

Teknologi gir nye muligheter – hvordan ta den i bruk på tundraen?

Eeva Soininen, Ingrid Paulsen, Kari Anne Bråthen, Oline Eikeland, Eivind F. Kleiven og Virve Ravolainen

<https://doi.org/10.7557/ottar.8446>

Teknologi har åpnet nye dører for terrestrisk overvåking som kan hjelpe å besvare nye og gamle spørsmål om det økologiske samspillet på tundraen. Men med nye muligheter følger også nye utfordringer. Hvordan tilpasser vi teknologi til ekstreme klimaforhold? Og hvordan sikrer vi at dataene vi samler inn er pålitelige og anvendelige?

De siste tiårene har den teknologiske utviklingen akselerert sammen med stadig økende kapasitet å lagre og prosessere data. Dette har gitt økologer muligheten til å svare på nye spørsmål, samt gi mer presise eller bedre svar på eksisterende forskningsspørsmål. En fordel med bruk av teknologi til overvåking på tundraen er muligheten for automatiske eller halv-automatiske observasjoner når manuelle observasjoner er utfordrende å få til. For eksempel er det vanskelig for forskere å bevege seg på tundraen i løpet av vårløsninga. Siden denne perioden er kritisk for observasjoner av hekkende fugler og andre dyr, kan kamerafeller eller lyttbokser hjelpe oss med å samle inn data (se figur 7). Teknologiske instrumenter gir i tillegg ofte mulighet til kontinuerlig overvåking, mens manuelle observasjoner stor sett innhentes i løpet av korte kampanjer. Nye teknologier kan også ha mindre fotavtrykk, for eksempel kreve mindre mengde prøvemateriale eller mindre transport og tilstedeværelse av forskere. De siste årene har vi i COAT jobbet mye med å ta i bruk teknologi i felt og tilpasse den til våre formål for å få en bedre forståelse av økologien på tundraen.

Overvåking og forskning i COAT er drevet av spørsmål og hypoteser knyttet til hvordan tundraøkosystemet fungerer og hvordan klimaendringene vil påvirke det. For å teste hypotesene våre, samler vi data og bruker statistiske metoder for å beregne om det vi observerer samsvarer med hypotesene. Vi er opptatt av at metodene vi bruker til innsamling av data er presise, med få feilkilder, og beskriver godt de fenomenene vi forsker på. For å vite hvor godt metodene fungerer, arbeider vi mye med kvalitetssikring. Dette er spesielt viktig når vi tar i bruk nye metoder og teknologier. Hvordan kan de tas i bruk på en god måte? Hvordan kan vi sikre presise og pålitelige data? Hvordan får vi til sømløs overgang mellom nye og gamle målinger? Nedenfor viser vi hvordan vi takler disse spørsmålene i teknologier vi har utviklet og

tilpasset i COAT. Andre nyere teknologier er mer summarisk beskrevet i figur 7.

Vil vi forstå hva som skjer under snøen når vinterklimaet forandres?

Smågnagere er nøkkelarter i næringsnettene i Finnmark. De har bestandssykluser med høye tettheter hvert tredje til femte år. Disse svingningene har stor variasjon i både størrelse og intervaller mellom bestandstoppene. I løpet av de siste tiårene har smågnagersyklusene blitt mindre regelmessig flere steder i Arktis. Svingningene utgjør «pulsen» i hele næringsnettene på tundraen, fordi de både er viktige byttedyr for rovdirene og påvirker vegetasjonen ved å spise mye planter.

Som følge av klimaendringene blir vintrene i Arktis varmere og våtere. Mildværsperioder med regn om vinteren fører til flere smelte-fryse-hendelser på tundraen, og dermed dannelse av islag i snødekket. Islag begrenser spesielt lemenets tilgang til mat under snøen, noe som vil kunne gi i færre og sjeldnere bestandstopper av lemen. På sikt kan det føre til at smågnagersamfunnet blir mer dominert av mus. Disse forandringer er forventet å ha en dominoeffekt i økosystemet. Blant annet kan mer altetende rovdyr som rødrev og kråkefugler erstatte arktiske rovdyr som fjellrev og snøugler som er avhengige av lemen. I tillegg kan redusert beite fra lemen påvirke vegetasjonens tilstand.

For å overvåke effekten av vinterklima på smågnagere, er det viktig å forstå hva som skjer med disse dyra om vinteren. Tidligere har det vært vanlig å overvåke smågnagerbestandene ved å fange gnagerne om våren og om høsten. Dette er inngripende, arbeidskrevende, og fungerer bare når det ikke er snø. For å kunne bruke en mer fleksibel metode, som i tillegg er mer skånsom for dyrene, har vi i COAT utviklet og tilpasset en kamera-basert overvåkingsmetode.



Figur 1. Besøk ved COATs kamerafelle for smågnagere. Vi bytter batterier og minnekort årlig og sjekker at kameraene fungerer som de skal. Foto: Leif Einar Støvern, UiT



Figur 2. Bilde av lemen i COATs kamerafelle.

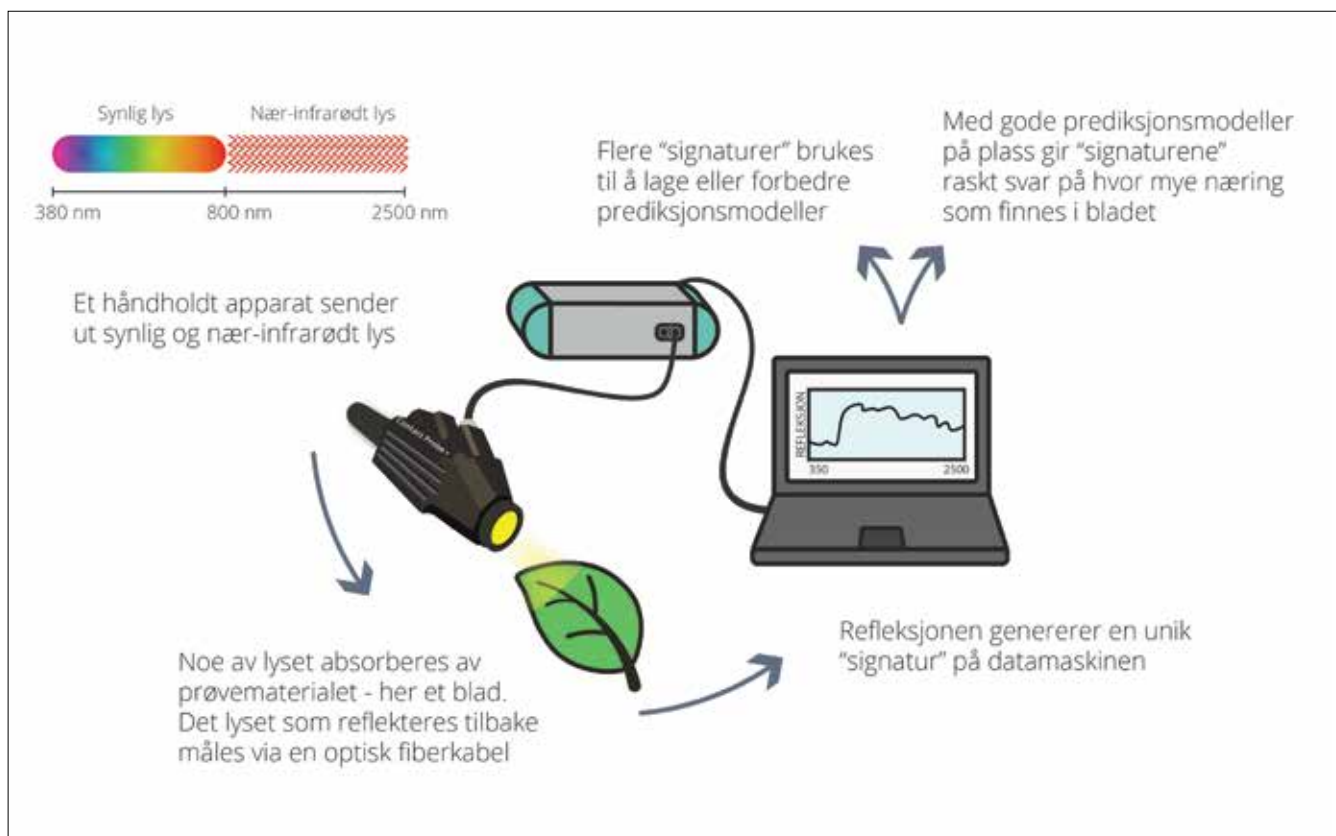
Overvåking av smågnagere under snøen – tilpasning av teknologi til et vanskelig miljø

Selv om viltkamera lenge har vært brukt til overvåking av dyrestander, fantes det ingen kamera tilpasset smågnagere da vi begynte arbeidet i 2012. De første av disse kamerafellene ble satt ut vinteren 2013–2014 i områder som vi kunne besøke ofte, blant annet vårt første kamera på Varangerhalvøya. Siden 2014 har vi utvidet og utbedret feltoppsettet, slik at vi per i dag har en standardisert måte å sette stein rundt kameraboksen for å beskytte den dels fra å bli fylt opp av fokksnø og dels fra trykket av et flere meter tjukt, tungt snølag. Smågnagere er virkelig raske og ofte ser man bare haletuppen i bildene hvis man bruker et konvensjonelt viltkamera med bevegelses-sensor. Derfor samarbeidet vi med en kamera-produzent og fikk justert en raskere modell som i utgangspunktet var utviklet for å ta bilder av biler i fart! I tillegg bygget vi en boks rundt kamera, for å ha feste for kameraer slik at der kunne peke nedover. Boksen beskytter kameraet og leder dyrene rett inn under det, slik at en bevegelses-sensor utløses og bilder tas.

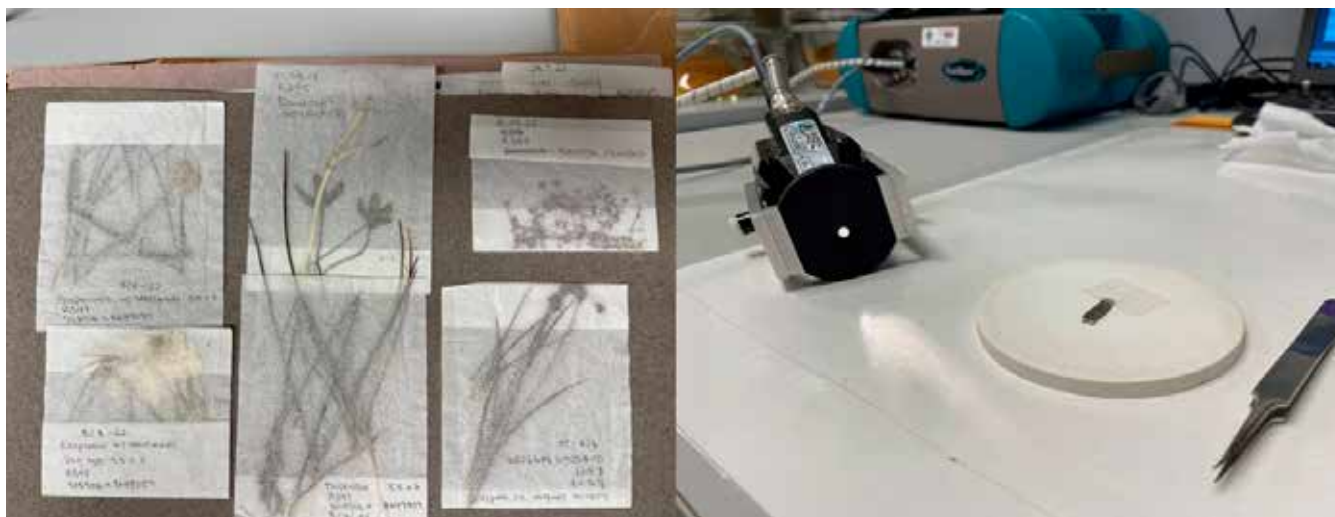
Etter å ha bekreftet at disse kamerabokser faktisk tar bilder av smågnagere og at både kamera og batterier kan fungere gjennom en lang vinter under snøen, måtte vi finne ut av hvordan vi

skulle plassere kamerafellene individuelt og i forhold til hverandre. Hvor mange kamera trengs det på et område for å få et presist estimat av antall gnagere i et område? Dette testet vi ved å sammenligne data fra kamerafellene med fangstdata fra levendefeller. Kameraene gir oss informasjon om antall passeringer per tidsenhet (for eksempel en dag), som er en aktivitetsindeks. Fangst med levendefeller gir kunnskap om faktisk antall individer i et område. Ved å bruke begge metodene samtidig gjennom en smågnagersyklus, fant vi ut at summen av bilder fra fire kamerafeller i fem dager gir et pålitelig mål på hvor mange smågnagere det er i et område. Sammenligningen av slik konvensjonell fangstmetodikk med den nye fotofangsten gir også et godt grunnlag for spleising av eldre og nye tidsserier.

I COAT overvåker vi smågnagerbestanden over store områder. Vi gjør dette bl.a. fordi snøforholdene varierer med høyden over havet og avstand fra kysten og vi ønsker å forstå hva disse geografiske forskjellene i snøforhold betyr for gnagere. Dette krever mange kamerafeller som tar veldig mange bilder i løpet av et år (for eksempel 256 699 bilder fra 206 kamera i 2022). Det ville tatt månedsvis hvis et menneske skulle se igjennom alle disse bildene. Derfor har vi trent opp en modell som bruker kunstig intelligens til automatisk å gjenkjenne hva som er på bildene. Hvert år kjører



Figur 3. Beskrivelse av hvordan NIRS fungerer.



Figur 4. Til venstre blad som er samlet og tørket i teposer. Til høyre blad festet på hvitt underlag, klar for skanning med NIRS-apparatet som ligger ved siden av.

vi innsamlede bilder igjennom denne modellen. Deretter gjøres en manuell sjekk, bla. for arter som vi vet modellen har en tendens å ta feil av. For eksempel kan bilder med en stripe snø noen ganger identifiseres som røyskatt av modellen.

De undersnøiske kameraene til COAT har vist seg å fungere godt. Vi får data om gnagerbestanden gjennom heile året uten å fange gnagerne fysisk. I tillegg får vi data om røyskatt og snømus, som er spesialisert for å jakte gnagere under snøen. Tidligere har man overvåket disse dyrene i all hovedsak ved snøsporing, som er en lite egnet metode, fordi de foretrekker å leve under snø på vinteren. Spissmus, som ingen andre metoder har fanget godt nok, er i dag blant de artene som vi får flest bilder av i kamerafellene.

Nær-infrarød refleksjons-spektroskopi (NIRS) - en effektiv og adaptiv metode i nytt lys

Varmere klima fører til forandringer i mengden av ulike plantearter på tundraen. Men hvordan vet vi om næringsverdien plantene har for plantespisende dyr, også endrer seg? Dette har vært spørsmål forskere i COAT har stilt seg i lang tid, men som har vært vanskelig å besvare fordi det tidligere har krevet store mengder innsamlet plantemateriale. Ved å fjerne mange planter fra tundraen forstyrrer vi også de systemene vi ønsker å måle, siden dette forandrer plantemengden og artssammensetningen. I økologisk overvåking er det viktig at vi jobber på en måte som er så lite inngripende i naturen som mulig. Derfor er metoder som krever mindre volum av innsamlet materiale å foretrekke. Enda bedre er det hvis man i tillegg kan bruke dette materialet i forskjellige analyser og få «mer for pengene» i både økologisk og økonomisk forstand.

Nær-infrarød refleksjonsspektroskopi (NIRS) er en teknikk som gjør bruk av lys og refleksjon i det nær-infrarøde spekteret (800–2500 nm bølglengde). Refleksjonen inneholder informasjon om de kjemiske og fysiske egenskapene til materialet som belyses, og NIRS er allerede en veletablert metode blant annet i landbruksforskning og innen medisin. Metoden er også blitt mer utbredt innen økologi, og UiT og COAT har utviklet nye økologiske anvendelser av NIRS. En målsetning har vært å anvende NIRS uten særlig forarbeid av det organiske materialet. Selve belysningen og måling av refleksjon (dvs. skanningen) endrer heller ikke materialet på noen måte. Det betyr at materialet kan gjenbrukes til andre analyser i laboratoriet i etterkant av skanningen.

Hvordan brukes NIRS i COAT?

I COAT bruker vi NIRS mest til å måle konsentrasjonen av nærings- og forsvarsstoffer i planter. Solide prediksjonsmodeller er utviklet for måling av nitrogen, fosfor, karbon, fenoler og silikat i planter, og nye modeller for flere stoffer er under utvikling. Vi har videre tilpasset NIRS-apparatet slik at vi kan måle nærings- og forsvarsstoffer fra så lite materiale som ett lite blad. Bladet legges flatt og til tørk allerede i felt, så alt forarbeide er unnagjort før vi kommer på laboratoriet, se figur 4. Foruten at vi med denne metoden vesentlig reduserer mengden plantemateriale, har vi også spart inn ressurser på material-bearbeidelse.

Ved å kartlegge nærings- og forsvarsstoffer i planter, og hvilke biotiske og abiotiske forhold som påvirker disse, kan vi belyse næringsgrunnlaget for plantespisende dyr, og hvordan dette påvirkes av et våtere og varmere klima. Det åpnes også nye muligheter for å studere variasjon mellom og innad i planteindivider (for eksempel som følge



Figur 5. Installasjon av en lytteboks på Varangerhalvøya. Foto: Jan Erik Knutsen

av beitetrykk) når ett enkelt blad kan analyseres separat. Andre bruksområder for NIRS i COAT er analyse av jordprøver for å forstå hva som påvirker karbonlagring i tundrajordsmonnet, og artsidentifisering av smågnagere basert på ekskrementer. Ved å analysere smågnager-ekskrementer kan man i tillegg si noe om hvem disse dyra er, utover art. NIRS har nemlig potensial til å gi informasjon om blant annet kjønn, stresshormoner og sykdom, fra én og samme skanning.

Uavhengig av hvilket organisk materiale man jobber med krever NIRS-metodikken innledningsvis en kalibrering og validering, og man må fortsette å teste og utvide eksisterende prediksjonsmodeller for å sikre at modellene er solide. Dette krever tid og kompetanse i datamodellering, men til gjengjeld får man en metode som etter en innledende investering er både tid- og kostnadseffektiv. Den krever ofte vesentlig mindre organisk materiale enn tradisjonelle laboratorieanalyser, og har et enormt bruksområde. I arbeidet med videreutviklingen av denne metoden er det et sitat som går igjen: «As long as it's organic – you can scan it!»

Utfordringer og løsninger

For mange av metodene som brukes i COAT, som gnagerovervåking ved hjelp av kamerabokser og næringskvalitet av planter ved bruk av NIRS, bidrar teknologien til en mindre inngripende økologisk overvåking. Teknologiene gir oss innsikt om samspillet på tundraen over lengre tidsperioder og vi har hyppigere observasjoner. Andre teknologier, som droneovervåking og LiDAR, kan gi oss svært detaljert informasjon om vegetasjonen over større landområder enn det som var mulig tidligere.

Erfaringene våre fra COAT viser at selv om det finnes mange fordeler ved å ta i bruk nye metoder og teknologier for å forske på tundraøkosystemer, kan det også gi utfordringer. De færreste teknologiske nyvinninger er tilpasset bruk på arktisk tundra, så vi må sikre oss at de verktøy vi tar i bruk tåler kulde og snø, har batterikapasitet og som tåler besøk av nysgjerrige dyr, og fungerer i områder uten mobildekning. En annen utfordring er at mange nye teknologier produserer store mengder av data. Håndtering av disse dataene krever både personale med spesialkompetanse og tilpassede lagringsløsninger. I COAT har vi flere datateknikere, som bygger spesiallagde

Andre teknologier som er tatt i bruk i COAT

Viltkamera: Det er mye som skjer på tundraen utenom de få gangene i året forskerne besøker overvåkingsområdene. Derfor har COAT plassert ut viltkameraer for å overvåke for eksempel beitedyr og rovdyrsamfunn. Disse kameraene kan i tillegg gi informasjon om bl.a. snøsmelting, første snøfall og blomstringstidspunkt.

Bildene bearbejdes ved en kombinasjon av maskinlæring og validering fra menneskelige observasjoner. Dette er et område under utvikling som kan bidra til å redusere arbeidstiden med bildebehandling. Foto: Berit Gaski, UiT



Lyttebokser: I løpet av våren lager de fleste territorielle fugler lyd. Lydfilene fra lyttebokser klassifiseres automatisk, og vi får vite hvor mange rypepar som hekker og når de er mest aktive. Dette er viktig for å forstå bestandsutviklingen og hvordan rypene blir påvirket av klima. I tillegg forteller lydene om mangfoldet av sangfugler og vadefugler.

Lytteboksene gir oss muligheten til å studere fuglesamfunnet gjennom hele vårsesongen. Mennesker som teller fugler kan ikke være til stede på hver lyttebokse-lokalitet særlig lenge, ferdsel på tundraen om våren er vanskelig på grunn av smeltende snø, og siden det optimale tidspunktet for å høre fuglene varierer fra art til art og i ulike år er det vanskelig å treffe på alt med bare ett besøk.

Foto: John-André Henden, Havforskningsinstituttet, HI.



GPS-halsbånd blir brukt på reinsdyr, gås og rev i COAT for å overvåke deres bevegelser time for time, over svært mye større områder enn det som er mulig gjennom manuelle observasjoner.

GPS data gir innsikt i hvordan disse dyrene bruker landskapet og tilpasser seg miljømessige utfordringer. Ved å analysere GPS-data kan man også identifisere viktige områder for mat, migrasjon, reproduksjon og hvile. GPS-halsbånd er derfor et godt verktøy for å forstå dyrenes habitatbruk og tilpasse forvaltningstiltak deretter. Revene på Varanger kan også følges på nett: <https://coat.no/Moduler/Fjellrev-Njalla/Varanger-Varjjat/Rødrev-sporing>

Foto: Fredrik Samuelsson, NPI



Droner gjør det mulig å studere detaljerte mønstre i vegetasjon. Dronebilder gir høyoppløselige data som kan dekke større områder enn kartlegging på bakken. Som med all fjernmåling må dronedata selvfølgelig valideres med feltmålinger.

Disse bildene kan gi oss innsikt i hvordan vegetasjonen endrer seg over tid og påvirkes av klimaendringer og andre miljøfaktorer som erosjon og beitedyr.

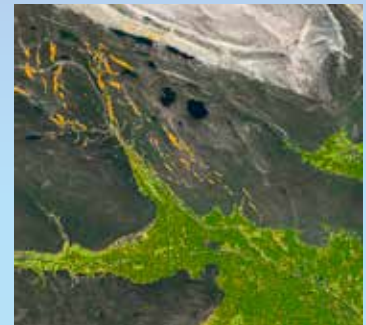
Foto: Virve Ravolainen med en eBeeX drone, NPI





LIDAR-teknologi brukes til å lage detaljerte 3D-modeller av omgivelsene ved hjelp av laserpulser som måler avstander til objekter. Denne teknologien er spesielt nyttig for COAT til å kartlegge høyden på kratt og skog i Finnmark. Ved å bruke Lidar kan COAT få svært presis og detaljert informasjon om høyden på trær og busker over store områder.

Teknologien gir en mulighet til å analysere vegetasjonsstruktur på en skala som ikke er mulig med tradisjonelle metoder. Lidar-data kan også dekke utilgjengelige eller vanskelige områder, noe som gjør det mulig å få en helhetlig oversikt over landskapet. Flyfoto: Norge i bilder (2018). Kart med skog (grønt) og kratt (oransje): COAT



dataportaler med tilhørende prosesseringsrutiner for innkommende data. Vi har også tatt i bruk nasjonale ressurser for tungregning og datalagring der det er hensiktsmessig. En annen typisk utfordring med nye teknologier er at de produserer annen type data enn tidligere metoder. Dermed trengs det ofte kvalitetssikring og kalibrering på tvers av nye og gamle metoder og utvikling av nye statistiske modeller.

Selv om det er mye jobb med testing og utvikling av teknologi så bærer det frukter. I løpet av de siste ti årene har vi testet, tilpasset og kvalitetssikret flere nye teknologier. Dette har ledet til tidsserier med høyere romlig og tidsmessig oppløsning innsamlet med mindre inngripende overvåkingsmetoder som svarer mer presist på våre spørsmål. Nytt av dette arbeidet kommer også flere enn COAT til gode. For eksempel er COATs smånagerkamera også tatt i bruk i et nasjonalt smånagerovervåkingsprogram som dekker hele Norge, kameramodellen «vår» er ikke lenge noe som må spesialbestilles, men kan kjøpes fra produsentens nettbutikk, og flere andre internasjonale forskningsgrupper har tatt metoden i bruk. Vi utvikler og publiser også protokoller (data pipelines) for prosessering av rådata fra sensor til informative variabler som gir også andre forskere muligheter for å dokumentere klimaendringenes effekter.

Litteratur:

- Drone: Eischeid, I., Soininen, E. M., Assmann, J. J., Ims, R. A., Madsen, J., Pedersen, Å. Ø., & Ravolainen, V. T. 2021. Disturbance mapping in Arctic tundra improved by a planning workflow for drone studies: advancing tools for future ecosystem monitoring. *Remote Sensing*, 13(21), 4466.
- Viltkamera: Grimsby, A. C., Pedersen, Å. Ø., Ehrlich, D., Mosbacher, J. B., Paulsen, I. M. G., Brockmann, F. K., & Ravolainen, V. 2023. Spatiotemporal distribution of Arctic herbivores in spring: Potential for competition?, *Global Ecology and Conservation*, 45, e02521.
- NIRS: Petit Bon, M., Böhner, H., Kaino, S., Moe, T., & Bråthen, K. A. 2020. One leaf for all: Chemical traits of single leaves measured at the leaf surface using near-infrared reflectance spectroscopy. *Methods in Ecology and Evolution*, 11(9), 1061–1071.
- Smånagerkamera: Mölle, J. P., Kleiven, E. F., Ims, R. A., & Soininen, E. M. 2021. Using subnivean camera traps to study Arctic small mammal community dynamics during winter. *Arctic Science*, 8(1), 183-199.
- GPS: Pedersen, Å. Ø., Soininen, E. M., Hansen, B. B., Le Moullec, M., Loe, L. E., Paulsen, I. M. G., & Ravolainen, V. 2023. High seasonal overlap in habitat suitability in a non-migratory High Arctic ungulate. *Global Ecology and Conservation*, 45, e02528.

Forfatterne:



Eeva Soininen er økolog og seniorforsker ved UiT – Norges Arktiske Universitet. Hovedtema for hennes forskning er plante-beitedyr interaksjoner og klimaeffekter på tundra næringsnett. Hun leder COATs forskningsmodul for smågnagere og er koordinator for COAT.

E-post: eeva.soininen@uit.no
<https://orcid.org/0000-0003-4280-8350>



Ingrid Paulsen er økolog og forsker ved UiT – Norges arktiske universitet. Hun har studert beitedyrs habitatbruk på Svalbard med fokus på svalbardreinen og interesserer seg for hvordan man kan bruke fjernmåling i økologisk overvåking og hvordan fjernmålingsdata samsvarer med det vi

observerer i felt. Hun er COATs dataforvalter.

E-post: ingrid.m.paulsen@uit.no
<https://orcid.org/0000-0003-2839-3304>



Eivind Flittie Kleiven er økolog og forsker ved Norsk Institutt for Naturforskning. Hans forskning fokuserer på bestandsutvikling hos ulike arter på tundraen. Han leder COATs forskningsmodul for rypen i Finnmark.

E-post: eivind.kleiven@nina.no
<https://orcid.org/0000-0002-9556-0195>



Oline Eikeland er økolog og avdelingsingeniør ved UiT – Norges arktiske universitet. Hun jobber med feltarbeid, databehandling og illustrasjoner hovedsakelig knyttet til forskning på tundravegetasjon. Hun er interessert i sammenhengen mellom plantekvalitet og -kvantitet i ulike vegetasjonstyper, hvordan

disse påvirkes av klimaendringer, og hva dette har å si for beitedyr.

E-post: oline.r.eikeland@uit.no



Kari Anne Bråthen er samfunnsøkolog og professor ved UiT – Norges arktiske universitet. Hun er særlig interessert i biologisk mangfold av planter og de samspill planter har med andre organismegrupper. I denne sammenheng har hun jobbet med metodologi som kan fremme bedre forståelse for

dette samspillet, som blant annet hvor næringsrike plantene er. Hun leder COATs forskningsmodul for busktundra.

E-post: kari.brathen@uit.no
<https://orcid.org/0000-0003-0942-1074>



Virve Ravolainen er økolog og forsker ved Norsk Polarinstitutt. Hun jobber med forskning og overvåking av vegetasjon på Svalbard, med fokus på effekter av klima, beitedyr. Overvåkingen inkluderer plantenes biomasse, fjernmålte vegetasjonsindekser fra satellitter og dronebilde, forekomst

av fremmede karplanter og effekter av ferdsel på ilandstigningslokaliteter. Hun leder COATs forskningsmodul for mosetundra.

E-post: virve.ravolainen@npolar.no
<https://orcid.org/0000-0001-8411-7238>