fra optiske jordobservasjonssatellitter til analyse av endringer i vegetasjon i de norske fjellområdene Hardangervidda, Nordfjella og Brattefjell/Vindeggen.
- Undersøke endringer i rom og tid av villreins beiteressurser i fjellområdene Nordfjella, Hardangervidda og Brattefjell/Vindeggen.
- Undersøke i hvilken grad de utviklende kartprodukt kan bidra til en bedre forvaltning av fjell- og lirype. Masteroppgave.
- Undersøke hvordan de kartlagte vegetasjonsforhold påvirker forflytningsmønsteret og beiterelaterte kvalitetsmål hos sau. Masteroppgave.

4 Nærmere om arbeidspakkene

4.1 AP1: Detaljert vegetasjonskartlegging

Bakgrunn: Gjennom SatNat-programmet i 2003-2008 ble det utviklet en semi-automatisert metode for detaljert kartlegging av vegetasjon i alpine miljøer fra digitale flyfoto (Kastdalen m. fl. 2009). Med denne metodikken var det mulig å kartlegge 15-20 vegetasjonsklasser med en samlet nøyaktighet på 90% eller bedre. Dette er svært nøyaktig kartlegging.

For 10-år siden, når metodikken ble utviklet, var det teknisk gjennomførbart å kun benytte den til kartlegging av mindre områder (2-5 km²). Når store fjellområder skal kartlegges med digitale flyfoto vil et stort antall enkeltbilder inngå. Disse bildene vil nødvendigvis være tatt til ulike tider på dagen og over flere dager. Dermed oppstår uønskede variasjoner i lysforhold mellom bildene. I tillegg er bildene tatt med vidvinkel, noe som gjør at lysforholdene også varierer innen ett enkelt bilde. Når automatiserte metoder skal benyttes der mange enkelt-bilder inngår for å lage en sammenhengende mosaikk, krever det nøyaktige korreksjoner av uønskede lysvariasjoner. Dette er svært dataintensivt og krever avanserte algoritmer som først nå har blitt tilgjengelige i et par avanserte internasjonale miljøer, og ennå ikke i Norge

I Norge blir digitale flyfoto bearbeidet for visuell tolkning. Dermed blir kameraenes multispektrale bildedata, vanlig farger (RGB) og nærinfrarødt, redusert til en RGB-båndkombinasjon, og de opprinnelige fargenyansene i 12-bit blir redusert til 8-bit. Det gir tap av viktig informasjon. Det er kun disse 'reduerte' data som blir lagret hos Statens kartverk, men de er ikke lengre egnet for den mer avanserte metodikk som er planlagt brukt her. Dersom de opprinnelige og fullstendige data ikke kopieres til harddisker nå, kan etter 4 år gå tapt.

Mål: Utvikle en metode for å lage detaljerte kart av vegetasjonen fra digitale flyfoto og benytte denne metode til kartlegging av store fjellområder.

Materiale og metode: Nylig utviklet det australske forskningsinstituttet CSIRO en automatisert behandlingsmetode som inkluderer nødvendige lyskorreksjoner. Dette gjør at de digitale bildene (fra Vexcel kamera) blir egnet for mer automatisert bruk, på samme måte som i analyser av satellittdata (Collins & Caccetta 2013). Vi har allerede avtalt et nært samarbeid med CSIRO, og vil få tilgang til deres metoder og den beregningskapasitet de råder over. Metoden krever bruk av rådata direkte fra de digitale flykameraene (over).

Vi trenger ikke betale for selve billedataene, men for at flyfotoselskapene skal gjøre jobben med å finne frem aktuelle data, tilrettelegge og kopiere disse til harddisker sammen med bildenes orienteringselement. For de originale billedata som fortsatt eksisterer fra de aktuelle fjellområdene, koster dette 100 000,-. Nå er det også svært viktig å få tatt vare på disse billedata på harddisker. Flyfotoselskap er kun pålagt å arkivere rådata i 4 år, og rådata fra flere prosjekt mellom 2004 og 2010 er allerede gått tapt. Miljøforvaltningen er også den instans som vil få størst nytte av disse data i form av både effektiv kartlegging og overvåking av endringer.

Etter at det er gjort belyningskorreksjoner av enkelt-bildene vil de bli satt sammen (mosaikkert) til et sammenhengende 4-kanals bilde i 16 bit. I analyser av denne mosaikken kan det anvendes en objekt-basert metode hvor en matematisk algoritme blir brukt for å inndele bildet i homogene områder (segmentering). Deretter må det utvikles modeller fra treningsdata som klassifiserer objektene til vegetasjonsheter eller beregner mengdeforhold slik som dekningsgrad og biomasse. Til slutt benyttes modellene på alle segmenterte objekt, dvs. hele kartleggingsområdet.

Innhenting av treningsdata krever både feltarbeid og etterarbeid med skjermdigitalisering. For å få treningsdata som fanger opp den store variasjonen det er i alpin vegetasjon, trengs et stort antall treningsdata. Tidligere erfaringer tilsier at for et område som Hardangervidda, vil det bli nødvendig med minst 100 000 treningsdata fordelt på ca. 25 mindre områder (~ 2 km²). Dette er en tidkrevende prosess, men heldigvis har vi allerede fra et tidligere arbeid feltbaserte treningsdata fra 16 områder på Hardangervidda og 5 i Nordfjella. Men disse data må suppleres med nytt feltarbeid i 2018. Innsamlingsmetodikk vil være som tidligere, men i kartleggingen vil vi bruke flyfotoopptak både fra perioden 2006-2008 (1. omdrev) og fra 2012-2015 (2. omdrev).

Som verdifull tilleggsinformasjon i den avanserte kartleggingsprosessen til CSIRO, blir det også laget en digital punktsky med 16 høydeverdier/m². Fra punktskyen kan det lages en digital overflatemodell og en modell av vegetasjonshøyde med ca. +/- 15 cm høydenøyaktighet (Caccetta et al. 2015). Data over høyde og tetthet av vegetasjonen er spesielt interessant i forbindelse med overvåking både av gjengroing og overbeite.

Siden vi ikke har metodikken for å gjøre en full belyningskorreksjon av flyfotoene i Norge, har vi avtalt å gjøre dette hos CSIRO i Australia. På sikt vil vi jobbe mot å gjøre dette arbeidet i Norge. Vi har bestilt rådata over de aktuelle fjellområder fra flyfotoselskapene og tar disse med til Australia. Vi vet ikke sikkert hvilke datatekniske utfordringer vi får når vi skal kartlegge de store norske fjellområdene. I Australia vil bildebearbeidingen bli gjort med et kluster av datamaskiner ved bruk av parallell prosessering. Trolig må vi også i deler av det oppfølgende arbeid som må gjøres i Norge, benytte flere datamaskiner i et kluster. Alternativet kan være å gjøre modellutviklingen i et av de nettbaserte prosesseringsmiljø som nå er etablert (Google, Amazon, Microsoft og andre) ved bruk av spesialiserte maskinlæringsbibliotek. Disse databibliotek er optimalisert for å utnytte kraften fra bruk av parallell prosessering (TensorFlow eller andre). Når egnet modell først er utviklet, kan klassifiseringen, eller regresjonsberegningene, bli kjørt på lokale datamaskiner for å lage kart over hele studieområdet. Dette analysealternativet er integrert i den nye utgivelsen av det objektorienterte kartprogrammet Trimble eCognition Developer, som vi planlegger å bruke. Produksjonsløypen for å håndtere de store datamengdene som utvikles i dette prosjektet, vil i seg selv være et viktig resultat. Siden dette ikke er gjort før, er omfanget av dette noe usikkert.

Resultat: Detaljert vegetasjonskart over studieområdene og metoder tilrettelagt for slikt arbeid.

Organisering: Feltarbeidet i 2018 vil bli utført av personell fra USN og eksterne personer. Analysene vil bli gjort av Kastdalen, Hjeltnes og Tien Bui i samarbeid med dr. Caccetta hos CSIRO. I tillegg vil vi samarbeide med en dataprogrammerer.

4.2 AP2: Endringer i fjellvegetasjonen siste 35-år

Bakgrunn: Etter at data fra Landsat-satellittene ble gjort tilgjengelig uten kostnader i 2008, har det foregått et stort utviklingsarbeid for å utnytte disse data i lange tidsstudier. Med ytterligere data fra europeiske Sentinel-2 fra 2013, har integrering av data fra disse to satellittypene stått sentralt.

HSN har et ledende fagmiljø med bred erfaring med analyser av satellittdata, men ingen norske fagmiljøer har til nå utviklet et system for tilrettelegging av det store antall scener som 35 år med satellittdata utgjør. Også for disse data er det nødvendig med omfattende kalibreringer for at datasettene skal bli konsistente over tid, og så må forurensede piksler (for det meste skypåvirkede) fjernes. Metodikken for slike kalibreringer er godt utviklet ved flere amerikanske universitet. Vi vil samarbeide med et ledende fagmiljø ved University of Maryland som har spesialisert seg på kartlegging med Landsat for store areal, blant annet ved kartlegging av skogavvikling og skogdekning i hele verden med 30 meters oppløsning (Hansen m. fl. 2013).

Ved å analysere lange tidsserier utvider vi informasjonsinnholdet fra spektral signatur og romlig kontekst til også å inkludere informasjon om fenologimønster. Dette forbedrer både resultatet av en kartlegging for et gitt tidspunkt og gir muligheten til å oppdage årlige trender. Flere modeller er utviklet som automatisk oppdager endringer i slike tidsserier (Verbesselt et al., 2010, Zhu et al. 2015). Vi vil undersøke flere av disse og tilpasse den modell vi finner mest egnet for norske forhold med tanke på miljøovervåking av norske fjellområder. Denne kunnskapen vil kunne overføres også til andre (norske) fagmiljøer.

Mål: Utvikle metodikk for kartlegging av endringer i alpin vegetasjon de siste 35 år, og lage kartprodukt som synliggjør denne endringen. Sammenlikne endringer i vegetasjonens sammensetning med klimadata og data over beitepress (estimat over antall villrein og antall sau på beite de enkelte år).

Resultat: Kartprodukt over endringer og resultat fra analyser om påvirkningsfaktorer.

Organisering: Modellutviklingen vil bli utført av Kastdalen i et nært samarbeid med prof. Hansen ved Universitetet i Maryland og Tien Bui ved HSN. Det vil bli benyttet en kombinasjon av egenutviklede programscript og kommersiell programvare (R, DTREG, ESRI ArcMap, PCI Geomatica, Trimble eCognition Developer).

4.3 AP3: Variasjon i villreins beiteforhold i rom og tid

Bakgrunn: Reins beiteressurser varierer mye mellom ulike fjellområder, men også innen samme fjellområde og over tid. Fagmiljø ved HSN har engasjert seg særlig på vegetasjons- og beite tema. Tilgjengelighet til beiteressursene er spesielt kritisk vinterstid, og har stor påvirkning på reins forflytninger. Sterkt beitepress og klimatiske endringer (temperatur, nedbør, vind) som påvirker vegetasjonens artssammensetning, og forstyrrelser fra menneskelige infrastruktur er faktorer som endrer beiteforholdene over lang tid, mens de årlige snøforholdene og sesongbetont menneskelige aktiviteter kan ha mer kortvarig innvirkning. God kjennskap til fordelingen av beiteressursene og kunnskap om faktorer som påvirker reins tilgang til ressursene er viktig i forvaltningen av både reins og fjellområdene. Ved å koble data fra kartprodukt over reins beiteressurser i rom og tid til data om reins forflytninger, bestandsstørrelse og kondisjon (produksjon) kan vi øke vår kunnskap om interaksjonene mellom reins og miljøet.

Vi ser på innhenting av data i Nordfjella som spesielt interessant. Den utskytingen av villreinbestanden som skjer der i år på grunn av skrantesyken gir også muligheter til et enestående eksperiment i stor skala over hvordan vegetasjonen vil respondere på et plutselig fravær av beite fra rein.

Når fjernmålte data benyttes til kartlegging av reinens beitetilbud om vinteren, så vil kartene også inkludere areal som blir utilgjengelige for rein på grunn av snøforholdene. Vi ønsker derfor å undersøke hvor godt det er mulig å utvikle en modell der snødybden blir estimert til et detaljeringsnivå på en kvadratmeter. Dersom slike kart kan utvikles vil de kunne benyttes til å begrense det beiteareal som er tilgjengelig for rein ut fra estimert snødybde.

USN har allerede et arbeid i gang med å avgrense beiteareal som er tilgjengelig for villrein ved å benytte en kombinasjon av feltmålinger og bruk av data fra Sentinel-2 satellitten. NVE har utviklet en modell for daglige estimat av snødybder i et nasjonalt rutenett på 1 km². De har undersøkt om disse estimatene kan skaleres til en detaljert oppløsning. Til dette formål innhentet de data over snødybde ved å benytte flybåren LIDAR i nord-sør og vest-øst gående transekt på Hardangervidda i årene 2008 og 2009. De samme transektene ble fløyet om sommeren uten snø og i begynnelsen av april når snødybden er på det høyeste. Analyser viste imidlertid at med de data på topografi og vegetasjon som var tilgjengelige ble resultat for unøyaktig. Kartene som utvikles i dette prosjektet vil ha en langt høyere oppløsning enn eksisterende kartmateriale, og dermed gi et datagrunnlag som er bedre egnet til å fange opp den vindbaserte forflytning av snø som skjer i fjellområdene.

Mål: Videreutvikle de metoder som ble utviklet i SatNat-programmet for kartlegging av reinens beiteressurser til måling av beiteressursene også i sommerperioden, og for beregning av tilgjengelige beiteressurser vinterstid. Videre er målet å registrere endringer i beiteressursene over en 35 års periode, og sammenlikne dette med klimadata og data over beitepress.

Materiale og metode: I arbeidet med å fremskaffe kvantitative kartdata av reinens beiteressurser vil vi videreutvikle SatNat-metodikken for detaljert kartlegging som er beskrevet i Kastdalen (2009, 2011) til bruk også for store fjellområder. Videre vil vi utvikle modeller og kartprodukt som viser hvordan beiteressursene har endret seg i studieområdene de siste 35 år. Til dette vil vi ta utgangspunkt i modeller utviklet for overvåking av endringer i skogsvegetasjon, og tilpasse disse til bruk i alpine miljø

Tilretteleggingen av en konsistent tidsserie med data fra Landsat og Sentinel-2 vil vi gjøre ved Universitetet i Maryland. Analysene av disse data vil bli gjort ved HSN, og ulike databibliotek tilrettelagt for tidsserieanalyser vil bli testet (Zhu m. fl. 2015, DeMello m.fl. 2013).

Tidligere datainnsamling i felt inkludert også målinger av dekningsgrad og høyde for lav, vier, bærlyng og frodig grasmark. I tillegg har det ved HSN (Institutt for natur, helse og miljø) blitt samlet inn feltdata på vegetasjon og biomasse av lav på en rekke lokaliteter på Hardangervidda. Dette representerer det største datatilfanget i sitt slag, og vil kunne inngå i utviklingen av en modell for estimering av lavbiomasse.

Gjennom prediksjonsmodellering og ved bruk av tidsserieanalyser vil vi koble data fra kartproduktene til ulike typer observasjonsdata fra villrein.

Organisering: For utviklingen av metodikk som kan anvendes til å avgrense reinens vinterbeiteressurser etter hvilke beiteareal som er tilgjengelige for rein vil vi se både på den direkte måling med satellittdata og modellering ut fra klimadata, topografi og vegetasjonsstruktur. Modellarbeidet vil i hovedsak bli gjort av NVE, mens arbeidet med en satellittbasert tilnærming vil bli gjort av Hjeltnes og Tien Bui ved USN.

Utviklingen for kartlegging av beiteressursene vil bli utført av Kastdalen og Tien Bui ved USN i nært samarbeid med prof. Hansen ved Universitetet i Maryland.

4.4 AP4: Prediksjonsmodeller til bruk i rypeforvaltningen

Bakgrunn: Stor usikkerhet råder for hvor stort jaktpress norske rypebestander tåler. Bestander av ryper gjennomgår store naturlige svingninger i tetthet, men i de senere år er det også en økende bekymring for at jaktuttaket er for stort, særlig i svake rypeår, til å være bærekraftige på lang sikt. Ulike restriksjoner er derfor innført for å begrense uttakene. Produksjon og tetthet av lirype blir nå beregnet årlig fra linjetakseringer som utføres i et stort nettverk av takseringsområder. Observasjonen blir meget nøyaktig lokalisert ved bruk av håndholdt GPS. Disse data benyttes til å fastsette hvordan jakten skal reguleres. Men selv med denne takseringens store omfang blir rypebestandene ikke overvåket i de fleste jaktområder. Dessuten er det store fjellområder uten jakt som kunne være interessante referanseområder, men vi vet lite om hvordan disse områder er egnet som leveområder for rype.

Vi ser at de kartprodukt som vi vil produsere også vil være godt egnet til å kartlegge rypebiotoper. Flere undersøkelser har tidligere vist at med bruk av observasjonsdata fra linjetakseringer kan det utvikles kart som uttrykker sannsynligheten for at et areal blir brukt av rype. Kombinert med de årlige tellingene kan også tettheten av rype beregnes for areal utenfor de takserte områdene (Kastdalen 2004).

Når resultater fra linjetakseringen brukes aktivt i forvaltningen av rype, er det ønskelig at disse er så nøyaktige som mulig. De analysemetoder som blir brukt i linjetaksering nå, tar dessverre lite hensyn til vegetasjon eller synbarhet (fra linja) der ryper ble oppdaget. Analysene baserer estimatene på at den forutsetning at forholdene er konstante langs alle linjene i et terreng. Det er ikke tilfelle, fordi de fleste linjer ikke er lagt ut tilfeldig i terrengene. Imidlertid er nyere analysemetoder kommet, der informasjonen om synbarhet fra linjene i forhold til vegetasjon og topografi kan inkluderes i beregningene, dersom nøyaktige kartdata finnes. De detaljerte kart vi vil produsere gir data for begge disse faktorer. Dermed bør vi kunne analysere rypedata med betydelig større sikkerhet.

Selv om tettheten av ryper viser store og til dels uforutsigbare signeringer mellom år, varierer tettheten innenfor de samme fjellområder mer synkront. Det kan vi bruke til å fremskaffe data på tettheten av rype i ikke-takserte jaktterreng dersom det samtidig blir utført takseringer andre steder i de samme fjellområdene. Det åpner for en sikrere jaktforvaltning også utenfor taksert terreng.

Fra tidligere undersøkelser vet vi også at det er en sterk sammenheng mellom jaktpresset i et terreng (antall jegerdøgn) og jaktuttaket, og at denne sammenhengen er forskjellig mellom ulike terreng. I en studie for å se på hvordan ulike jaktuttak påvirket neste års bestand viste det seg at egenskaper ved jaktterrengene hadde stor betydning for overlevelsen. Men uten tilgang på detaljerte data om vegetasjon og topografi har det ikke vært mulig å undersøke hvilke faktorer ved et terreng som sterkest påvirker jaktuttak og overlevelse.

Ved å innhente informasjon fra jeger som jakter i ulike terreng kan det undersøkes om jeger effektiviteten (felt ryper per tidsinnsats) kan relateres til egenskaper som kan avledes fra kart. Dersom dette er tilfelle, vil det for områder hvor det selges jaktkort bli mulig å foreta en bedre regulering av antall jeger i et jaktområde enn slik det er i dag.

Mål: Utvikle kartprodukt som kan benyttes til å forbedre forvaltningen av li- og fjellrype, og undersøke hvor godt egenskaper ved terrengene kan forklare jaktuttak.

Materiale og metode: Ved bruk av detaljerte vegetasjonskart og observasjonsdata fra linjetakseringer, vil vi sammenlikne den tradisjonelle Distance-sampling metodikken med nyere estimeringsalgoritmer (Inlabru). Vi vil teste nøyaktigheten av ulike prediksjonsmodeller utviklet fra rypeobservasjonene i linjetakseringene og habitatdata fra de kartprodukt som blir laget i prosjektet, samt fra det nasjonale SatVeg-kartet. Videre vil vi undersøke i hvilken grad prediksjonskartene kan ekstrapoleres til områder utenfor de areal som er inngått i modellutviklingen, og hvor godt de kan kobles til årlige tetthetsestimater. Innhente data fra jegere i takserte terreng over antall jegerdager og utbytte (uttak per dag med dato for uttaket).

Organisering: Undersøkelsene vil bli gjort i samarbeid med Høgskolen i Innlandet og jegere. Data fra linjetakseringen bearbejdes og arkiveres av Høgskolen i Innlandet og NINA, og er tilgjengelig i forskningssammenheng. Arbeidet vil inngå i en masteroppgave.

4.5 AP5: Vegetasjonens påvirkning på forflytningsmønsteret og beiterelaterte kvalitetsmål hos sau

Bakgrunn: Utnytting av fjellområdene til utmarksbeite er en viktig del av norsk landbruk, og i mange områder konfliktfylt i forhold til rovvilt. I vurdering av hvordan utmarksområdene best kan utnyttes til husdyrbeite trengs data på hvordan beiteressursene er geografisk fordelt, og interaksjonen mellom beitepresset og vegetasjonen.

I dag blir kartleggingen av beiteressursene i fjellet gjort ved å lage et vegetasjonskart og fra inndelingen i vegetasjonstyper benytte en indeks for beiteverdi. Nå vil ikke en indeksverdi tilpasset den tradisjonelle vegetasjonskartleggingen i målestokk 1: 50 000 direkte kunne brukes for de detaljerte kartene som blir laget i dette prosjektet. Derimot kan en tilsvarende indeks, som også drar nytte av data over vegetasjonens tetthet og høyde, bli utarbeidet ut fra data innsamlet over sauens arealbruk.

I senere år har det blitt montert GPS-enheter på sau, for å forenkle tilsynet med dem. Disse enhetene registrerer sauens posisjon med en frekvens mellom en time og en dag. Datamaterialet fra disse GPS-enheten er svært omfattende og lite utnyttet i forskningssammenheng.

I kombinasjon med prosjektets kartdata kan «radio-bjellene» gi økt kunnskap om de hvordan vegetasjonens sammensetning påvirker vekst og kjøttkvalitet hos sau, siden den enkelte saus forflytningsmønster kan direkte relateres til slaktevekt. Ved aggregering til større geografiske områder kan også vegetasjonsinformasjonen knyttes til den lange tidsserien av data som eksisterer for sauebesetninger (slaktevekter, kjøttkvalitet, antall sau i ulike områder, etc) til å studere både romlige og temporære effekter fra variasjonen i beiteressursene.

Materiale og metode: Kartdata og observasjonsdata fra GPS-enheter og data om besetninger.

Organisering: Utføres i et samarbeid med Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap ved NMBU. Arbeidet vil inngå i en masteroppgave.

5 Kostnads- og finansieringsplan

Høgskolen i Sørøst-Norge vil yte betydelige midler inn mot dette arbeidet, men vil også trenge ekstern finansiering.

For 2018 søker vi om midler fra viltfondet til:

- Uthenting av de originale flyfoto arkivert hos Terratec på tape og kopiere bildedataene til harddisker.
- Innhenting av nye feltdata på Hardangervidda, Nordfjella og i Brattefjell/Vindeggen. Data, innsamlingsmetodikk og analysing er beskrevet i Kastdalen m.fl. 2009, Kastdalen 2011.
- Preprosessering av digitale flyfoto for å lage et homogent 4-kanals mosaikkert bilde som er klargjort for automatiserte analyser og produksjonen av en punktsky med høydedata (se Caccetta m. fl. 2015 for ytterligere informasjon om metodikken). Arbeidet vil bli gjort hos CISRO i Australia.
- Utvikling av en produksjonsløype for detaljert vegetasjon og beiteressurskartlegging i alpine miljø etter den semi-automatiske metoden som ble utviklet i SatNat-programmet.

Dette datasett legger grunnlaget for det videre arbeid med studier av hvordan fjellmiljøet har endret seg over en lengre tidsperiode og arbeidet i forhold til arter som villrein og rype, samt beiteforhold for husdyr.

Arbeidet med den detaljerte kartleggingen startes opp i februar 2018. Tidsstudiene og snøkartleggingen vil bli startet opp våren 2019, og analyser mot observasjonsdata fra villrein og rype høsten 2019. Siden denne høyoppløselige vegetasjonskartleggingen gir detaljert data også over villreinens beiteressurser og habitat for fjell- og liryper søker vi viltfondet om støtte for 2018 og første del av 2019 (ut april).

Vi velger å søke støtte for kun denne perioden, siden vi i dag ikke kjenner godt nok til de utfordringer vi får i analysearbeidet til å lage en fullstendig kostnadsplan. Høgskolen har satt av midler til dette arbeidet både gjennom et 3-årig doktorgradsarbeid og med midler til kartleggingen. Flere av våre ansatte vil også delta i arbeidet, og vi vil tilby deltakelse i prosjektet til nye master-studenter.

Kostnadsplan	År 2018	År 2019
A. Uttak av digitale flyfoto inkludert harddisker	100000	0
B. Feltarbeid 2018	70000	0
C. Preprosessering av flyfoto hos CISRO	80000	0
D. Utvikling av produksjonsløype for håndtering av store datamengder. Eksternt arbeid.	200000	0
Diverse utstyr (GPS, nettbrett, PC)	100000	0
Lønnsmidler internt	1030000	310000
TOTALT	1 580 000	310 000

Spesifisering av kostnader

- Kostnader for uttak av billedata for fjellområdene syd for E16 over Filefjell er beregnet ut fra priser oppgitt av flyfotoselskapene. I tillegg kommer kostnader til et dobbelt sett med harddisker.
- Kostnadene til feltarbeid er beregnet ut fra at 13 områder skal oppsøkes i felt sommeren 2018. Hvert område er på 2-4 km² og det tar 1-2 dager å gjøre feltregistreringene i hvert område. Det må beregnes overnattings- og reise utgifter til hvert område. I snitt utgjør dette 4000 kr / område. I tillegg kommer lønnsutgifter til innleid personell (30 000).
- Kostnaden til preprosesseringen omfatter reise- og oppholdsutgifter for 3 måneder i Perth (Australia) for 1 person, samt kostnader for dataprosessering hos CSIRO.
- Utvikling av en produksjonsløype for analyser av de store datamengdene vil omfatte utvikling av spesialisert dataprogram, assistanse for programmering og bruk av prosesseringstid i flermaskinmiljø.

Finansieringsplan	2018-2019 ¹
Viltfondet sentralt, villrein	250000
Viltfondet lokalt via fylkeskommunene i Sogn- og fjordane, Hordaland, Telemark, Buskerud og Oppland, 5 stk a 40 000	200000
Norsk villreinsenter	50000
Høgskolen i Sørøst-Norge (egeninnsats lønnsmidler) ²	1340000
Høgskolen i Sørøst-Norge (driftsmidler)	50000
SUM	1 890 000

¹ Periode: 1.02.2018-01.05.2019.

² Kun lønnsmidler hos HSN er tatt med; 70% av en doktorgradstilling (Kastdalen), 10% av en faststilling (Dien Bui), 20% av en faststilling (Hjeltnes), 10% av faststilling (Heggenes).

6 Prosjektorganisering

6.1 Samarbeidspartnere

Prosjektet er et samarbeid mellom Institutt for natur, helse og miljø ved Høgskolen i Sørøst-Norge, forskningsinstituttet CSIRO i Australia, Institutt for geografi ved Universitetet i Maryland (USA), Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap ved Norges biovitenskapelige universitet (NMBU), Institutt for skog- og utmarksfag ved Høgskolen i Innlandet og Norsk villreinsenter Sør.

6.2 Rollefordeling

Roller	Bemanning	Ansvar og funksjon
Prosjektkoordinator	Jan Heggenes (USN)	Prosjektledelse, koordinering av arbeidet
Prosjektmedarbeider	Leif Kastdalen (USN)	Utvikling av metodikk, kartleggingsansvarlig Nordfjella og Hardangervidda
Prosjektmedarbeider	Arne Hjeltnes (USN)	Utvikling av metodikk, kartleggingsansvarlig Brattefjell/Vindeggen
Prosjektmedarbeider	Dieu Tien Bui (USN)	Modellutvikling
Prosjektmedarbeider	Anders Mossing (NVS)	Villreindata
Prosjektmedarbeider	Lena Romtveit (NVS)	Villreindata
Prosjektmedarbeider	Øystein Holand (NMBU)	Veiledning vegetasjon – sau
Prosjektmedarbeider	Peter Caccetta (CSIRO)	Metodikk automatisert kartlegging flyfoto
Prosjektmedarbeider	Matthew Hansen (UoM)	Metodikk tidsserier Landsat/Sentinel-2

6.3 Tidsramme

Hovedaktivitet	Tidsplan					
	1.kv. 2018	2.kv. 2018	1.kv. 2019	2.kv. 2019	1.kv. 2020	2.kv. 2020
Mnd i 2018/2019						
1. Planlegging	X					
2. AP1: Detaljert vegetasjonskartlegging	X	X	X	X		
3. AP2: Endringer i fjellvegetasjonen over tid			X	X	X	
4. AP3: Variasjon i villreinsens beiteforhold		X	X	X	X	
5. AP4: Prediksjonsmodeller i rypeforvaltningen				X	X	
6. AP5: Vegetasjon og sau				X	X	
7. Prosjektavslutning						X

Milepæler fase 1

Nr	Dato	Beskrivelse/resultat
MP 1	Uke 6	Bearbeiding av flyfoto starter hos CSIRO
MP 2	Uke 31	Start feltarbeid
MP 3	Uke 42	Bildedata klargjort for segmentering
MP 4	Uke 50	Detaljert kart for Hardangervidda og Brattefjell/Vindeggen laget
MP 5	Uke 4 (2019)	Detaljert kart for Nordfjella laget

Resultater fra prosjekt vil bli i form av artikler i internasjonale tidsskrift. I tillegg vil informasjon fra prosjektet bli publisert i mer populærvitenskapelige nasjonale media.

7 Relevans

7.1 For prosjektinstitusjonene

Ved HSN representerer forskningsgruppen på klima og alpine økosystemer flere sentrale fagdisipliner. Data og modeller brukes for å undersøke sammenhenger mellom klimavariabel, ressurstilgang og fordeling i rom og tid (vegetasjon) og arealbruk til viktige arter som villrein og rype. Artene representerer ulike, men relaterte økologiske koblinger og trofiske nivåer. Vårt hovedområde, Hardangervidda, er Europas største fjellplatå, har Europas største populasjon av villrein, flere sjeldne og truede arter, og flere naturtyper med klare klimatiske og økologiske gradienter. Prosjektet som er skissert her, er således en sentral del av forskningsgruppen og HSN sitt arbeid.

CSIRO er en stor forskningsinstitusjon i Australia. En av instituttets arbeidsoppgaver er utvikling av metodikk for bruk av fjernmålte data til kartlegging og overvåking. Instituttet ser det som interessant å prøve ut den metodikk de utviklet for bearbeiding av digitale flyfoto under de miljøforhold vi har i norske fjellområder. Siden dette inngår i et doktorgradsarbeid gir de også HSN mulighet til å kjøre analyser på deres datasystem for kun driftskostnadene.

Forskningslaboratoriet *Global Land Analysis and Discovery (GLAD) ved University of Maryland* undersøker metoder, årsaker og virkninger av globale endring i arealdekke. Bruk av data fra jordobservasjons-satellitter er den primære datakilden for å studere endringer. Gruppen består av 17 heltidsforskere og 9 doktorgradsstudenter, og et stadig skiftende antall internasjonale, nasjonale og lokale praktikanter. De ser det som interessant å jobbe med en tidsserie av data fra Landsat/Sentinel-2 for fjellområdene i Norge,

spesielt siden vi har gode data over endringer i klima og beitepress. De samarbeider gjerne med HSN ved å la en stipendiat jobbe med norske data hos dem.

Institutt for husdyr- og akvakulturvitenskap ved NMBU jobber med problemstillinger knytt til norsk matproduksjon. De har i ulike prosjekt studert sammenhengen mellom beiteforhold og kondisjonsmål hos sau. Tilgang til kartdata av den type som er planlagt i prosjektet gir instituttet mulighet til å studere sau-beite interaksjonen mer detaljert og over lengre tidsperioder enn tidligere. Instituttet jobber også mye med forskning på tamrein, og leder ReiGN – et Nordisk senter for fremragende forskning. Effekter klimaendringer vil få på reinens utnytting av beiteressursen er viktige problemstillinger for instituttet.

Institutt for skog- og utmarksfag ved Høgskolen i Innlandet har en strategisk satsning på anvendt økologi. Gjennom en rekke forskningsprosjekt har de jobbet med problemstillinger knytt til skog og utmark. Høgskolen var initiativtager til å starte de landsomfattende takseringer på rype som nå pågår, og har vært et senter for analyser av disse registreringene. For høgskolen er det av stor interesse å videreutvikle denne metodikken, og bidra med forskning som kan gi en bedre utmarksforvaltning.

Norsk villreinsenter arbeider med å tilgjengeliggjøre all relevant kunnskap om villreinen og dens leveområder, til bruk nasjonalt og internasjonalt. Institusjonen er delt i et nordre og et søndre driftssenter. NVS Sør har gjennom en rekke prosjekter kartlagt villreinens arealbruk, både i forbindelse med regionale planprosessene for de nasjonale villreinområdene og for mindre områder. NVS kombinerer vitenskapelige data fra forskningsmiljøene med lokale erfaringsdata og samarbeider tett med relevante forskningsmiljøer. Prosjektets mål er av stor interesse for villreinsenterets arbeid.

8 Gjennomførbarhet og risiko

Vi er ikke kjent med at det noe sted er jobbet med å utvikle metodikk til å etablere så detaljerte kart over vegetasjon som planlagt her for store fjellområder. Vi har erfaring fra tidligere kartlegging med digitale flyfoto, men da for mindre områder. Vi har også bred erfaring fra kartleggingsprosjekt med bruk av satellittdata, men ikke for bruk av lange tidsserier.

Vi samarbeider derfor med to ledende internasjonale forskningsmiljø på denne kartleggingen. Begge disse institusjoner har stått sentralt i utvikling av metoder vi vil benytte. Vi vil måtte utvikle en ny produksjonsløype for kartleggingene tilpasset prosjektets målsetting, de fjernmålte data vi har tilgjengelig i Norge og de særtrekk som det alpine miljø i studieområdene har. Det utviklingsarbeidet vil inngå som en del av en doktorgrad ved instituttet, og det vil inkludere personer knytt til forskningsgruppen for "Klimaendringer og alpine økosystemer". Vi vil også knytte til oss ekstra programmerings-teknisk kompetanse for å håndtere de store datamengdene. Samlet mener vi å være godt forberedt til de planlagte oppgaver.

9 Kompetanse i prosjektgruppen

Prof. Jan Heggnes er økolog fra NMBU, med doktorgrad fra UiO, og har jobbet med mange prosjekter innen akvatisk og terrestrisk økologi, hvor landskapsøkologi representere koblingen mot arealbruk og – planlegging, og både innen privat og offentlig sektor, og nasjonalt og internasjonalt. Han var tidligere professor ved NMBU, i flere perioder vært visiting professor ved University of British Columbia, og bistilling ved LFI, UiO. En særlig interesse for villrein er koblet mot den tidligere jobben som leder for Norsk Villreinsenter, Skinnarbu, som HSN har et nært samarbeid med.

Dr. Dieu Tien Bui tok PhD i geomatikk ved Norsk Universitet for biovitenskap (NMBU). Han har arbeidet med utvikling av modeller for analyser av fjernmålte data, og spesielt bruk av maskinlæringsalgoritmer og kunstig intelligens. Han har også tidligere bidratt i utvikling av prediksjonsmodeller for produksjon av vegetasjonskart for norsk fjellområder. I prosjektet vil han delta i modellutvikling innen alle arbeidspakkene.

Cand. scient Leif Kastdalen er økolog fra Universitetet i Oslo og jobber med en doktorgrad ved USN. Han har arbeidet med en rekke ulike viltrelaterte prosjekter. En hovedinteresse har vært utvikling av metoder for bruk av fjernmålte data til kartlegging av vilthabitat og til kvantitative estimat på tilgjengelige beiteressurser, og koble slike ressursdata til stedfestede observasjoner av vilt gjennom ulike typer av prediksjonsmodeller. Han har spesielt jobbet med viltarter som elg, rein, rype og skogsfugl. I 2002- 2007 ledet han SatNat-programmet, en større satsning på bruk av satellittdata i forvaltning av norsk natur. Kastdalen har også deltatt i internasjonalt arbeid knytt til utvikling av satellittbasert metodikk for overvåking av endringer i tropisk skog.

Sjefsingeniør Arne Hjeltnes har lang erfaring med vegetasjonskartlegging, spesielt forholdet mellom klima og plantesamfunn, og har utført en rekke kartlegginger basert på den objekt-orienterte metodikk som vil bli benyttet i prosjektet. Han vil bistå spesielt innen arbeidspakke 1 og 3.

Prof. Øystein Holand arbeider med ekstensive produksjonssystemer for å bidra til en bærekraftig utnyttning av våre utmarksbeiteressurser. Han er opptatt av samspillet mellom beitedyr (rein og sau) og beiteressursene og hvordan tetthetsavhengige og uavhengige faktorer påvirker beitedyras livshistorie og dermed produksjonsresultatet. Han er leder av Nordic Centre of Excellence, ReiGN.

Prof. Matthew Hansen ved University of Maryland arbeider spesielt med analyser av data fra Landsat-satellittene med fokus på kartlegging av store areal. Hans forskning er rettet mot utvikling av algoritmer til analyser av store datamengder som muliggjør kartlegging av arealdekke på regionale, kontinentale og globale skalaer. Han leder forskningsgruppen GLAD – Global Land Analysis & Discovery. Prosjektgruppen har utviklet en produksjonsprosess der de globalt gjennomfører kartlegging av endringer i verdens skoger med 30 meters oppløsning. Med denne metodikk har de kartlagt disse endringene tilbake til år 2000.

Dr. Peter Caccetta er ansvarlig for et forskningsteam på terrestrisk kartlegging og overvåking ved forskningsinstitusjonen CSIRO i Australia og ass. prof. ved Curtin University of Technology. Hans forskningsinteresser omfatter bruk av RS-teknologier på data av høy og medium oppløsning i kartlegging og overvåking av naturressurser. Hans forskningsgruppe er sterkt involvert i metodeutvikling for Australske overvåkingssystem NCAS, og de har utviklet teknologier for å bearbeide store arkiver av RS-data til bruk i naturressursforvaltning.

10 Referanser

Caccetta, P., S. Collings, A. Devereux, K. Hingee, D. McFarlane, A. Traylen, X. Wu, and Z.-S. Zhou. 2016. Monitoring land surface and cover in urban and peri-urban environments using digital aerial photography. *International Journal of Digital Earth* 9:457-475.

Collings, S. & P. Caccetta. 2013. Radiometric calibration of very large digital aerial frame mosaics. *Int. J. of Image and Data Fusion* 4: 214-229.

Hansen, M.C., & Loveland, T.R. (2012). A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. *Remote Sensing of Environment* 122: 66-74.

Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. Stehman, S. Goetz, and T. Loveland. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342:850-853.

Kastdalen, L., Lieng, E. & Hjeltnes, A. (2009). A three step process for mapping and monitoring mountain vegetation. Proc. 33. Int. Conf. Remote Sensing Environment, Stresa, Italy.

Kastdalen, L. (2011). A map of lichen coverage in Setesdal/Ryfylkeheiene og Setesdal Austhei. Method development and evaluation. DN-utredning 7-2011. (English summary).

Kastdalen, L., Pedersen, H.C., Fjone, G. & Andreassen, H.P. (2004). Combining resource selection functions and distance sampling: an example with willow ptarmigan. p 52-59. Proc. 1st Int. Conf. on Resource Selection, Laramie, Wyoming.

Mello, M.P, Vieira, C.A.O, Rudorff, B.F.T., Aplin, P., Santos, R.D.C. & Aguiar, D.A. (2013). STARS: A New Method for Multitemporal Remote Sensing. *IEEE Trans. Geoscience and Remote Sensing* 51: 1897-1913.

Verbesselt, J., R. Hyndman, G. Newnham, and D. Culvenor. 2010. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. *Remote Sensing of Environment* 114:106-115.

Zhu, Z., C. E. Woodcock, C. Holden, and Z. Yang. 2015. Generating synthetic Landsat images based on all available Landsat data: Predicting Landsat surface reflectance at any given time. *Remote Sensing of Environment* 162:67-83.